



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA
ENERGÍA Y MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE
ACTIVACIÓN Y CONTROL DE INYECTORES DIESEL RIEL
COMÚN CRDI**

AUTORES:

**CRISTIAN HERNANDO MORÁN VEGA
MANUEL RODRIGO PASSO GUAMANGATE**

DIRECTOR: ING. GERMÁN ERAZO

LATACUNGA

2016

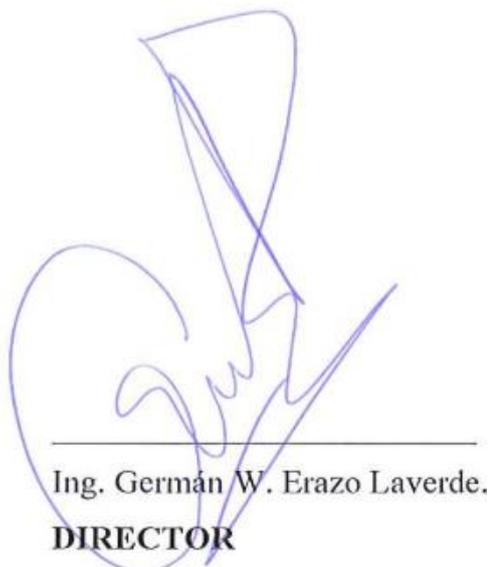


**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ACTIVACIÓN Y CONTROL DE INYECTORES DIESEL RIEL COMÚN CRDI”** realizado por los señores **CRISTIAN HERNANDO MORÁN VEGA Y MANUEL RODRIGO PASSO GUAMANGATE**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores **CRISTIAN HERNANDO MORÁN VEGA Y MANUEL RODRIGO PASSO GUAMANGATE** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 06 de junio del 2016



Ing. Germán W. Erazo Laverde.
DIRECTOR



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **CRISTIAN HERNANDO MORÁN VEGA Y MANUEL RODRIGO PASSO GUAMANGATE**, con cédulas de identidad N° 172006217-1 y N° 172374130-0 respectivamente, declaramos que este trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ACTIVACIÓN Y CONTROL DE INYECTORES DIESEL RIEL COMÚN CRDI**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 06 de junio del 2016

Cristian Hernando Morán Vega

C.C.: 172006217-1

Manuel Rodrigo Passo G.

C.C.: 172374130-0



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **CRISTIAN HERNANDO MORÁN VEGA Y MANUEL RODRIGO PASSO GUAMANGATE**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en el repositorio institucional el trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ACTIVACIÓN Y CONTROL DE INYECTORES DIESEL RIEL COMÚN CRDI**” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 06 de junio del 2016

Cristian Hernando Morán Vega

C.C.: 172006217-1

Manuel Rodrigo Passo G.

C.C.: 172374130-0

DEDICATORIA

El proyecto va dedicado a toda mi familia Morán Vega, en especial a mi amada madre Piedad Susana Vega Rentería que ha sido mi apoyo incondicional desde el inicio de mi carrera, que gracias a sus consejos y su carácter me ha formado para ser una persona humilde, solidaria y luchadora, es mi ejemplo a seguir y mi adoración, a mi tío Eduardo Morán que ha puesto su confianza en mí y me ha brindado su apoyo para culminar mi profesión es como mi segundo padre, a mi esposa Marjorie Paucar y a mi hijo que han sido el motor para seguir luchando día a día, a mis hermanos Diego, Elizabeth, Giselle que siempre me ayudaron a levantarme en los momentos más difíciles, a cada uno de mis amigos y compañeros de esta hermosa carrera que en esta etapa universitaria, aprendí que la amistad perdura en los buenos y sobretodo en los malos momentos.

Cristian Morán Vega

DEDICATORIA

Un agradecimiento sincero a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga y en especial a la carrera de Ingeniería Automotriz que me dio la oportunidad de tener una profesión y ser una persona útil a la sociedad y a mi país y en especial quiero agradecer a mi director de tesis Ing. Germán Erazo que me brindó sus conocimientos para poder culminar el proyecto de titulación, familia, compañeros y personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de más de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente al Ing. Germán Erazo, que me ha brindado sus conocimientos a lo largo de la enseñanza universitaria y me ayudado para poder realizar el presente proyecto, por el tiempo y la paciencia que tuvo con nosotros para culminar la carrera y seguir motivándonos para seguir estudiando en la electrónica automotriz.

Al Ing. Eduardo Morán que más que mi tío y consejero, fue un apoyo que me motivó para no dejar de seguir luchando a pesar de las circunstancias que pasé.

A mi hermosa madre, que me ayudo en cada momento a perseguir mis sueños y no dejar escapar las oportunidades que me da la vida, me enseñó a trabajar y sacrificarme por lo que quiero y lo que necesito.

A mis tíos Patricio Morán, Anita Rodríguez, Esthela Vega, Juan Tamariz, Walter Aguirre, Alba Vega, Eduardo Vega, Víctor Hugo Vega, Ela María Vega, que con sus consejos me formaron ser un hombre solidario y luchador.

A todos mis amigos y compañeros que me acompañaron a lo largo de toda la carrera, que con sus locuras compartimos grandiosos momentos y son más que conocidos son parte de mi familia.

Cristian Morán Vega

AGRADECIMIENTO

Gracias a Rosario Guamangate Estrella, Andrés Passo Gavilanes, hermano y hermanas quienes me apoyaron en las buenas y las malas, los dedico este logro a ustedes ya que sin su ayuda no lo hubiese conseguido, por ultimo mis compañeros de la vida estudiantil politécnica. “Gracias a todos de corazón”

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xxxvii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xlii
RESUMEN	xliii
ABSTRACT	xliv
PRESENTACIÓN	xlvi

CAPÍTULO I

1. INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA DE ACTIVACIÓN Y CONTROL DE INYECTORES DIESEL RIEL COMÚN CRDI	1
1.1. Antecedentes del problema	1
1.2. Contextualización (macro, meso, micro)	2
1.3. Análisis crítico	5
1.4. Prognosis	5
1.5. Planteamiento del problema	6
1.6. Justificación e importancia	7
1.7. Descripción resumida del proyecto	8
1.8. Objetivos	8
1.8.1. Objetivo general	8
1.8.2. Objetivos específicos	8
1.9. Metas	9
1.10. Hipótesis	9
1.11. Variables de investigación	9
1.11.1. Variable independiente	9
1.11.2. Variable dependiente	9
1.11.3. Operacionalización de variables.	9
1.12. Metodología	10
1.12.1. Método experimental	12
1.12.2. Método inductivo	12

1.12.3.	Método deductivo.....	12
1.12.4.	Método analítico.....	12
1.12.5.	Método de síntesis.....	13
1.12.6.	Método de la medición.....	13
1.12.7.	Método matemático.....	13

CAPÍTULO II

2.	INTRODUCCIÓN AL SISTEMA ELECTRÓNICO DE INYECCIÓN DIRECTA DIESEL COMMON RAIL.	14
2.1.	Características del sistema common rail	14
2.2.	Sistema common rail	14
2.2.1.	Reducción del ruido	15
2.2.2.	Combustión	15
2.2.3.	Normas Euro	15
2.2.4.	Los óxidos de nitrógenos NOx.....	17
2.2.5.	Las partículas PM.....	18
2.2.6.	Los hidrocarburos no quemados HC.....	18
2.2.7.	El monóxido de carbono CO.....	18
2.3.	Reducción del consumo.....	19
2.4.	Aumento de las prestaciones.....	19
2.5.	Funcionamiento del sistema.....	20
2.5.1.	Generación de presión.....	21
2.5.2.	Regulación de la presión	21
2.5.3.	Regulación de caudal	21
2.6.	Inyección	22
2.7.	Alimentación de combustible	22
2.8.	Sistema de baja presión	23
2.8.1.	Bomba de combustible del depósito	23
2.8.2.	Bomba de transferencia.....	24
2.8.3.	Funcionamiento.....	25
2.9.	Sistema de alta presión	26
2.9.1.	Bomba de alta presión.....	26
2.9.2.	Succión.....	27
2.9.3.	Bombeo	27
2.9.4.	Curva de presión máxima.....	28
2.9.5.	Riel acumulador de presión.....	28
2.9.6.	Sensor de presión ICP	29

2.9.7.	Válvula reguladora de presión IPR	30
2.9.8.	Válvula de control de succión SCV	31
2.9.9.	Válvula de alta presión HPV	32
2.10.	Inyectores	32
2.10.1.	Funcionamiento del inyector	33
2.10.2.	Control de los inyectores.....	33
2.10.3.	Descarga mediante el inyector	34
2.10.4.	Corrección individual del inyector	34
2.11.	Control de presión del inyector con válvula electromagnética	35
2.11.1.	Inyector cerrado	35
2.11.2.	Apertura del inyector.....	36
2.11.3.	Inyector totalmente abierto	36
2.11.4.	Cierre del inyector	37
2.12.	Activación del inyector con válvula electromagnética.....	37
2.12.1.	Fase de apertura.....	37
2.12.2.	Fase de corriente inicial de arranque.....	38
2.12.3.	Fase de corriente de mantenimiento.....	39
2.12.4.	Desconexión	39
2.12.5.	Recarga mediante convertidor de refuerzo	40
2.13.	Inyector piezoeléctrico	40
2.13.1.	Funcionamiento.....	40
2.13.2.	Puesta en fase de las inyecciones	41
2.13.3.	Inyección piloto.....	42
2.13.4.	Inyección principal.....	43
2.13.5.	Inyección posterior.....	44
2.13.6.	Control activo de amortiguación.....	45
2.13.7.	Activación del inyector piezoeléctrico.....	46
2.14.	Formación de la mezcla.....	46
2.14.1.	Parámetros de Caudal de inyección	46
2.14.2.	Comienzo de activación de la inyección previa	47
2.14.3.	Desconexión de la inyección previa.....	47
2.14.4.	Parámetros del caudal de inyección previa	47
2.14.5.	Comienzo de activación de la inyección principal.....	48
2.14.6.	Duración de activación.....	48
2.14.7.	Desconexión de la inyección principal	48
2.14.8.	Parámetros del caudal de inyección principal.....	48
2.15.	Sistemas de inyección electrónica usados en el mercado	49

CAPÍTULO III

3.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y ACTIVACIÓN DE INYECTORES DIESEL CRDI.....	51
3.1.	Características del sistema	51
3.2.	Diseño hidráulico	51
3.2.1.	Diseño del circuito hidráulico en Automation Studio.....	52
3.2.2.	Activación del sistema de baja presión	52
3.2.3.	Activación del circuito de alta presión.....	53
3.3.	Parámetros para la selección de la bomba de baja y de alta presión.....	53
3.3.1.	Cálculos de caudal de la bomba de alta presión.....	54
3.3.2.	Cálculo para la selección del motor eléctrico	55
3.3.3.	Cálculos del sistema de transmisión por poleas-correa.....	56
3.4.	Cálculo del depósito.....	57
3.5.	Selección de manómetros.....	58
3.6.	Selección de las válvulas de alivio.....	59
3.6.1.	Sistema de baja presión.....	59
3.6.2.	Sistema de alta presión.....	59
3.7.	Filtro separador de agua	60
3.8.	Selección de mangueras hidráulicas	61
3.8.1.	Manguera de baja presión para la succión	61
3.8.2.	Manguera para el circuito de control	61
3.9.	Selección de cañerías de acero por presión interna	61
3.9.1.	Factor de reducción FS.....	62
3.9.2.	Cañerías de alta presión	63
3.9.3.	Selección del fluido limpia inyectores	63
3.9.4.	Selección de componentes hidráulicos	63
3.10.	Diseño mecánico	66
3.10.1.	Diseño estructural del banco de pruebas.....	67
3.10.2.	Parámetros para el diseño de la estructura	67
3.10.3.	Modelado de la estructura	67
3.10.4.	Análisis de fuerzas	67
3.10.5.	Estructura Metálica	68
3.10.6.	Material de la cubierta de la estructura	68
3.11.	Diseño electrónico y eléctrico	69
3.11.1.	Selección eléctrica.....	69

3.11.2.	Conexión en triángulo	69
3.11.3.	Conexión del motor eléctrico	70
3.11.4.	Corriente de consumo para el motor eléctrico 220/440 V	71
3.11.5.	Potencia absorbida por el motor.....	72
3.11.6.	Eficiencia del motor	72
3.11.7.	Rendimiento del motor.....	73
3.11.8.	Pérdidas del motor trifásico	73
3.11.9.	Par motor.....	74
3.11.10.	Selección del cableado	74
3.12.	Diseño electrónico.....	75
3.12.1.	Componentes de control.....	76
3.12.2.	Fuente de alimentación	76
3.13.	Módulo de control electrónico para la activación de los inyectores.....	76
3.13.1.	Placa de control	77
3.13.2.	Funcionamiento de la placa de control.....	77
3.13.3.	Diseño de la placa de control	77
3.13.4.	Diseño de la placa de potencia	78

CAPÍTULO IV

4.	PRUEBAS EN EL BANCO PARA DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO DE INYECTORES CRDI.....	80
4.1.	Características del banco de pruebas	80
4.2.	Características del sistema de control y activación de inyectores.	80
4.2.1.	Ventajas.....	80
4.2.2.	Especificaciones técnicas	81
4.2.3.	Presiones de trabajo.....	81
4.2.4.	Sistema de verificación y diagnóstico.....	81
4.2.5.	Cañerías y acoples.....	82
4.2.6.	Señal de activación.....	82
4.2.7.	Aplicación	82
4.2.8.	Requerimiento de activación.....	83
4.2.9.	Líquido de pruebas	83
4.3.	Procedimiento para realizar pruebas.....	83
4.3.1.	Revisión de inyectores	84
4.3.2.	Colocación de inyectores en el banco	84
4.3.3.	Desmontaje de los inyectores.....	86

4.4.	Pruebas de reconocimiento y comprobación de componentes del banco de inyectores CRDI.....	86
4.5.	Pruebas de cálculo y medición de ciclos de trabajo en el banco de comprobación de inyectores CRDI.....	93
4.6.	Pruebas de inyectores inductivos crdi a 840 RPM, a (200,400,600,800,1000) Bar.....	94
4.6.1.	Cálculo del tiempo de activación y cierre de inyección.....	95
4.6.2.	Cálculo de prueba a ralentí.....	96
4.6.3.	Cálculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo 10%.....	96
4.6.4.	Cálculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo 20%.....	96
4.6.5.	Cálculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo 25%.....	96
4.6.6.	Cálculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo 30%.....	97
4.6.7.	Cálculo de ángulos de inyección.....	97
4.7.	Pruebas de inyectores inductivos crdi a 1560 RPM, a (200,400,600,800,1000) Bar.....	144
4.7.1.	Cálculo de prueba a media carga.....	145
4.7.2.	Cálculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo (cicle duty 10%).....	145
4.7.3.	Cálculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo (cicle duty 20%).....	145
4.7.4.	Cálculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo (cicle duty 25%).....	146
4.7.5.	Cálculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo (cicle duty 30%).....	146
4.7.6.	Cálculo de ángulos de inyección.....	146
4.8.	Pruebas de inyectores inductivos crdi a 3000 RPM, a (200,400,600,800,1000) Bar.....	189
4.8.1.	Cálculo de prueba a plena carga.....	190
4.8.2.	Cálculo del ciclo de trabajo (cicle duty 10%).....	190
4.8.3.	Cálculo del ciclo de trabajo (cicle duty 20%).....	190
4.8.4.	Cálculo del ciclo de trabajo (cicle duty 25%).....	191
4.8.5.	Cálculo del ciclo de trabajo (cicle duty 30%).....	191
4.8.6.	Cálculos de ángulos de inyección.....	191
4.9.	Pruebas de inyectores inductivos crdi a 840 RPM, a (200,400,600,800,1000) Bar.....	234
4.9.1.	Cálculo de prueba a 4560 rpm altas prestaciones.....	235
4.9.2.	Cálculo del ciclo de trabajo (cicle duty 10%).....	235
4.9.3.	Cálculo del ciclo de trabajo (cicle duty 20%).....	235
4.9.4.	Cálculo del ciclo de trabajo (cicle duty 25%).....	236
4.9.5.	Cálculo del ciclo de trabajo (cicle duty 30%).....	236

4.9.6.	Cálculos de ángulos de inyección	236
4.10.	Pruebas de inyectores inductivos con modulación de anchos de pulsos PWM.....	279
4.10.1.	Pruebas para diagnóstico de inyectores Modo CRDI	280
4.10.2.	Cálculo de prueba de RPM en función de la frecuencia	281
4.10.3.	Cálculos de ángulos de inyección	281
4.11.	Pruebas de inyectores piezoeléctricos con modulación de anchos de pulsos PWM	305
4.11.1.	Pruebas para diagnóstico de inyectores Modo CRDI	306
4.11.2.	Cálculo de prueba de RPM en función de la frecuencia	307

CAPÍTULO V

5.	MARCO ADMINISTRATIVO	314
5.1.	Recursos	314
5.1.2.	Recursos humanos.....	314
5.1.3.	Recursos Tecnológicos.....	314
5.1.4.	Recursos materiales.....	314
5.2.	Análisis de costos del proyecto	315
5.2.1.	Costos de mano de obra	315
5.2.2.	Costo de fabricación de tarjetas electrónicas	316
5.2.3.	Costo de componentes eléctricos	316
5.2.4.	Costo de estructuras y elementos mecánicos	317
5.2.5.	Costo del sistema hidráulico	317
5.2.6.	Costo neto del banco de prueba para inyectores CRDI.....	317
5.2.7.	Análisis del costo – beneficio.	318
5.3.	Evaluación del proyecto	318
5.3.2.	Cálculo del VAN.....	319
5.3.3.	Cálculo del TIR.....	319
5.3.4.	Periodo de recuperación de inversión PRI.....	320
5.4.	Cronograma.	321
	CONCLUSIONES.....	322
	RECOMENDACIONES.....	323
	BIBLIOGRAFÍA.....	324
	LINKOGRAFÍA:	325
	ANEXOS.....	326
	Anexo (a) Manual de usuario.....	327

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Diagrama de causa y efecto.....	7
Figura 2:	Métodos generales de la investigación.....	11
Figura 3:	Métodos específicos de la investigación	11
Figura 4:	Componentes del sistema Common rail “Bosch”	15
Figura 5:	Normas Euro.....	16
Figura 6:	Emisiones de gases en g/Km.....	17
Figura 7:	Particularidades de los diferentes sistemas Delphi.....	19
Figura 8:	Aumento de prestaciones.....	20
Figura 9:	Circuito Hidráulico Common Rail	20
Figura 10:	Esquema del sistema Common Riel.....	22
Figura 11:	Sistema de alimentación de combustible.....	22
Figura 12:	Bomba de transferencia	23
Figura 13:	Filtro de combustible	24
Figura 14:	Partes del filtro de combustible	24
Figura 15:	Presión de transferencia.....	25
Figura 16:	Bomba de transferencia	25
Figura 17:	Bomba de alimentación	26
Figura 18:	Circuito de alta presión.....	26
Figura 19:	Bomba de alta presión.	27
Figura 20:	Fase de aspiración.....	27
Figura 21:	Presión de la bomba a diferentes revoluciones.....	28
Figura 22:	Riel acumulador de presión	28
Figura 23:	Curva de presión en función de la velocidad del motor	29
Figura 24:	Señal de sensor de presión.....	29
Figura 25:	Sensor Icp	30
Figura 26:	Válvula reguladora de presión.....	31
Figura 27:	Válvula de control de succión	32
Figura 28:	Válvula de alta presión	32
Figura 29:	Funcionamiento de los inyectores	33
Figura 30:	Impulso de inyección.....	34
Figura 31:	Curvas características del inyector	35
Figura 32:	(Tiempo, corriente y voltaje) de apertura.....	36
Figura 33:	Fase de activación de corriente y voltaje.....	38

Figura 34:	Medición de la señal a los inyectores	38
Figura 35:	Curva de corriente inicial	39
Figura 36:	Corriente de mantenimiento	39
Figura 37:	Parámetros de funcionamiento del inyector	40
Figura 38:	Elemento piezoeléctrico	41
Figura 39:	Partes del inyector piezoeléctrico	41
Figura 40:	Ciclo de inyección	42
Figura 41:	Curva de preinyección	43
Figura 42:	Movimiento de la aguja del inyector y descarga de la presión con preinyección	43
Figura 43:	Inyección principal	44
Figura 44:	Curvas características con postinyección	45
Figura 45:	Control activo de amortiguación	45
Figura 46:	Curvas de corriente y voltaje de inyectores piezoeléctricos.....	46
Figura 47:	Circuito de baja presión activo	52
Figura 48:	Circuito de alta presión activo	53
Figura 49:	Bomba eléctrica de combustible.....	54
Figura 50:	Bomba de alta presión	54
Figura 51:	Embolo para la generación de presión.....	55
Figura 52:	Placa del motor eléctrico de 5 Hp a 220 v.....	56
Figura 53:	Poleas de transmisión	57
Figura 54:	Depósito de combustible	57
Figura 55:	Manómetro de baja presión 0-160 psi 11 bar	58
Figura 56:	Manómetro de alta presión 0-20000 psi 1400 bar	58
Figura 57:	Válvula de baja presión 0.8 – 8 bar.	59
Figura 58:	Válvula de alta presión de aguja y ajuste manual.....	60
Figura 59:	Filtro Delphi HDF296	60
Figura 60:	Cañerías de acero.....	63
Figura 61:	Fluido de calibración ISO 4113.....	63
Figura 62:	Estructura metálica	66
Figura 63:	Banco de pruebas en Inventor 2013.	66
Figura 64:	Modelado en el software Inventor	67
Figura 65:	Análisis de fuerzas aplicadas en un punto	68
Figura 66:	Modelado de la estructura en Inventor 2013	68

Figura 67:	Conexión trifásica a 220 v giro derecho.....	69
Figura 68:	Conexión trifásica a 220 v giro derecho.....	69
Figura 69:	Placa de alto y bajo voltaje del motor trifásico	70
Figura 70:	Conexión de las líneas para alimentación 220v.....	70
Figura 71:	Parámetros del motor trifásico	71
Figura 72:	Cable # 14 AWG	75
Figura 73:	Cable # 10 flexible 3 cables.....	75
Figura 74:	Fuente de alimentación.....	76
Figura 75:	Diseño de la placa de control en PROTEUS 8.0	77
Figura 76:	Diseño en Proteus 8.0	77
Figura 77:	Placa de control	78
Figura 78:	Placa de potencia en Proteus 8.0	78
Figura 79:	Tarjeta del conversor dc-dc	78
Figura 80:	Placa de potencia en la baquelita.....	79
Figura 81:	Inyector Inductivo Bosch.....	97
Figura 82:	Ángulo de inyección.....	98
Figura 83:	Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110070 a 840 rpm.....	100
Figura 84:	Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Bosch 0445110070 a 840 rpm.	101
Figura 85:	Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110070 a 840 rpm.	102
Figura 86:	Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 840 rpm.	103
Figura 87:	Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 840 rpm.	103
Figura 88:	Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 840 rpm.	104
Figura 89:	Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 840 rpm.	104

Figura 90: Inyector inductivo Bosch.....	105
Figura 91: Ángulo de inyección.....	105
Figura 92: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110250 a 840 rpm.....	108
Figura 93: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Bosch 0445110250 a 840 rpm.	109
Figura 94: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110250 a 840 rpm.	110
Figura 95: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 840 rpm.	111
Figura 96: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 840 rpm.	111
Figura 97: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 840 rpm.	112
Figura 98: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 840 rpm.	112
Figura 99: Inyector inductivo Denso.	113
Figura 100: Ángulo de inyección.....	113
Figura 101: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 840 rpm.	116
Figura 102: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 840 rpm.	117
Figura 103: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 840 rpm.	118
Figura 104: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 840 rpm.	119

Figura 105: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 840 rpm.	119
Figura 106: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 840 rpm.	120
Figura 107: Curvas de voltaje y corriente 200 bar, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 840 rpm.	120
Figura 108: Inyector inductivo Delphi.....	121
Figura 109: Ángulo de inyección.....	121
Figura 110: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo inyector Delphi VQ5CB56B99 a 840 rpm.....	124
Figura 111: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 840 rpm.....	125
Figura 112: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 840 rpm.	126
Figura 113: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 840 rpm.....	127
Figura 114: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 840 rpm.....	127
Figura 115: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo 25% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 840 rpm.....	128
Figura 116: Curvas de Voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 840 rpm.....	128
Figura 117: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 200 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.	130
Figura 118: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 200 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.	130
Figura 119: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y	

retorno a 200 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.....	131
Figura 120: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 400 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	133
Figura 121: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 400 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	133
Figura 122: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 400 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.....	134
Figura 123: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 600 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	136
Figura 124: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 600 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	136
Figura 125: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 600 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.....	137
Figura 126: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 800 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	139
Figura 127: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 800 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	139
Figura 128: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 800 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.....	140

Figura 129: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 1000 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	142
Figura 130: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 1000 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	142
Figura 131: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 1000 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	143
Figura 132: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110070 a 1560 rpm	148
Figura 133: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Bosch 0445110070 a 1560 rpm.	149
Figura 134: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110070 a 1560 rpm.	150
Figura 135: Curvas de Voltaje y corriente, 13Hz, cicle duty 10% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 1560 rpm.	151
Figura 136: Curvas de Voltaje y corriente, 13Hz, cicle duty 20% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 1560 rpm.	151
Figura 137: Curvas de Voltaje y corriente, 13Hz, cicle duty 25% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 1560 rpm.	152
Figura 138: Curvas de Voltaje y corriente, 13Hz, cicle duty 30% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 1560 rpm.	152
Figura 139: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110250 a 1560 rpm	155
Figura 140: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Bosch 0445110250 a 1560 rpm.	156

Figura 141: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110250 a 1560 rpm.	157
Figura 142: Curvas de voltaje y corriente, 13Hz, cicle duty10% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 1560 rpm.	158
Figura 143: Curvas de voltaje y corriente, 13Hz, cicle duty 20% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 1560 rpm.	158
Figura 144: Curvas de voltaje y corriente, 13Hz, cicle duty 25% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 1560 rpm.	159
Figura 145: Curvas de voltaje y corriente, 13Hz, 30% cicle duty inyector inductivo Bosch 0445110250 a 1560 rpm.	159
Figura 146: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 1560 rpm.	162
Figura 147: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 1560 rpm.	163
Figura 148: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 1560 rpm.	164
Figura 149: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 1560 rpm.	165
Figura 150: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 1560 rpm.	165
Figura 151. Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 1560 rpm.	166
Figura 152. Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 1560 rpm.	166
Figura 153: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo inyector Delphi VQ5CB56B99 a 1560 rpm.....	169

Figura 154: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 1560 rpm.....	170
Figura 155: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 1560 rpm.	171
Figura 156: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 1560 rpm.....	172
Figura 157: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 1560 rpm.....	172
Figura 158: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 1560 rpm.....	173
Figura 159: Curvas de Voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 1560 rpm.....	173
Figura 160: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 200 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	175
Figura 161: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 200 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	175
Figura 162: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 200 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.....	176
Figura 163: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 400 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	178
Figura 164: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 400 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	178
Figura 165: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y	

retorno a 400 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.....	179
Figura 166: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 600 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	181
Figura 167. Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 600 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	181
Figura 168: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 600 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.....	182
Figura 169: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 800 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	184
Figura 170: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 800 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	184
Figura 171: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 800 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.....	185
Figura 172: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 1000 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	187
Figura 173: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 1000 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	187
Figura 174: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 1000 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.....	188

Figura 175: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110070 a 3000 rpm.....	193
Figura 176: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Bosch 0445110070 a 3000 rpm.	194
Figura 177: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110070 a 3000 rpm.	195
Figura 178: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 3000 rpm.	196
Figura 179: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 3000 rpm.	196
Figura 180: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 3000 rpm.	197
Figura 181: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 3000 rpm.	197
Figura 182: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110250 a 3000 rpm.....	200
Figura 183: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Bosch 0445110250 a 3000 rpm.	201
Figura 184: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110250 a 3000 rpm.	202
Figura 185: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 3000 rpm.	203
Figura 186: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 3000 rpm.	203
Figura 187: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 3000 rpm.	204

Figura 188: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 3000 rpm.	204
Figura 189: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 3000 rpm.	207
Figura 190: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 3000 rpm.	208
Figura 191: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 3000 rpm.	209
Figura 192: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 3000 rpm.	210
Figura 193: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 3000 rpm.	210
Figura 194: Curvas de voltaje y corriente 200 bar, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 3000 rpm.	211
Figura 195: Curvas de voltaje y corriente 200 bar, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 3000 rpm.	211
Figura 196: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo inyector Delphi VQ5CB56B99 a 3000 rpm.	214
Figura 197: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 3000 rpm.	215
Figura 198: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 3000 rpm.	216
Figura 199: Curvas de voltaje y corriente, 25Hz, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 3000 rpm.	217
Figura 200: Curvas de voltaje y corriente, 25Hz, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 3000 rpm.	217

Figura 201: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 3000 rpm.....	218
Figura 202: Curvas de Voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 3000 rpm.....	218
Figura 203: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 200 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) % .	220
Figura 204: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 200 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) % .	220
Figura 205: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 200 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.....	221
Figura 206: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 400 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) % .	223
Figura 207: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 400 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) % .	223
Figura 208: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 400 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.....	224
Figura 209: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 600 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) % .	226
Figura 210: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 600 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) % .	226
Figura 211: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 600 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.....	227

Figura 212: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 800 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	229
Figura 213: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 800 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	229
Figura 214: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 800 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	230
Figura 215: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 1000 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	232
Figura 216: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 1000 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	232
Figura 217: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 1000 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	233
Figura 218: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110070 a 4560 rpm	238
Figura 219: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Bosch 0445110070 a 4560 rpm.	239
Figura 220: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110070 a 4560 rpm.	240
Figura 221: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 4560 rpm.	241
Figura 222: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 4560 rpm.	241

Figura 223: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 4560 rpm.	242
Figura 224: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 4560 rpm.	242
Figura 225: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110250 a 4560 rpm.....	245
Figura 226: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Bosch 0445110250 a 4560 rpm.	246
Figura 227: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110250 a 4560 rpm.	247
Figura 228: Curvas de voltaje y corriente, 38 Hz, cicle duty 10% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 4560 rpm.	248
Figura 229: Curvas de voltaje y corriente, 38 Hz, cicle duty 20% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 4560 rpm.	248
Figura 230: Curvas de voltaje y corriente, 38 Hz, cicle duty 25% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 4560 rpm.	249
Figura 231: Curvas de voltaje y corriente, 38 Hz, cicle duty 30% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 4560 rpm.	249
Figura 232: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 4560 rpm.	252
Figura 233: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 4560 rpm.	253
Figura 234: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 4560 rpm.	254
Figura 235: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 4560 rpm.	255

Figura 236: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 4560 rpm.	255
Figura 237: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 4560 rpm.	256
Figura 238: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 4560 rpm.	256
Figura 239: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo inyector Delphi VQ5CB56B99 a 4560 rpm.....	259
Figura 240: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 4560 rpm.....	260
Figura 241: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 4560 rpm.	261
Figura 242: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 4560 rpm.....	262
Figura 243: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 4560 rpm.....	262
Figura 244: Curvas de Voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 4560 rpm.....	263
Figura 245. Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 4560 rpm.....	263
Figura 246: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 200 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.	265
Figura 247: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 200 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.	265
Figura 248: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 200 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.....	266

Figura 249: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 400 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	268
Figura 250: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 400 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	268
Figura 251: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 400 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	269
Figura 252: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 600 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	271
Figura 253: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 600 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	271
Figura 254: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 600 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	272
Figura 255: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 800 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	274
Figura 256: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 800 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	274
Figura 257: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 1000 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	275
Figura 258: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 1000 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	277

Figura 259: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 1000 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	277
Figura 260: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 1000 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %	278
Figura 261: Comparación de modulación de ancho de pulso automática para inyector Bosch 0445110070 a 960 RPM.	283
Figura 262: Comparación de modulación de ancho de pulso controlada para inyector Bosch 0445110070 a 960 RPM.	283
Figura 263: Comparación de caudales de inyección y retorno con PWM automático para inyector Bosch 0445110070 a 960 RPM.	284
Figura 264: Comparación de caudales de inyección y retorno con PWM controlado para inyector Bosch 0445110070 a 960 RPM.	284
Figura 265: Comparación de caudales de inyección / retorno y tiempos de activación / cierre con PWM automático para inyector Bosch 0445110070 a 960 RPM.	285
Figura 266: Comparación de caudales de inyección / retorno y tiempos de activación / cierre con PWM automático para inyector Bosch 0445110070 a 960 RPM.	285
Figura 267: Curva de corriente y voltaje para inyector Bosch 0445110070 a 960 RPM y función pilot.	286
Figura 268: Curva de corriente y voltaje para inyector Bosch 0445110070 a 960 RPM y función main.	286
Figura 269: Curva de corriente y voltaje para inyector Bosch 0445110070 a 960 RPM y función max.	287
Figura 270: Comparación de modulación de ancho de pulso automática para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM.	289
Figura 271: Comparación de modulación de ancho de pulso controlada para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM.	289
Figura 272: Comparación de caudales de inyección y retorno con PWM automático para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM.	290

Figura 273: Comparación de caudales de inyección y retorno con PWM controlado para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM.	290
Figura 274: Comparación de caudales de inyección / retorno y tiempos de activación / cierre con PWM automático para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM.	291
Figura 275: Comparación de caudales de inyección / retorno y tiempos de activación / cierre con PWM automático para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM.	291
Figura 276: Curva de corriente y voltaje para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM y función pilot.	292
Figura 277: Curva de corriente y voltaje para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM y función main.	292
Figura 278: Curva de corriente y voltaje para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM y función max.	293
Figura 279: Comparación de modulación de ancho de pulso automática para Inyector Denso 6520 10H0044 a 960 RPM.	295
Figura 280: Comparación de modulación de ancho de pulso controlada para Inyector Denso 6520 10H0044 a 960 RPM.	295
Figura 281: Comparación de caudales de inyección y retorno con PWM automático para Inyector Denso 6520 10H0044 a 960 RPM.	296
Figura 282: Comparación de caudales de inyección y retorno con PWM controlado para Inyector Denso 6520 10H0044 a 960 RPM.	296
Figura 283: Comparación de caudales de inyección / retorno y tiempos de activación / cierre con PWM automático para Inyector Denso 6520 10H0044 a 960 RPM.	297
Figura 284: Comparación de caudales de inyección / retorno y tiempos de activación / cierre con PWM automático para Inyector Denso 6520 10H0044 a 960 RPM.	297
Figura 285: Curva de corriente y voltaje para Inyector Denso 6520 10H0044 a 960 RPM y función pilot.	298
Figura 286: Curva de corriente y voltaje para Inyector Denso 6520 10H0044 a 960 RPM y función main.	298
Figura 287: Curva de corriente y voltaje para Inyector Denso 6520 10H0044 a 960 RPM y función máx.	299

Figura 288: Comparación de modulación de ancho de pulso automática para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM.....	301
Figura 289: Comparación de modulación de ancho de pulso controlada para inyector Delphi VQ5CB56B99 RPM.	301
Figura 290: Comparación de caudales de inyección y retorno con PWM automático para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM.	302
Figura 291: Comparación de caudales de inyección y retorno con PWM controlado para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM.....	302
Figura 292: Comparación de caudales de inyección / retorno y tiempos de activación / cierre con PWM automático para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM.....	303
Figura 293: Comparación de caudales de inyección / retorno y tiempos de activación / cierre con PWM automático para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM.....	303
Figura 294: Curva de corriente y voltaje para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM y función pilot.	304
Figura 295: Curva de corriente y voltaje para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM y función main.	304
Figura 296: Curva de corriente y voltaje para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM y función máx.	305
Figura 297: Comparación de modulación de ancho de pulso automática para inyector Bosch 0445116 a 960 RPM.	309
Figura 298: Comparación de modulación de ancho de pulso controlada para inyector Bosch 0445116 a 960 RPM.	309
Figura 299: Comparación de caudales de inyección y retorno con PWM automático para inyector Bosch 0445116 a 960 RPM.....	310
Figura 300: Comparación de caudales de inyección y retorno con PWM controlado para inyector Bosch 0445116 a 960 RPM.	310
Figura 301: Comparación de caudales de inyección / retorno y tiempos de activación / cierre con PWM automático para inyector Bosch 0445116 a 960 RPM.	311
Figura 302: Comparación de caudales de inyección / retorno y tiempos de activación / cierre con PWM automático para inyector Bosch 0445116 a 960 RPM.	311

Figura 303: Curva de corriente y voltaje para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM y función pilot.....	312
Figura 304: Curva de corriente y voltaje para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM y función main.	312
Figura 305: Curva de corriente y voltaje para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM y función max.	313

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Estadísticas mundiales en ventas coches turismo entre 2010 y 2014.....	3
Tabla 2.	Evolución de los límites máximos de emisiones permitidas para los vehículos diesel ligeros. Unidades en g/km.	5
Tabla 3.	Operacionalización de variable independiente	10
Tabla 4.	Operacionalización de variable dependiente.....	10
Tabla 5.	Normas Euro	17
Tabla 6.	Diferentes sistemas de inyección	19
Tabla 7.	Características de la bomba de transferencia	25
Tabla 8.	Características del sensor de presión para los diferentes sistemas.....	29
Tabla 9.	Comparación de las diferentes marcas de inyectores existentes en el mercado Bosch, Denso, Delphi y Siemens.....	50
Tabla 10.	Características técnicas de la bomba hidráulica de baja y alta presión....	54
Tabla 11.	Características del manómetro de baja y de alta presión	58
Tabla 12.	Tabla especificaciones de filtro de combustible	60
Tabla 13.	Norma API de fabricación de la tubería de acero	62
Tabla 14.	Selección de componentes.	64
Tabla 15.	Características de la fuente de alimentación	76
Tabla 16.	Especificaciones del banco de pruebas.	81
Tabla 17.	Presiones de trabajo	81
Tabla 18.	Instrumentos de medición	82
Tabla 19.	Cañerías y acoples.....	82
Tabla 20.	Señal de activación	82
Tabla 21.	Aplicación del banco.....	83
Tabla 22.	Tensión de trabajo.....	83
Tabla 23.	Características del fluido de pruebas	83
Tabla 24.	Características de funcionamiento	86
Tabla 25.	Resistencia interna de los inyectores.	88
Tabla 26.	Reconocimiento de componentes.....	89
Tabla 27.	Parámetros del ensayo a los diferentes inyectores crdi, de las marcas Bosch, Denso y Delphi.	93

Tabla 28. Prueba de inyector Bosch 0445110070 a 840 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones (200, 400, 600, 800, 1000) bar.	99
Tabla 29. Prueba de Inyector Bosch 0445110250 a 840 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.	107
Tabla 30. Prueba de inyector Denso 6520 10H0044 a 840 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.	115
Tabla 31. Prueba de inyector Delphi VQ5CB56B99 a 840 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.	123
Tabla 32. Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 200 bar de presión a 840 rpm.	129
Tabla 33. Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 400 bar de presión a 840 rpm.	132
Tabla 34. Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 600 bar de presión a 840 rpm.	135
Tabla 35. Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 800 bar de presión a 840 rpm.	138
Tabla 36. Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 1000 bar de presión a 840 rpm.	141
Tabla 37. Prueba de inyector Bosch 0445110070 a 1560 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones (200, 400, 600, 800, 1000) bar.	147
Tabla 38. Prueba de Inyector Bosch 0445110250 a 1560 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.	154

Tabla 39. Prueba de inyector Denso 6520 10H0044 a 1560 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.....	161
Tabla 40. Prueba de inyector Delphi VQ5CB56B99 a 1560 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.....	168
Tabla 41. Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 200 bar de presión, 1560 Rpm	174
Tabla 42. Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 400 bar de presión a 1560 rpm.....	177
Tabla 43. Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 600 bar de presión y 1560 rpm.....	180
Tabla 44. Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 800 bar de presión a 1560 rpm.....	183
Tabla 45. Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 1000 bar de presión y 1560 rpm.....	186
Tabla 46. Prueba de Inyector Bosch 0445110070 a 3000 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.	192
Tabla 47. Prueba de Inyector Bosch 0445110250 a 3000 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.	199
Tabla 48. Prueba de inyector Denso 6520 10H0044 a 3000 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.....	206
Tabla 49. Prueba de inyector Delphi VQ5CB56B99 a 3000 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.....	213

Tabla 50. Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 200 bar de presión a 3000 rpm.....	219
Tabla 51. Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 400 bar de presión a 3000 rpm.....	222
Tabla 52. Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 600 bar de presión a 3000 rpm.....	225
Tabla 53. Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 800 bar de presión a 3000 rpm.....	228
Tabla 54. Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 1000 bar de presión a 3000 rpm.....	231
Tabla 55. Prueba de Inyector Bosch 0445110070 a 4560 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.....	237
Tabla 56. Prueba de Inyector Bosch 0445110250 a 4560 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.....	244
Tabla 57. Prueba de inyector Denso 6520 10H0044 a 4560 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.....	251
Tabla 58. Prueba de inyector Delphi VQ5CB56B99 a 4560 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.....	258
Tabla 59. Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 200 bar de presión a 4560 rpm.....	264
Tabla 60. Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 400 bar de presión a 4560 rpm.....	267

Tabla 61. Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 600 bar de presión a 4560 rpm.....	270
Tabla 62. Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 800 bar de presión a 4560 rpm.....	273
Tabla 63. Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 1000 bar de presión a 4560 rpm.....	276
Tabla 64. Prueba de Inyector Bosch 0445110070 a 960 RPM con variación de modulación de ancho de pulso PWM y a presiones de (200, 700, 1000) bar.	282
Tabla 65. Prueba de Inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM con variación de modulación de ancho de pulso PWM y a presiones de (200, 700, 1000) bar.	288
Tabla 66. Prueba de Inyector Denso inductivo 6520 10H0044 a 960 RPM con modulación de ancho de pulso PWM y a presiones de (200, 700, 1000) bar.	294
Tabla 67. Prueba de Inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM con modulación de ancho de pulso PWM y a presiones de (200, 700, 1000) bar.	300
Tabla 68. Prueba de Inyector piezoeléctrico Bosch 04451116 a 960 RPM con modulación de ancho de pulso PWM y a presiones de (200, 700, 1000) bar	308
Tabla 69. Costos de mano de obra	315
Tabla 70. Costo de fabricación del circuito de control.	316
Tabla 71. Costos de materiales y elementos eléctricos.	316
Tabla 72. Costos de materiales y elementos mecánicos	317
Tabla 73. Costos de inversión del circuito hidráulico.....	317
Tabla 74. Costo total del proyecto.	318
Tabla 75. Flujo de caja proyectado	319
Tabla 76. Cálculo del VAN.....	319
Tabla 77. Cálculo del TIR.....	320
Tabla 78. Período de recuperación de la inversión	320

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Caudal de la bomba	54
Ecuación 2. Selección del motor eléctrico.	55
Ecuación 3. Revolución de la bomba.	57
Ecuación 4. Volumen del depósito.....	57
Ecuación 5. de Barlow.	61
Ecuación 6. esfuerzo de trabajo al acero.....	61
Ecuación 7. Corriente de consumo nominal	71
Ecuación 8. Corriente de consumo del motor trifásico	71
Ecuación 9. Potencia absorbida por el motor.....	72
Ecuación 10. Eficiencia del motor.	72
Ecuación 11. Rendimiento del motor.....	73
Ecuación 12 . Pérdidas del motor.....	73
Ecuación 13. Par motor	74
Ecuación 14. Inyección simultanea.....	95
Ecuación 15. Frecuencia en función de RPM	95
Ecuación 16. Ciclo de trabajo	95
Ecuación 17. Tiempos de inyección.....	95
Ecuación 18. Ángulo de disparo	98
Ecuación 19. Ángulo de dispersión.....	98
Ecuación 20. Periodo de recuperación de inversión.	320

RESUMEN

Los avances tecnológicos en los sistemas de inyección diesel están evolucionando constantemente, en el sistema de inyección directa por conducto común, este sistema nos ayuda a disminuir los gases contaminantes, a tener una mezcla más estequiométrica, tener tiempos de inyección más precisos y reducir los ruidos en el motor, el combustible es almacenado en un conducto a presiones que pueden variar desde unos 300 bar hasta entre 1500 bar al cilindro, según las condiciones de funcionamiento. La principal ventaja de este sistema es que permite controlar electrónicamente el suministro de combustible permitiendo así realizar hasta 5 pre-inyecciones antes de la inyección principal, con lo que se consigue preparar mejor la mezcla para una óptima combustión. Esto genera un nivel sonoro mucho más bajo y un mejor rendimiento del motor. Las variantes en la presión y avance de inyección según la necesidad o condiciones de trabajo son una realidad que en los sistemas antiguos no era posible modificar más aun cuando hablamos de hacerlo cilindro por cilindro, con todo esto el conductor y el medio ambiente salen ganando pues existen beneficios como una mejor aceleración, menor consumo de combustible, menor sonoridad del motor y también tiene menos emisiones o agentes contaminantes producto de la combustión.

PALABRAS CLAVE:

- **INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**
- **BANCO DE PRUEBAS - LABORATORIO AUTOTRÓNICA ESPE-EL**
- **INYECTORES DIÉSEL CRDI**
- **COMMON RAIL**

ABSTRACT

Technological advances in diesel injection systems are constantly evolving, in the direct injection system common rail, this system helps us reduce polluting gases, to have a stoichiometric mixture, having times more precise injection and reduce noise engine, the fuel is stored in a pipe at pressures can range from a 300 bar to 1500 bar between the cylinder according to the operating conditions. The main advantage of this system is that electronically controlling the fuel supply allowing make up to 5 pre-injections before the main injection, which is achieved better prepare the mixture for optimum combustion. This generates a much lower noise level and improved engine performance. Variations in pressure and injection timing as needed or working conditions are a reality in the old systems could not be amended even more so when we talk about doing cylinder by cylinder, with this driver and the environment win-win for there are benefits as better acceleration, lower fuel consumption, lower noise of the engine and last but not least also get less emissions or pollutants product of combustion.

KEYWORDS:

- AUTOMOTIVE ENGINEERING
- BANK TESTS - LABORATORY AUTOTRONICS ESPE-EL
- CRDI DIESEL INJECTORS
- COMMON RAIL

PRESENTACIÓN

La tecnología en el campo automotriz va creciendo constantemente y a su vez los Ingenieros Automotrices van mejorando los sistemas para controlar los niveles de emisiones contaminantes y disminuir los porcentajes que permiten para que los vehículos circulen con el objetivo de disminuir la polución que producen los fenómenos climáticos como el calentamiento global.

La tecnología en el sistema de inyección electrónica diesel common rail CRDI, permite controlar por separado la activación de los inyectores y la generación de presión para obtener mayores prestaciones, mejorando el rendimiento y disminuyendo las emisiones de escape.

Los equipos de diagnóstico para el sistema CRDI se encuentran a elevados precios en el mercado, de aquí la necesidad de elaborar proyectos enfocados al mantenimiento y evaluación de los sistemas de inyección electrónica diesel CRDI.

El trabajo de investigación está dividido en cinco capítulos.

El capítulo 1, se presenta la delimitación del problema de investigación, la prognosis, determinando el objeto, el campo de investigación, la justificación y las variables del problema de investigación.

En el capítulo 2, se investiga en fuentes bibliográficas para dar un soporte al marco teórico, respetando la propiedad intelectual del autor y con normas APA, se establece los valores para el diseño de los voltajes de activación y control de los inyectores CRDI.

En el capítulo 3, se selecciona, establece, y se hace mediciones para el diseño electrónico y mecánico del sistema de activación y control de los inyectores CRDI. Se establece componentes para el diseño hidráulico y los cálculos necesarios para elegir bien los componentes.

En el capítulo 4, se efectúa las pruebas de caudales de inyección y retorno, tiempos de activación, mantenimiento y cierre del control de los inyectores inductivos y piezoeléctricos, ángulos de pulverización, presión de trabajo, a través de equipos de medición como es el osciloscopio y pinza amperimétrica, se realizan comprobación de voltaje, amperaje y curvas características de inyección.

Se realiza tabulaciones para un análisis de los tipos de inyectores Bosch, Denso, Delphi y piezoeléctricos.

En el capítulo 5, se realiza tabulaciones de gastos necesarios para la realización del presente proyecto como los costos: mano de obra, materiales electrónicos, hidráulicos y mecánicos, también un análisis de costo-beneficio a través de las formulas del VAN / TIR y establecemos el periodo de recuperación de la inversión.

CAPÍTULO I

1. INVESTIGACIÓN DEL SISTEMA DE ACTIVACIÓN Y CONTROL DE INYECTORES DIESEL RIEL COMÚN CRDI

1.1. Antecedentes del problema

En el Ecuador existen vehículos con sistemas de alimentación de combustible diesel de riel común CRDI, cuyo objetivo es disminuir las emisiones contaminantes, aprovechar el rendimiento y optimizar el uso del combustible en el automotor.

El desarrollo de la gestión electrónica en los sistemas diesel ha desarrollado aplicaciones en vehículos de turismo, reducir las emisiones tóxicas del combustible, que son parte de la problemática mundial.

(Bosch, 2005) menciona que: “Los requisitos del sistema CRDI para reducir el consumo de combustible, sustancias nocivas presentes en los gases de escape, y un funcionamiento más silencioso del motor exigen, a su vez, estándares más elevados en los sistemas de inyección.” Pág. 4.

Para el cumplimiento de las exigencias expuestas se contraponen los costos elevados de equipos de diagnóstico para el mantenimiento de inyectores de los sistemas CRDI, y la falta de personal capacitado, que se agrava con la escasez de equipos necesarios para brindar asistencia técnica apropiada, referida a sistemas de inyección diesel común riel, ha generado un problema al momento de su respectivo asesoramiento.

Ante estos inconvenientes surge la necesidad de formular y elaborar proyectos de investigación para desarrollar una mayor accesibilidad de estos sistemas de inyección electrónica en el mantenimiento y reparación de vehículos de turismo. En este punto, cualquier proyecto que se proponga deberá dar cabida a una variedad amplia de opciones para construir equipos de control y activación de inyectores CRDI para uso técnico para poder desarrollar transferencia de tecnología.

La investigación del tema propuesto adquiere especial sentido en el marco de “contribuir al cambio de la matriz productiva” propuesta por el gobierno nacional, en cuanto plantea la necesidad de encontrar alternativas que permitan diseñar, ensamblar equipos de diagnóstico de menor costo que los equipos importados.

De esta manera se impulsará la investigación académica, la activación de la industria nacional, la mano de obra, invitada a producir partes de los equipos automotrices de diagnóstico requeridos.

1.2. Contextualización (macro, meso, micro)

(Hernández, 2006) señala que: “En los años 90 la demanda de transporte liviano, pesado e industrial ha experimentado un incremento considerable. Los motores que usan combustibles fósiles, en particular el motor diesel han presentado la solución a esta necesidad que se expresa a nivel global, no obstante, ha causado un fuerte impacto en el medio ambiente. El uso de motores diesel se ha ido imponiendo sobre el de los motores de gasolina durante todo el siglo 21 a causa de los siguientes aspectos: mejor eficiencia térmica presentando valores máximos de un 48%, mayor durabilidad, menor consumo de combustible y disminución de ruido en el motor, entre las principales ventajas ante los motores de nafta. La estrategia principal, en el ámbito europeo, para reducir los gases contaminantes emitidos por los motores diesel es restringir la entrada en el mercado de los vehículos que rebasen los límites máximos de emisiones de escape establecidos en la norma europea.” Págs. 9-11.

En artículo de (Infante, 2007) indica que: “Daimler Chrysler añade que han logrado incrementar su potencia en un 50% y su torque en un 30%, además de haber conseguido una disminución en un 80% la producción de material particulado, una reducción al 70% de sus emisiones de NOx y un ahorro del orden de un 15% en el consumo de combustible” Págs. 77-78.

En el artículo por (Osnaya & Taboada , 2009) menciona que en: “El en período 2000 y 2005, la demanda de diesel creció a un ritmo de 2.4% por año en norte América. Se estima que los vehículos a motor a diesel aumentarán su demanda, el sistema por

acumulador common rail es más flexible que los sistemas convencionales por lo tanto proporcionan más suavidad, mejora el consumo de combustible, el rendimiento del motor y permite reducir los niveles de emisiones contaminantes reduciendo también el ruido.” Págs. 67-68.

(Hernández, 2006) en la tabla 1 se ilustra: “El incremento de ventas de automóviles turismo en los cinco años precedentes. Si se acepta como dato correcto que el patio vehicular diesel constituye un 90% del patio vehicular total, se puede elaborar una imagen de la creciente incidencia de la emisión de gases de escape en el ambiente a la par que una creciente demanda de nuevas aplicaciones para evitarlas.” Págs. 10-19.

Tabla 1.

Estadísticas mundiales en ventas coches turismo entre 2010 y 2014.

REGIONES/PAISES	AÑOS DE VENTAS DE AUTOMÓVILES				
	2010	2011	2012	2013	2014
AMÉRICA	19.730.927	21.579.013	23.676.520	25.034.824	25.480.009
PAÍSES NAFTA	14.203.961	15.597.614	17.526.688	18.764.508	19.907.715
CANADA	1.583.388	1.620.221	1.716.178	1.780.523	1.889.437
MÉXICO	848.354	936.780	1.024.574	1.100.542	1.176.305
ESTADOS UNIDOS	11.772.219	13.040.613	14.785.936	15.883.443	16.841.973
AMERICA CENTRAL & DEL SUR	5.526.966	5.981.399	6.149.832	6.270.316	5.572.294
ARGENTINA	698.404	883.350	830.058	963.917	613.848
BAHAMAS	3.200	3.000	3.500	2.800	2.500
BELIZE	250	300	400	410	400
BOLIVIA	11.000	14.000	21.000	22.400	30.900
BRAZIL	3.515.066	3.633.253	3.802.071	3.767.370	3.498.012
CHILE	303.360	356.183	362.331	397.643	353.525
COLOMBIA	285.000	295.000	285.000	286.800	314.100
COSTA RICA	24.000	34.000	36.000	36.200	42.100
CUBA	2.400	3.500	4.500	4.530	4.500
REPUBLICA DOMINICANA	21.000	21.000	21.000	21.300	24.400
ECUADOR	132.172	139.893	121.446	113.812	120.015
EL SALVADOR	7.000	8.000	11.000	11.400	11.800
GAUDELLOUPE	16.009	16.364	15.452	14.716	14.773
GUATEMALA	22.100	24.000	26.000	27.900	29.800
GUYANA	5.717	6.036	5.725	5.542	5.534
HONDURAS	9.000	10.000	11.000	12.000	11.600
JAMAICA	3.000	3.500	4.500	4.700	5.000
MARTINIQUE	15.286	15.325	13.576	13.018	13.351
NICARAGUA	6.000	6.000	8.000	9.300	9.400
PANAMÁ	38.000	44.000	48.000	48.300	52.200
PARAGUAY	19.000	30.000	30.000	30.600	31.000
PERÚ	120.800	150.037	190.761	201.326	187.081

CONTINÚA



PUERTO RICO	75.000	95.000	97.000	99.500	100.200
TRINIDAD	14.000	14.000	14.500	14.900	16.000
URUGUAY	55.000	54.969	56.459	61.054	56.548
VENEZUELA	125.202	120.689	130.553	98.878	23.707

Fuente: (OICA, 2015)

En el documento digital elaborado por (Matienzo, 2015) indica que: “Desde el año 2009 se comercializa automóviles con tecnología multijet II, una segunda generación del sistema de control electrónico diesel, que permite regular hasta ocho inyecciones por ciclo de combustión, mejorando los consumos de combustible, prestaciones y reduciendo el impacto ambiental, omitiendo los filtros de partículas de escape.”

Según la cámara de la industria automotriz ecuatoriana (CINAE, 2011) indica que: “La producción total de vehículos en el año 2010 alcanzó 76,252 unidades, con una participación en el mercado local de 47.21%. Según los datos de la producción de vehículos hasta el mes de abril del año 2011, se han producido 27,883 unidades.” Págs. 4-6.

En Ecuador en los vehículos diesel con sistemas CRDI se efectúa mantenimiento preventivo para el buen funcionamiento del motor, para el sistema common riel se realiza una prueba funcional de inyectores utilizando las herramientas adecuadas para trabajar con altas presiones del sistema, con equipos económicos.

En la página web de la Organización internacional de constructores de automóviles (OICA, 2015) menciona que: “En respuesta a la demanda de soluciones preventivas y correctivas provenientes de la ampliación del patio vehicular diesel algunos países limitan el contenido de azufre o planean hacerlo (UE: ahorra 50 ppm y 10 ppm para el año 2009; EE.UU.: ahora el 80% a 15 ppm, 100% en 2010; Japón ahora 50 ppm), pero los niveles de hasta 3000 ppm siguen siendo comunes en algunos países.” Pág. 3

(Hernández, 2006) hace referencia que: “La prueba que se aplica es la denominada ECE+EUDC o ciclo Europa, tiene como objetivo reproducir las condiciones típicas de conducción en ciudad y en carretera, la normativa define una evolución de velocidades que debe de seguir el vehículo, se repite cuatro veces un patrón de velocidades más bajas, que dura unos 200 segundos y se denomina ECE, seguido de una evolución de

velocidades más altas e unos 400 segundos denominada EUDC (Extra Urban Driving Cycle)” Pág. 19.

En la tabla 2, se presenta la evolución de los límites máximos de emisiones permitidas para los vehículos ligeros.

Tabla 2.

Evolución de los límites máximos de emisiones permitidas para los vehículos diesel ligeros. Unidades en g/km.

Euro	Año	NO _x	PM	CO	HC	HC+NO _x
I	1992	-	0.14	2.72	-	0.97
II (IDI)	1996	-	0.08	1.0	-	0.70
II (DI)	1999	-	0.10	1.0	-	0.90
III	2000	0.50	0.05	0.64	-	0.56
IV	2005	0.25	0.025	0.50	-	0.30

Fuente: (Hernández, 2006)

1.3. Análisis crítico

En el mercado nacional existen bancos de pruebas de inyectores CRDI a elevados precios, sumando los impuestos a equipos de diagnóstico importados dificultando la adquisición de herramientas para una evaluación correcta para el sistema CRDI.

El mantenimiento de los equipos influye también en la inversión de los equipos de diagnóstico, las cuales deben de tener una constante revisión y adecuado control en aquellas partes que hayan entrado en contacto con los líquidos.

La falta de capacitación para el personal técnico, es uno de los principales problemas para el mantenimiento adecuado del sistema por acumulador de presión de inyección directa (CRDI), lo que dificulta el diagnóstico al momento de dar una solución.

1.4. Prognosis

A consecuencia de actual incremento vehículos y equipos a diesel, los sistemas de alimentación tradicionales, han sido sustituidos por el riel común siendo estos la respuesta al problema de alto consumo de combustible en motores de combustión

interna y su contaminación. Pero a su vez volviéndose más complejo para el técnico automotriz lo que conlleva a estar a la vanguardia en la tecnología y bien capacitado para brindar un óptimo servicio.

(Coral de la Cadena, 2013) señala que: “En un futuro los sistemas por common rail podrán regular presiones más elevadas a los 2000 bar y controlar el momento de inyección, con varias inyecciones en un mismo ciclo, como lo es la segunda generación el multijet II. Los sistemas CRDI va a ir desplazando a los tradicionales sistemas mecánicos constituyéndose en una alternativa de reducción de emisiones contaminantes, aumento de potencia y desarrollo de nuevos equipos de diagnóstico.” Pág. 94.

1.5. Planteamiento del problema

El cambio de la matriz productiva, promueve a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, a realizar proyectos sostenibles, en el cual se fomente el desarrollo nacional a través de investigaciones. En el área automotriz se requiere bancos de pruebas para el mantenimiento y evaluación del estado de funcionamiento de los inyectores CRDI en un proceso de diagnóstico del vehículo.

La innovación tecnológica en los diferentes sistemas de inyección electrónica diesel, el incremento de vehículos con sistemas CRDI, la falta de personal técnico especializado en estos sistemas, promueve la necesidad de implementar investigaciones sobre sistemas de activación y control de inyectores de los diferentes sistemas CRDI (Inyección Diesel de Riel Común).

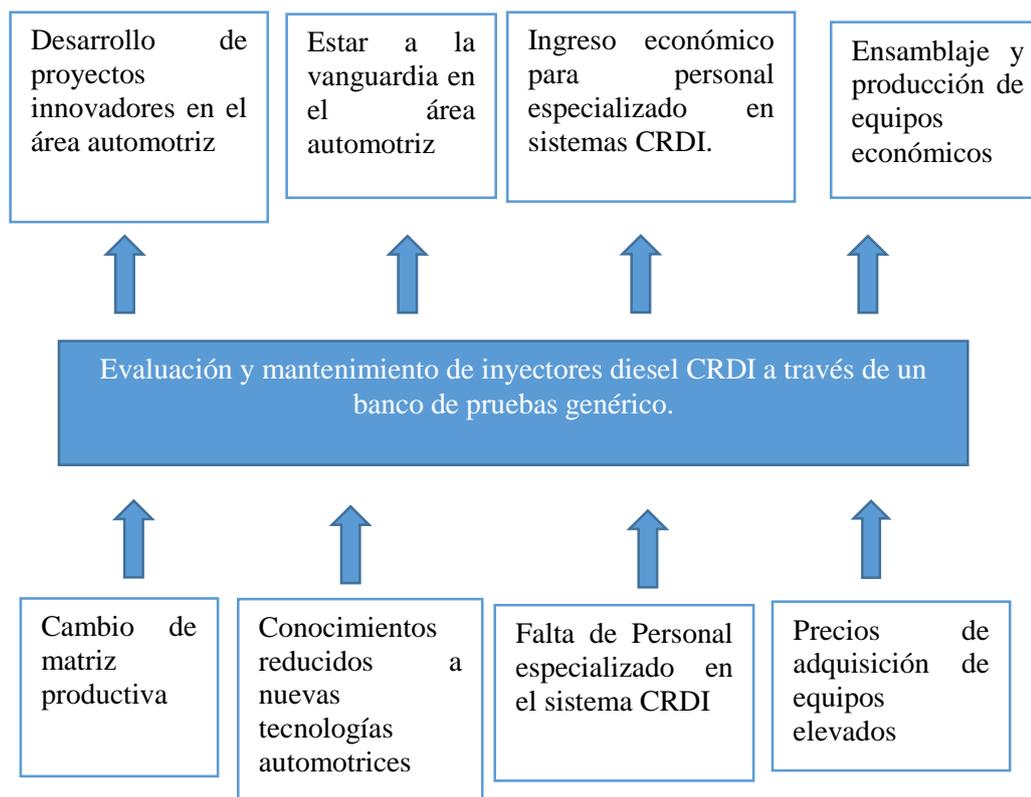


Figura 1: Diagrama de causa y efecto

1.6. Justificación e importancia

Los bancos de pruebas de los sistemas Common rail se encargan de verificar el estado técnico y funcional del sistema, realizando pruebas como: la medición de entrega de caudal de inyección y retorno a cada cilindro en cualquier régimen de velocidad, comprobación y ajuste de la presión de apertura de los inyectores, evaluación del haz de rociado para comprobar su forma y pulverización, control de estanqueidad y vibración.

(Coral de la Cadena, 2013) indica que: "Los sistemas CRDI han mejorado el rendimiento del motor hasta en un 25%, y disminuye el ruido del mismo en un 40% según algunos estudios. Esto da la potencia del vehículo y muestra que la tecnología avanza para los vehículos a diésel. Estos motores obtienen mayor desempeño con un desarrollo óptimo, y una eficiencia mucho mayor por el aumento de la presión en el diseño de Common-rail. El ahorro en el costo del combustible puede ayudar a recuperar la inversión con el tiempo". Pág. 80

1.7. Descripción resumida del proyecto

La investigación del sistema de activación y control de inyectores CRDI, consideró la búsqueda de fuentes bibliográficas relacionadas con sistemas de inyección directa de conducto común (common rail).

Para la metodología de investigación se amplió varios métodos y técnicas de carácter científico, en la aplicación sistemática del proceso de investigación para dar solución al problema identificado generando un resultado teóricamente válido.

Se realizó una indagación en el campo automotriz, acerca de las diferentes marcas y modelos que utilizan el sistema electrónico CRDI, considerando los elementos mecánicos, electrónicos para activar los inyectores electromagnéticos y piezoeléctricos, el circuito controla el alto voltaje para activar inyectores Bosch/Siemens y generar bajos voltajes para accionar inyectores Denso/Delphi con modulación de ancho de pulso pwm.

Se generó un protocolo de pruebas para establecer el desempeño mecánico y eléctrico de las diferentes marcas de inyectores crdi para obtener información relevante procesarla la duración de las pruebas de funcionamiento de los inyectores tales como: estanqueidad, pulverización, entrega de caudal y retorno de combustible en diferentes condiciones de trabajo estableciendo parámetros característicos de los inyectores ya sean piezoeléctricos e inductivos.

1.8. Objetivos

1.8.1. Objetivo general

- Establecer los parámetros del sistema de activación y control de inyectores diesel para riel común CRDI para efectuar un diagnóstico eficiente de estos componentes.

1.8.2. Objetivos específicos

- Consultar e investigar en fuentes bibliográficas confiables, bases digitales, bibliotecas virtuales, artículos científicos.
- Investigar de acuerdo a marcas y modelos de vehículos que existen en nuestro medio al tipo de sistemas CRDI disponen.

- Determinar parámetros de operación del sistema como: voltaje, corriente, tipo de activación, presión para establecer el diseño del sistema de control y activación del sistema CRDI.
- Diseñar, seleccionar elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos para el sistema hidráulico y de control de activación de los inyectores CRDI.
- Desarrollar pruebas de caudal, ángulos de pulverización, presión de inyección y pruebas retorno de sistemas CRDI.
- Desarrollar el manual de usuario del equipo.

1.9. Metas

- Construir el equipo de activación y control de inyectores CRDI que abarque el 80% de los sistemas de inyección tipos que se utilizan en el medio.
- Diagnosticar con un 90% de eficiencia el estado de inyectores CRDI.
- Estimar tiempos de control y activación de al menos tres modelos de inyectores de CRDI.

1.10. Hipótesis

El sistema de activación y control de inyectores diesel riel común, para distintos tipos y modelos utilizados en el mercado nacional, permitirá diagnosticar de manera eficiente el estado mecánico y electrónico de los actuadores de combustible CRDI.

1.11. Variables de investigación

1.11.1. Variable independiente

Sistema de activación y control de inyectores CRDI.

1.11.2. Variable dependiente

Diagnóstico de inyectores diesel riel común CRDI.

1.11.3. Operacionalización de variables.

a) Variable independiente

En la tabla 3 se muestran las variables de investigación independientes aplicando técnicas de medición, experimentación y matematización para lo cual se debe utilizar los equipos necesarios para determinar una muestra real.

Tabla 3.

Operacionalización de variable independiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Técnicas	Instrumentos	unidad
Sistema electrónico que controla la activación de inyectores diesel con sistema CRDI.	Académica	Número de placas de activación y control Señales de activación de inyectores CRDI	Medición Experimentación Matematización	Osciloscopio Multímetro Ecuaciones	V-ms Ω A
	Técnica	Pruebas para realizar la evaluación del sistema	Mediciones Experimentación	Probetas Osciloscopio	ml ms [v] [A]

b) Variable dependiente

Tabla 4.

Operacionalización de variable dependiente.

Concepto	Categoría	Indicadores	Técnicas	Instrumentos	unidad
Evaluación del desempeño mecánico y electrónico de inyectores crdi para determinar su funcionamiento	Académica	Generación de presión de 0-1000 Bar Tolerancia de variación de caudal +/- 10 %	Mediciones Experimentación Matematización	Manómetro Válvula de sobrepresión	Bar Psi
	Técnica	Reprogramación de ciclos de trabajo a distinto régimen	Mediciones Experimentación Matematización	Manómetro y Módulo de control	V Ω A

1.12. 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, graficas en el osciloscopio de las curvas de inyección y con los parámetros establecidos de las variables de investigación, la

información que se va recolectando para su posterior diseño y cuantificación de resultados.

(Ruiz, 2007) menciona que: “Para la investigación se utiliza diversos métodos y técnicas generales para las diversas ramas de la ciencia, para el proceso 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”. Págs. 13-17.

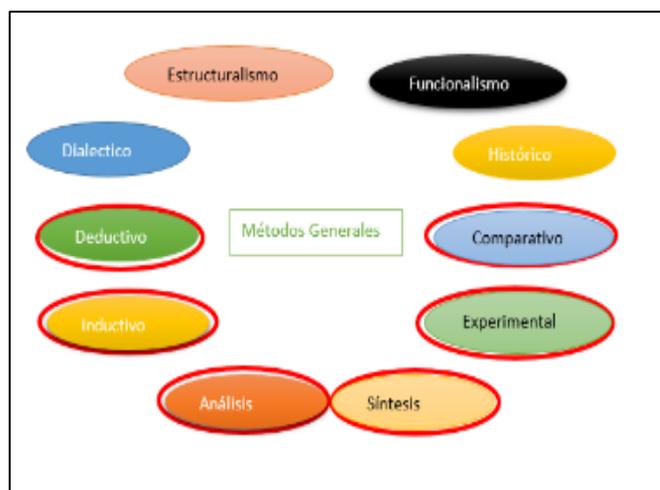


Figura 2: Métodos generales de la investigación.

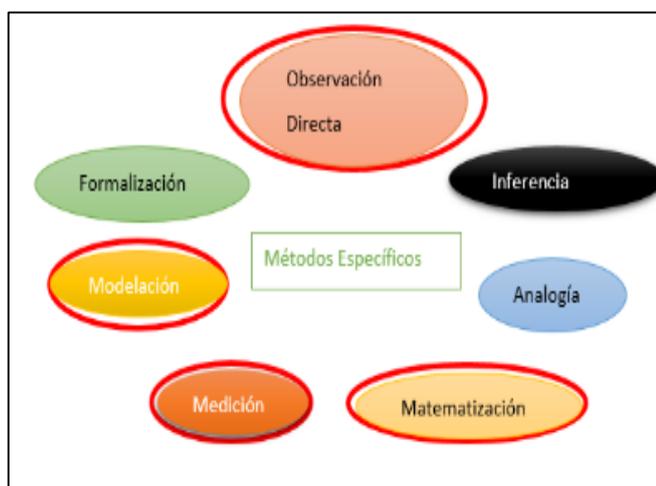


Figura 3: Métodos específicos de la investigación

1.12.1. Método experimental

Resulta del desarrollo y la técnica del conocimiento humano, realizando pruebas y ensayos para obtener valores preestablecidos en los tiempos de apertura y cierre del inyector de sistemas CRDI con el objetivo de tener un análisis de resultados adecuado que ayude al técnico a diagnosticar de la manera más eficiente para dar una solución al problema.

1.12.2. Método inductivo

Es el razonamiento partiendo de casos particulares, se eleva a conocimientos generales, en base a la experimentación con el objetivo de observar fundamentos de las demostraciones estudiadas.

El control de la pre inyección nos ayuda a reducir los ruidos en el motor mientras que la postinyección a disminuir las emisiones contaminantes producidas al momento de la combustión.

1.12.3. Método deductivo

Procedimiento que se realiza a través de afirmaciones generales para encontrar variables desconocidas con principios teóricamente conocidos, para explicar dicho fenómeno, la deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.

A partir de las mediciones que se realizó a los inyectores electromagnéticos y piezoeléctricos, se efectuó una comparación modificando los tiempos de apertura y cierre con una variación de los picos inductivos en el osciloscopio, y consumo de corriente.

1.12.4. Método analítico

Se diferencian los elementos que se van a examinar y se procede a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado. Para resolver de la mejor manera posible. Organizando los objetos más complejos a ser estudiados a principios más simples.

Se realizó el análisis sistemático a través de pruebas con instrumentos de medición como osciloscopio, voltímetro, amperímetro. Variando los tiempos en la programación y la presión en el sistema, observando valores a baja, media y alta carga.

1.12.5. Método de síntesis

Direccionar con criterio y orden los conocimientos más sencillos hasta llegar a la preparación más compleja, con las conclusiones obtenidas en los resultados tabulados de las pruebas realizadas.

En el transcurso de las diferentes pruebas, se estableció distintos ensayos para observar que sucedía con el inyector a prueba, estableciendo más ciclos en una inyección para una mejor combustión y una mayor reducción de gases de escape nocivos.

1.12.6. Método de la medición

Para formular los resultados de los conceptos cualitativos y comparativos, es necesario la asignación de valores numéricos a dichas propiedades. En el proyecto se adjunta los valores obtenidos de manera numérica, como manera práctica con instrumentos de medición observando así si existe algún tipo de variación.

1.12.7. Método matemático

Se aplica la investigación que detalle una estadística de números y relaciones constantes, diversidad de comprobaciones para tomar en cuenta para afirmar o negar una teoría, en el proyecto se obtiene mediciones para calificar los resultados establecidos para el correcto funcionamiento de los inyectores disminuyendo probabilidades de error.

CAPÍTULO II

2. INTRODUCCIÓN AL SISTEMA ELECTRÓNICO DE INYECCIÓN DIRECTA DIESEL COMMON RAIL.

2.1. Características del sistema common rail

(Bosch, 2005) menciona que: “Los sistemas de inyección directa diesel a diferencia de los sistemas convencionales, no poseen bombas de inyección lineal o rotativa, que se encargaban de proporcionar combustible a alta presión hacia los inyectores. El sistema genera presión constante en un conducto común, esta alta presión llega a todos y cada uno de los inyectores del motor, los cuales son comandados por la unidad de control electrónica para abrir o cerrar la aguja del inyector” Pág.10-11

En el manual (Denso , 2004) indica que: “La generación de presión y el control de inyección son independientes, la ECU controla la cantidad y el calado de inyección con un alto grado de precisión, es incluso posible múltiples inyecciones de combustible en una sola carrera de inyección, con ello garantiza una presión de inyección estable a cualquier régimen del motor, como consecuencia las emisiones de gases de escape son menores y más limpias consiguiendo un mayor rendimiento del motor.” Pág. 7

En el manual de (Cise Electronics , 2010) señala que: “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 combustible que pasa a ser comprimido en la parte de alta presión, estructura de regulación, retorno y el sistema de control y activación de inyectores crdi.” Pág. 12.

2.2. Sistema common rail

El sistema de inyección Common Rail, ha sido diseñado para obtener:

- Reducción del ruido.
- Reducción de las emisiones contaminantes.
- Reducción del consumo de combustible.
- Aumento de las prestaciones.



Figura 4: Componentes del sistema Common rail “Bosch”

Fuente: (Bosch, 2005)

2.2.1. Reducción del ruido

En el manual (Delphi , 2007) refiere que: “El ruido de combustión resulta del aumento rápido de la presión en el cilindro, este aumento de presión se debe a una inflamación elevada de la mezcla aire/combustible. El aumento de la presión del cilindro durante la inflamación del combustible, provoca un ruido de combustión más o menos elevado en función de la cantidad inyectada previamente, para disminuir el ruido de combustión, hay que reducir el tiempo de inflamación, la disminución de este plazo pasa por un aumento de la temperatura y de la presión en el cilindro, se puede controlar por distintos métodos: disminución de la cantidad inyectada, aumento de inyecciones previas y posteriores, precalentamiento de la cámara de combustión, recalentamiento del aire de sobrealimentación.” Pág. 17.

2.2.2. Combustión

En el manual (Delphi , 2007) afirma que “La mezcla aire/carburante en un motor diesel es más homogénea ya que la inyección del gasóleo empieza un poco antes de la inflamación. Si el exceso de aire es demasiado bajo, las emisiones contaminantes aumentan. Algunos motores diesel vienen ya equipados con sonda lambda (λ)”. Pág. 19.

2.2.3. Normas Euro

En el manual (Denso, 2004) refiere que: “A nivel mundial hay una importante necesidad de mejorar el combustible con el fin de prevenir el calentamiento global y reducir las emisiones de gases contaminantes. En Europa son muy utilizados los vehículos a diesel por su economía y sus mayores prestaciones por otra parte los óxidos

de nitrógeno (NOx) y las macropartículas (PM), deben ser reducidas en los gases de escape para cumplir con las regulaciones.

Las normas Euro presentan algunas exigencias en vehículos diesel como:

- Reducir los gases de escape (NOx, PM, monóxido de carbono (CO), hidrocarburo (HC) y humo).
- Mejorar la economía del combustible
- Reducir el ruido
- Mejorar el rendimiento y el ejercicio de la conducción”. Págs. 5-6.

En el manual (Denso, 2004) indica que: “Las normas Euro presentan cambios progresivamente para reducir las emisiones de PM y NOx que son perjudiciales para la salud humana. Las exigencias que se impone en los vehículos diesel, el sistema de inyección de combustible juega un papel importante porque afecta directamente al rendimiento del motor y del vehículo.” Pág. 6.

En la figura 5 muestra las PM y NOx permitidas en Europa y Norteamérica para vehículos diesel comprendida entre los años 2004 -2008.

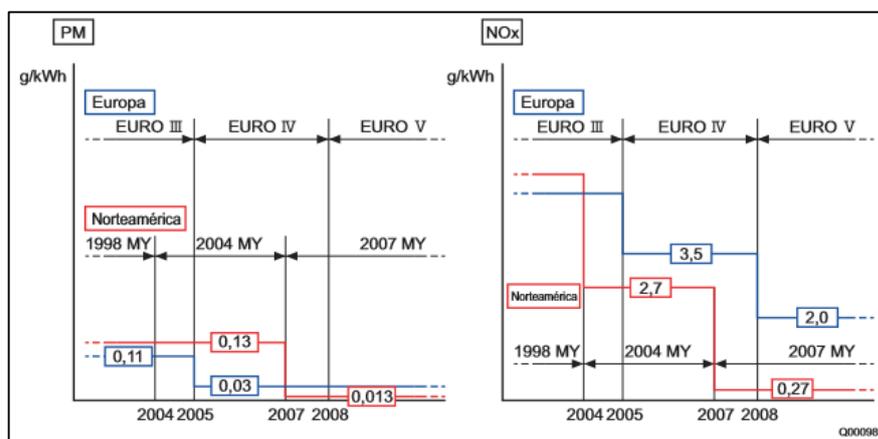


Figura 5: Normas Euro

Fuente: (Denso, 2004)

En el manual (Delphi , 2007) menciona que: “Las normas se expresan en gramos por kilómetro (g/km), estas normas están en vigencia desde 1992 (EURO 1) y son actualizadas, por término medio, cada 4 años.

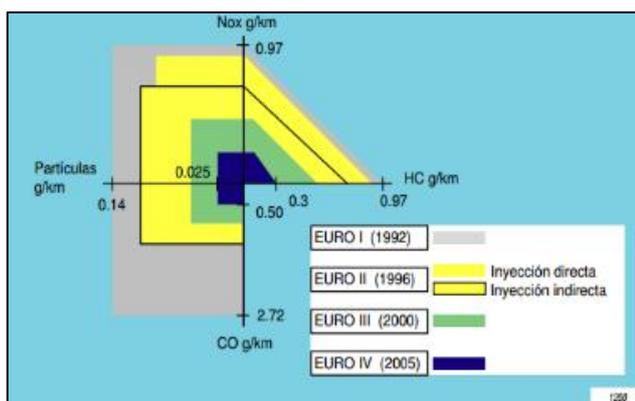
La tabla 5 presenta los parámetros y valores establecidos para regular la contaminación en vehículos diesel:

- Los óxidos de nitrógeno (NOx).
- Las partículas. (PM)
- El monóxido de carbono (CO).
- Los hidrocarburos no quemados (HC).” Pág. 21.

Tabla 5.**Normas Euro**

Normas (g/km)	Euro1	Euro2	Euro3	Euro 4	Euro 5	
Motorizaciones	Diesel	IDI Diesel	DI Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
HC+NOx.	0.97	0.7	0.9	0.56	0.3	0.23
++Circ. Ab.	2.72		1	0.64	0.5	0.5
PM	0.14	0.08	0.1	0.05	0.025	0.005
NOx	Sin normas	Sin normas		0.5	0.25	0.18

Fuente: (Denso, 2004)

**Figura 6: Emisiones de gases en g/Km.**

Fuente: (Delphi , 2007)

2.2.4. Los óxidos de nitrógenos NOx.

En el manual (Delphi , 2007) indica que: “Los NOx se producen por la oxidación del nitrógeno del aire, esta reacción sólo se produce a muy alta temperatura cuando hay exceso de aire, para limitar las emisiones de óxidos de nitrógeno, se utiliza dispositivo llamado EGR (recirculación de gases de escape) que permite enviar hacia la admisión una parte de los gases quemados para limitar la cantidad de aire fresco admitido en el motor, si la cantidad es demasiado baja, la eficacia del sistema no es optimizada, en caso contrario, se constata un aumento de los humos, de los hollines y de las inestabilidades del motor debidas a la falta de aire fresco. Para favorecer la reducción de los NOx en el

catalizador se inyecta pues una pequeña cantidad de gasóleo justo antes de la abertura de la válvula de escape, a esta operación se la llama postinyección.” Pág. 23.

2.2.5. Las partículas PM

En el manual (Delphi , 2007) señala que: “Una mezcla demasiado rica por la falta de aire no permite una combustión completa y una mala pulverización del carburante en la cámara de combustión, y la formación de partículas conocidas como hollín, el tamaño de las gotas es directamente proporcional al tiempo de vaporización, la parte central de la gota no tendrá tiempo de vaporizarse, bajo el efecto de la altísima temperatura que reina en la cámara de combustión, las moléculas de carburante no vaporizadas sufren un cracking. Este fenómeno físico produce compuestos carbonosos muy duros que constituyen los hollines y otras partículas características de los motores diesel. Pág. 23.

2.2.6. Los hidrocarburos no quemados HC.

En el manual (Delphi , 2007) asegura que “los HC resultan de una falta de oxígeno local o de una inyección del carburante en zonas frías de la cámara de combustión, las cámaras de combustión toroidal y los nuevos sistemas de admisión combinadas con la inyección directa permiten obtener un tipo de turbulencias muy elevado que garantiza un muy buen reparto del carburante en la cámara de combustión, se evita así la formación de las zonas ricas donde nacen los residuos no quemados una cámara de combustión compacta cuyas paredes son suficientemente cálidas para evitar la formación de residuos no quemados.” Pág. 23.

2.2.7. El monóxido de carbono CO

En el manual (Delphi , 2007) menciona que: “El monóxido de carbono resulta de la oxidación incompleta del carbono contenido en el gasóleo, esta oxidación incompleta es la consecuencia de una combustión que se desarrolla global “o localmente en mezcla rica, el motor diesel funciona con un exceso de aire importante, las emisiones de CO quedan pues reducidas. Es posible reducirlas más eliminando las zonas ricas de la cámara de combustión para ello, es necesario optimizar la aerodinámica interna de la cámara de combustión para generar un tipo de turbulencias muy elevado.” Pág. 23.

2.3. Reducción del consumo

En el manual (Delphi , 2007) determina que: “La reducción del consumo se obtiene mejorando el control de la combustión, es decir, adaptando el coeficiente de aire, el caudal inyectado, el avance y la presión de inyección. El sistema common rail aporta una flexibilidad de utilización que permite ajustar con precisión el caudal inyectado, el avance, el grado de introducción y la presión de inyección en función de las necesidades del motor para todas las condiciones de funcionamiento.” Pág. 25.

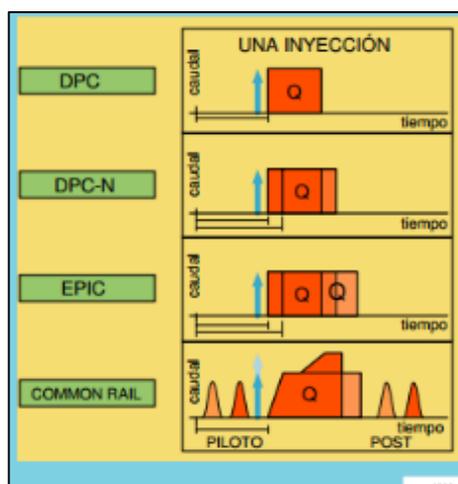


Figura 7: Particularidades de los diferentes sistemas Delphi

Fuente: (Delphi , 2007)

Tabla 6.

Diferentes sistemas de inyección

Tipo de inyector	Avance	Cantidad inyectada	Número de inyecciones
DPC	Fijación mecánica	Fijación mecánica	1
DPC-N	Gestión electrónica	Fijación mecánica	1
EPIC	Gestión electrónica	Gestión electrónica	1
COMMON RAIL	Gestión electrónica	Gestión electrónica	5

Fuente: (Delphi , 2007)

2.4. Aumento de las prestaciones

En el manual (Delphi , 2007) argumenta que: “El aumento del par de bajo régimen necesita inyectar una fuerte cantidad de carburante desde los regímenes más bajos. La cantidad inyectada es proporcional a la duración de inyección y a la presión de

inyección. Para aumentar el caudal, hay que aumentar pues la presión de inyección ya que el tiempo disponible para inyectar el carburante en el cilindro es limitado.” Pág. 27.

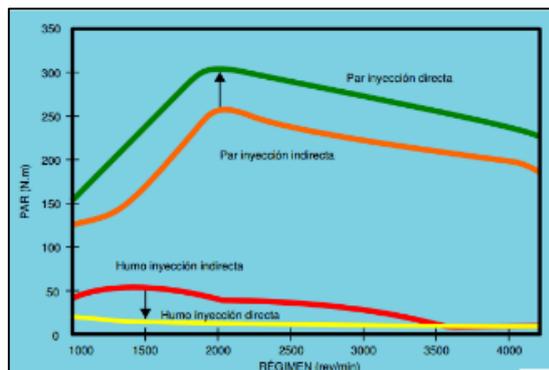


Figura 8: Aumento de prestaciones

Fuente: (Delphi , 2007)

2.5. Funcionamiento del sistema

(Bosch, 2005) recalca que: “En el sistema de inyección por acumulador common rail se encuentran separadas la generación de presión y la inyección, la presión de inyección se genera independiente del régimen del motor y del caudal de inyección, el sistema de regulación de electrónica diesel (EDC) controla cada uno de los componentes”. Pág. 6.

En el manual (Delphi , 2007) define que: “La ECU (unidad electrónica de control) inspecciona la inyección (caudal, avance, inyección múltiple) y la presión del raíl en función de las condiciones de funcionamiento del motor. La ECU asegura también el control de las funciones anexas tales como la EGR (recirculación gas de escape), el precalentamiento, el aire acondicionado.” Pág. 29.

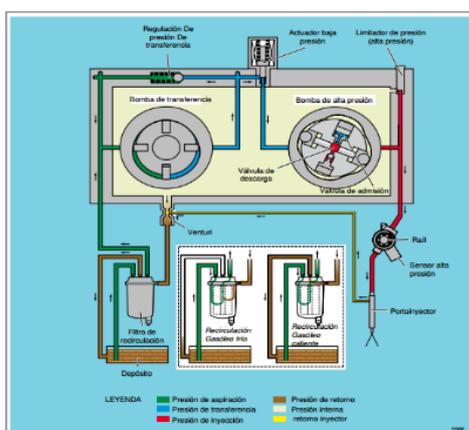


Figura 9: Circuito Hidráulico Common Rail

Fuente: (Delphi , 2007)

2.5.1. Generación de presión

La presión de inyección se genera mediante una bomba de alta presión accionada continuamente por el motor, el combustible sometido a presión se encuentra disponible para la inyección en el conducto común.

2.5.2. Regulación de la presión

(Bosch, 2005) establece que: “Mediante la válvula reguladora de presión del lado de alta presión, refluye al circuito de baja presión el combustible excedente para la inyección. Esta regulación permite obtener una rápida adaptación de la presión existente en el conducto común, para cualquier estado de servicio del motor; a distinto régimen.” Pág. 6.

En el manual (Daimler Chrysler, 2004) señala que: “Para la regulación de la presión del riel se modifica el tamaño de la sección de salida en la válvula reguladora, de acuerdo al momento de servicio y presión nominal de combustible, la unidad de control activa la válvula reguladora y regula la presión entre 250 bares y 1350 bares, el régimen de retención es necesario, para reducir la presión en el rail, mediante la apertura de la válvula reguladora de presión.” Pág. 21

2.5.3. Regulación de caudal

(Bosch, 2005) indica que: “La bomba de alta presión suministra el combustible al conducto común y la unidad de dosificación que se encuentra en la bomba regula del lado de aspiración, el caudal necesario para mantener la presión de inyección precisa para el sistema. Una válvula limitadora de presión, evita que se produzca una elevada fuerza hidráulica del conducto común, con la regulación del caudal en el lado de aspiración es menor el volumen al lado de alta presión y con ello también el consumo de potencia de la bomba.” Pág. 7.

En el manual (Daimler Chrysler, 2004) menciona que: “Debido a que sólo se comprime el caudal de combustible necesitado, resulta sólo un caudal de retorno pequeño, mejorando el grado de rendimiento de la bomba de alta presión y es baja la temperatura del combustible en el retorno, para la rápida reducción de presión en

régimen de retención, se cierra la válvula reguladora de caudal y se reduce a presión del rail mediante la apertura de la válvula reguladora de presión.” Pág. 22

2.6. Inyección

En el manual (Bosch, 2006) señala que: “Los inyectores pulverizan el combustible directamente en la cámara de combustión del motor. La unidad de control del motor controla la válvula de mando integrada en el inyector, encargada de la apertura y el cierre de la aguja del inyector.” Pág. 21

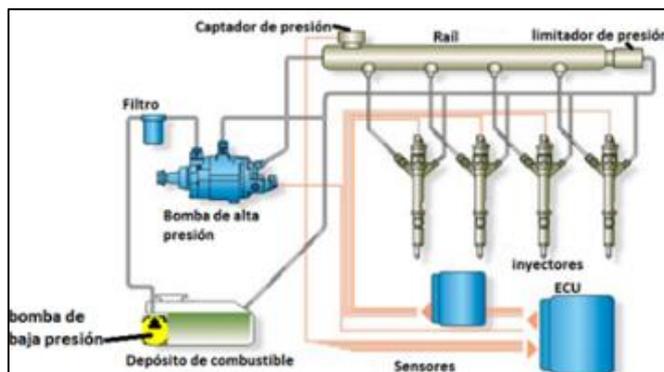


Figura 10: Esquema del sistema Common Rail

Fuente: (Bosch, 2006)

2.7. Alimentación de combustible

(Bosch, 2005) define que: “El depósito de combustible aloja a la bomba eléctrica o mecánica, la cual suministra el gasóleo y eleva la presión de 4 a 6 bares, enviándolo a través del filtro hacia la bomba de alta presión, la bomba de alta presión suministra el combustible necesario al conducto común, a una determinada presión al sistema de inyección para cualquier régimen de fuerza del motor. Los inyectores son activados y desactivados por el módulo de control electrónico”. Pág. 10.

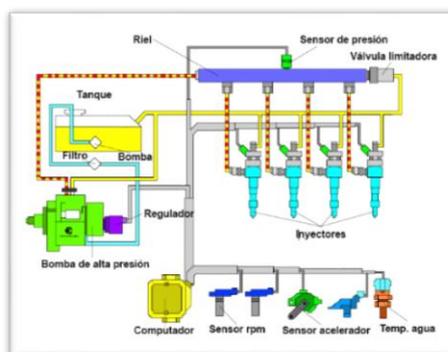


Figura 11: Sistema de alimentación de combustible.

Fuente: (Bosch, 2006)

2.8. Sistema de baja presión

En el manual (Kia Motors, 2005) nos indica que: “El circuito de baja presión para línea de retorno tiene dos funciones principales recibir el flujo de la línea de retorno de la bomba y desviarla de vuelta hacia el tanque Recibir el flujo de la línea de retorno del inyector. Esta función es ayudada por un tubo Venturi para crear un vacío en la línea de retorno.” Pág.7

2.8.1. Bomba de combustible del depósito

(Bosch, 2005) define que: “Con el funcionamiento del motor, la bomba que está integrada en el depósito de combustible es accionada, la cual suministra el gasóleo al circuito de baja presión continuamente, la bomba succiona diesel hacia el filtro y alimenta la bomba de engranaje que está alojada a la bomba de alta presión”. Pág. 20

En el manual de (Bernal , 2007) menciona que: “La bomba eléctrica presuriza el combustible de 4 a 8 psi durante la marcha mínima del motor, el combustible va en línea a la carcasa del filtro secundario. El regulador de presión el mecanismo libera presión de 2.5 a 3.5 psi de la línea de presión, para retornar el combustible al depósito.” Pág. 102-103.

En el manual (Daimler Chrysler , 2004) señala que: “El combustible que retorna es refrigerado por el inconveniente que se calienta mucho por la bomba de alta presión que aspira el gasoil a través de la válvula reguladora de presión”. Pág. 39

En el manual (Delphi , 2007) señala que “Un primer nivel de bombeo, llamado bomba de transferencia, aspira el combustible a partir del depósito del vehículo, a través del filtro, y lo envía hacia la bomba principal a una presión, llamada presión de transferencia.” Pág. 37



Figura 12: Bomba de transferencia

Fuente: (Bosch, 2006)

(Bosch, 2005) indica que: “En la parte superior del filtro posee un calentador eléctrico o mecánico, es accionado por un relé localizado en el cabezal del filtro, calentando el combustible a través del módulo de control electrónico. Pág. 24



Figura 13: Filtro de combustible

Fuente: (Bosch, 2006).

En el manual (Delphi , 2007) manifiesta que: “El filtro tiene como función proteger el sistema common rail, separando y almacenando las impurezas y el agua del gasóleo para evitar cualquier contaminación del sistema, evacuando el aire presente en el circuito de carburante, adaptarse a todas las configuraciones, el filtro debe poder funcionar tanto en presión como en depresión.” Pág.121

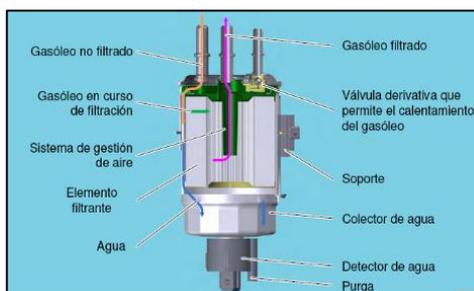


Figura 14: Partes del filtro de combustible

Fuente: (Delphi , 2007)

2.8.2. Bomba de transferencia

(Bosch, 2005) define que: “La bomba mecánica es la que mantiene a la bomba de alta presión siempre alimentada en cualquier condición, está directamente alojada a la bomba de alta presión o en el bloque del motor y accionada por el eje, el caudal de suministro es aproximadamente proporcional al número de revoluciones del motor”. Pág. 22

En el manual (Delphi , 2007) argumenta que: “La depresión generada por la rotación de la bomba de transferencia es suficiente para aspirar el gasóleo a través del filtro, el movimiento de giro se efectúa por el eje de la bomba de alta, la presión de transferencia

aumenta pues en función del régimen motor, una válvula de regulación permite mantener la presión de transferencia a un valor casi constante (aproximadamente 6 bar).” Pág. 37.

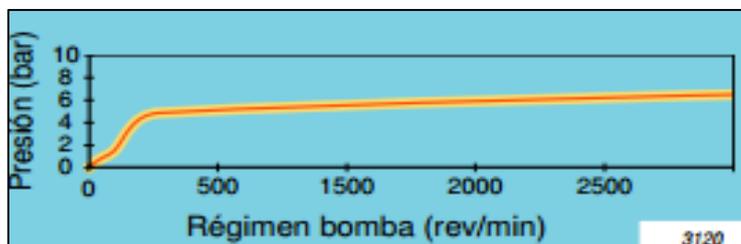


Figura 15: Presión de transferencia

Fuente: Manual Delphi

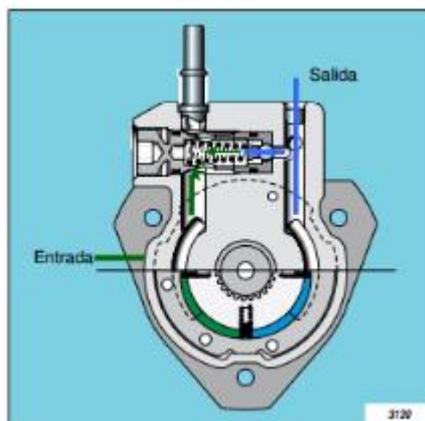


Figura 16: Bomba de transferencia

Fuente: (Delphi , 2007)

2.8.3. Funcionamiento

(Bosch, 2005) menciona que: “En la carcasa se encuentran dos engranajes que son accionados por el eje motor, el combustible es succionado entre los lóbulos y a través de las cámaras para luego ser conducido al lado de generación de presión, el diseño de los lóbulos de engranaje evita el reflujo de combustible.” Pág.20

Tabla 7.

Características de la bomba de transferencia

Bomba de transferencia						
Presión de regulación	de	Caudal mínimo 300 rev/min	Caudal máximo 2500 rev/min	Volumen mezclado	Capacidad de aspiración 100 rev/min	
6 bar		90 l/h	650 l/h	5,6 cm ³ /rev	65 mbar	

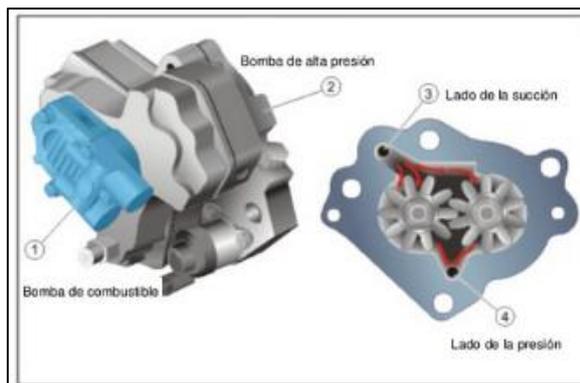


Figura 17: Bomba de alimentación

Fuente: (Volvo, 2005)

En el manual (Delphi , 2007) hace mención que: “La presión de transferencia está regulada por un dispositivo mecánico, llamado regulador de presión de transferencia, que está constituido por un simple conjunto pistón/muelle que descubre más o menos los orificios de paso del diesel.” Pág.37

2.9. Sistema de alta presión

El sistema de alta presión está dividido en tres secciones, generación de presión, acumulador de presión, dosificación del combustible.

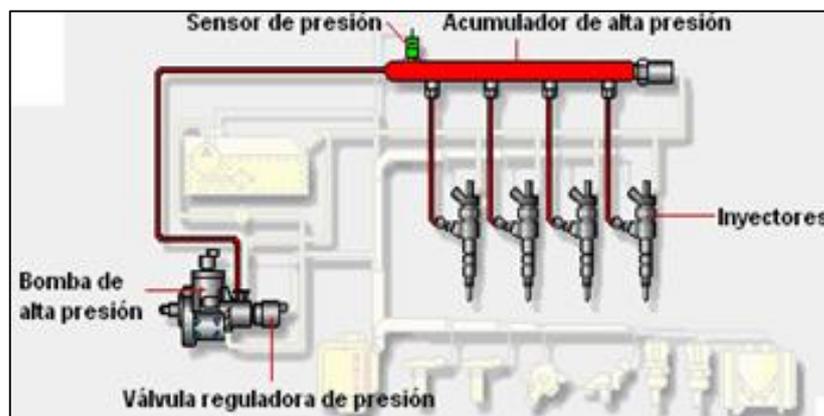


Figura 18: Circuito de alta presión.

Fuente: (Bosch, 2005).

2.9.1. Bomba de alta presión

(Bosch, 2005) especifica que: “La bomba genera la presión necesaria para la pulverización del combustible, para elevar la presión posee tres pistones ubicados a 120° entre sí, está conectada la bomba de engranajes y la válvula reguladora de presión, para

que los inyectores garanticen una inyección correcta respecto al momento y volumen de inyección” Pág. 26



Figura 19: Bomba de alta presión.

Fuente: (Bosch, 2006)

2.9.2. Succión

(Bosch, 2006) indica que: “El movimiento descendente del elemento genera un aumento de volumen de la cámara de compresión, la presión de combustible se pasa dentro de la cámara de compresión, el combustible proveniente fluye de la bomba de engranaje a través de la válvula de admisión para la cámara de compresión”. Pág. 13

En el manual (Delphi , 2007) menciona que: “La ECU determina el valor de la corriente que hay que enviar a la bobina para obtener la sección de paso requerida para alcanzar la presión solicitada en función de las condiciones de funcionamiento del motor. Cuando la demanda de presión disminuye la corriente aumenta e inversamente.” Pág. 45

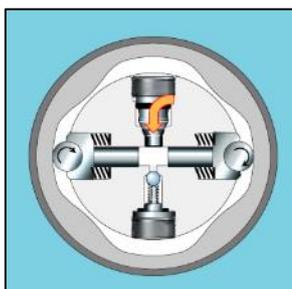


Figura 20: Fase de aspiración

Fuente: (Delphi , 2007)

2.9.3. Bombeo

(Bosch, 2006) indica que: “El movimiento ascendente del pistón-bomba, la presión aumenta en la cámara de compresión, el disco es comprimido hacia arriba y la válvula de entrada es cerrada. La presión de combustible en la cámara de compresión excede la presión en la cámara de presión, la válvula se abre y el combustible es liberado para el circuito de alta presión.” Pág. 14

2.9.4. Curva de presión máxima

En el manual (Delphi , 2007) menciona que “el tiempo necesario para alcanzar una presión en el riel suficiente para arrancar, depende del volumen del sistema de inyección, el objetivo es poder alcanzar la presión de 200 bar en 1,5 revoluciones.” Pág. 47.

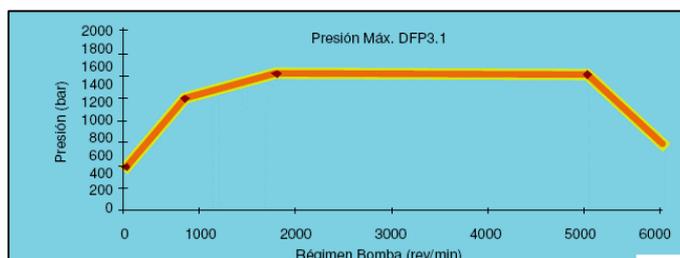


Figura 21: Presión de la bomba a diferentes revoluciones.

Fuente: (Delphi , 2007)

2.9.5. Riel acumulador de presión

(Bosch, 2006) señala que: “El acumulador de presión es un tubo fabricado de acero forjado. Tiene la función de almacenar combustible exigido para la inyección para todos los cilindros sobre alta presión, las oscilaciones de presión generadas por la bomba de alta son disipadas en el riel” Pág. 17

En el manual (Daimler Chrysler , 2004) especifica que: “El volumen de combustible acumulado sirve adicionalmente como amortiguador de las ondas de presión, que se producen por la alimentación pulsante de combustible de la bomba de alta presión y por la extracción de combustible brevemente grande, durante la inyección. Pág. 43



Figura 22: Riel acumulador de presión

Fuente: (Kia Motors, 2005)

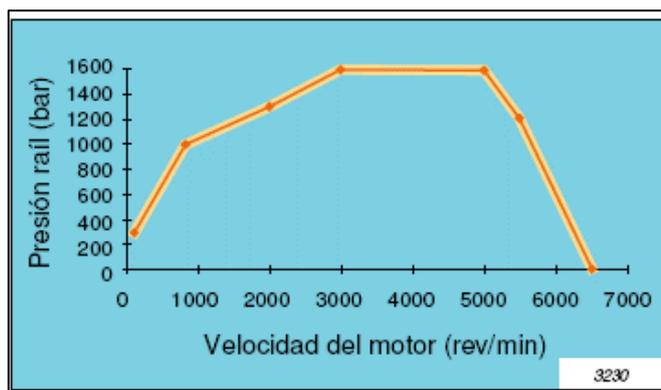


Figura 23: Curva de presión en función de la velocidad del motor

Fuente: (Delphi , 2007)

2.9.6. Sensor de presión ICP

En el riel se encuentra instalado el sensor de presión, llamado por lo general de dos formas:

ICP: Sensor de control de la presión de inyección (Injection Preassure Control)

FRP: Sensor de presión en el riel (Fuel Rail Preassure Sensor)

Tabla 8.

Características del sensor de presión para los diferentes sistemas

Sistema	Con ignición y motor detenido	Arranque
Bosch	0.5 V	1 V
Denso	1 V	1.5 V
Delphi	0.5 V	1 V
Siemens	0.5 V	1 V

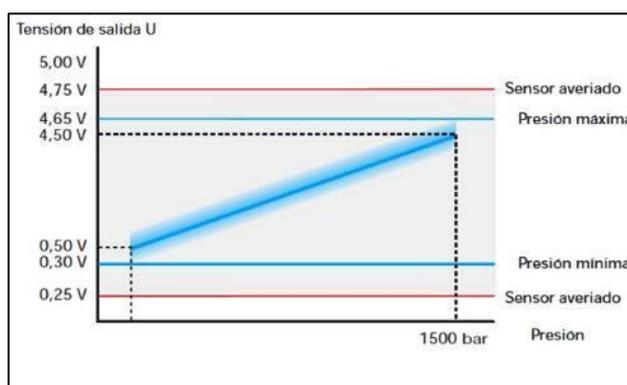


Figura 24: Señal de sensor de presión

Fuente: (Barquero , 2012)

En el manual (Cise Electronics , 2010) menciona que: “La señal de voltaje se encontrará normalmente con motor detenido en un valor de 0.5 voltios

aproximadamente. Al accionar el arranque dicho voltaje se eleva a 1 voltio o más. La presencia de este voltaje dará la certeza de que en el riel hay presión suficiente y necesaria para que los inyectores puedan abrir y que la ECU los active.”

En el manual (Daimler Chrysler, 2004) hace referencia que: “El sensor de presión del riel transmite a la unidad de control una señal de tensión correspondiente a la presión actual y que fluctúa en el sistema, ya que influye sobre la resistencia piezoeléctrica y modifica así la resistencia eléctrica, que sirve a la unidad de control como señal de la presión del rail.” Pág. 44.

En el manual (Delphi , 2007) indica que: “El sensor de presión está esencialmente constituido por una membrana metálica que se deforma bajo el efecto de la presión y en la que se deposita un elemento piezo-resistivo, que tiene una resistencia que varía en función de la deformación de la membrana.” Pág. 73

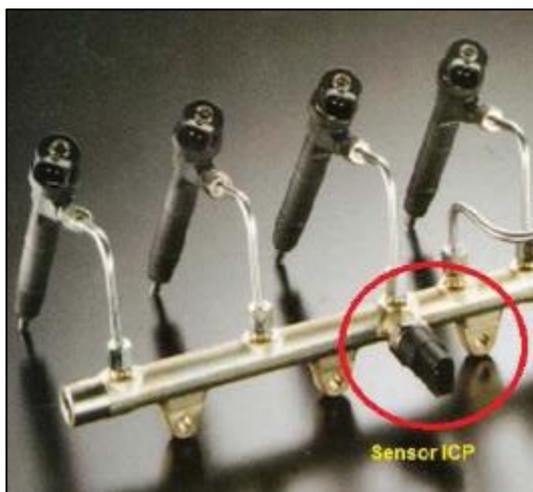


Figura 25: Sensor Icp

Fuente: (Cise Electronics , 2010)

2.9.7. Válvula reguladora de presión IPR

En el manual (Bosch, 2006) determina que: “La válvula esta ensamblada en el acumulador de presión, el cual controla el paso de combustible trabaja sobre el retorno permitiendo que la presión se regule por drenaje del combustible hacia la cañería de retorno. La IPR por lo general es normal abierta, quiere decir que sin energía eléctrica o sin corriente el combustible retorna al tanque.” Pág. 76

En el manual (Daimler Chrysler, 2004) menciona que: “La alta presión en el rail está presente en la válvula reguladora de presión, la activación tiene lugar a través de la unidad de control, mediante el caudal de combustible que sale se modifica la presión del rail, el combustible desviado fluye a través del retorno de combustible al depósito, en estado sin corriente está cerrada la válvula reguladora de presión.” Pág. 44.

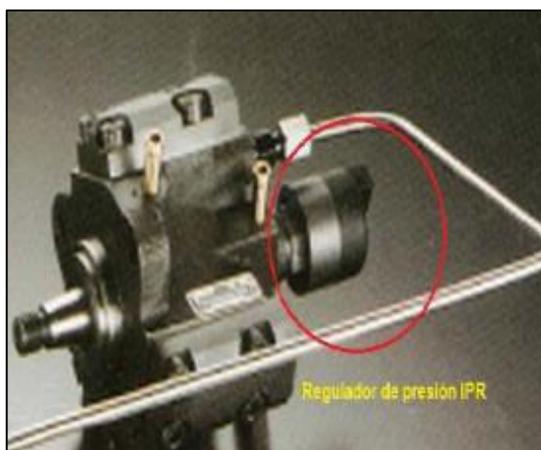


Figura 26: Válvula reguladora de presión

Fuente: (Cise Electronics , 2010)

2.9.8. Válvula de control de succión SCV

En el manual (Cise Electronics , 2010) hace referencia que: “La válvula trabaja a la entrada de la bomba de alta presión. Regula la cantidad de combustible que pasa a ser comprimida en la etapa de alta presión. La SCV puede ser normal abierta o cerrada, en caso de ser normal abierta la succión es máxima sin circulación de corriente y si es normal cerrada sin corriente no ingresa combustible a la etapa de alta presión”. Pág. 35

En el manual (Denso , 2004) indica que: “El volumen de flujo de combustible cambia según el funcionamiento del inducido y se controla en función del tamaño de apertura del conducto de combustible del cilindro, como resultado se controla el volumen de combustible de admisión para conseguir la presión de rampa deseada y disminuye la carga de actuación de la bomba de suministro.” Pág. 33



Figura 27: Válvula de control de succión

Fuente: (Cise Electronics , 2010)

2.9.9. Válvula de alta presión HPV

En el manual (Delphi, 2007) menciona que: “El objetivo es controlar la presión en el raíl, y permite disminuir la presión en el circuito de alta presión descargando el diesel, 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.” Pág. 139.



Figura 28: Válvula de alta presión

Fuente: Manual Delphi.

2.10. Inyectores

(Bosch, 2005) afirma que: “En el sistema de inyección directa de conducto común (CRDI) los inyectores están conectados al conducto de alta presión, tienen una arandela estanqueizante de cobre que permite la estanqueidad a la cámara de combustión, el momento de inyección se controla con el sistema de ángulo tiempo de la regulación electrónica diesel, dos sensores se precisan uno está ubicado en el cigüeñal y otro en el árbol de levas, para la identificación de cilindros, Con una mezcla óptima del gasóleo logramos una disminución de gases contaminante y reducción de ruidos del motor, por

lo que a los inyectores presentan una inyección previa e inyecciones múltiples”. Págs. 27-28.

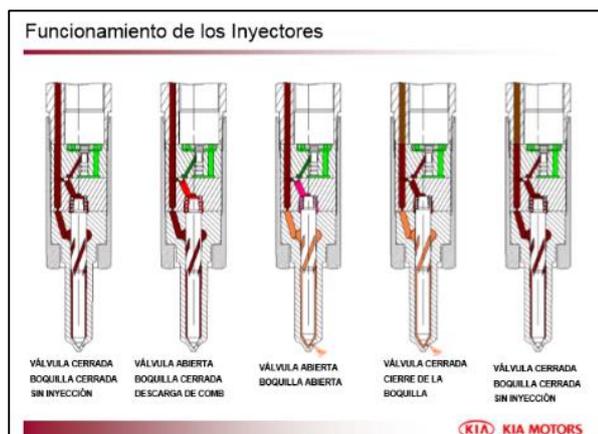


Figura 29: Funcionamiento de los inyectores

Fuente: (Kia Motors, 2005)

2.10.1. Funcionamiento del inyector

(Bosch, 2005) define que: “El inyector controla la presión de inyección a través de la cámara de control, la función de la válvula de dos vías es controlar la presión dentro de la cámara, evitando que haya fugas de combustible, la generación de presión de inyección es independiente del número de revoluciones del motor y del caudal de inyección, el comienzo de inyección se controla con el sistema ángulo-tiempo mediante el inyector activado eléctricamente por medio de la EDC (regulación electrónica diesel).” Pág. 29

2.10.2. Control de los inyectores

En el manual (Delphi , 2007) indica que: “La corriente de control de la bobina recupera el impulso de inyección. La corriente discontinua permite reducir las pérdidas por efecto de Joule a nivel de la ECU y del inyector como se muestra en la figura 29, la corriente de llamada (I_a) es superior a la corriente de mantenimiento (I_m), y el tiempo de duración de la corriente de llamada (T_o) es menor al tiempo de corriente de mantenimiento (T_1), ya que en la fase de mantenimiento el entrehierro entre la válvula y la bobina se reduce (el valor de la carrera de la válvula, o sea aproximadamente 30 μm) por lo que la fuerza electromagnética que hay que aplicar a la válvula puede ser reducida.” Pág. 93

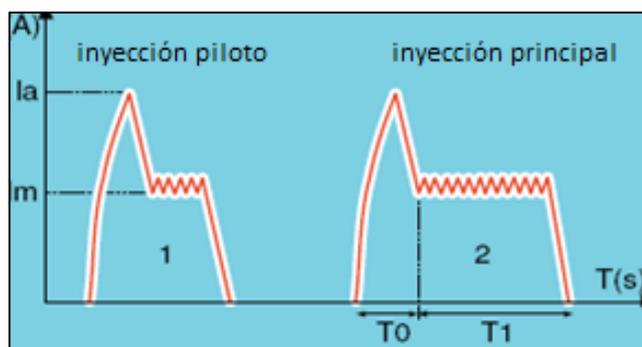


Figura 30: Impulso de inyección

Fuente: Manual Delphi

2.10.3. Descarga mediante el inyector

En el manual (Delphi , 2007) asegura que: “El sistema también utiliza los inyectores para descargar la presión del riel, este modo de funcionamiento sólo es posible si se controla perfectamente el tiempo de respuesta del inyector, es decir el tiempo comprendido entre el inicio de la alimentación de la electroválvula y el instante en que la aguja del inyector se levanta, este tiempo es diferente para cada actuador ya que depende de las características iniciales de las correcciones individuales del inyector y el desgaste, es pues indispensable conocer con precisión la característica inicial y la deriva de cada inyector.” Pág. 93

2.10.4. Corrección individual del inyector

En el manual (Delphi , 2007) se refiere que: “El caudal inyectado es proporcional al tiempo de inyección y a la presión raíl, las curvas de caudal en función del impulso y de la presión raíl son llamadas características del inyector, los actuadores de inyección del sistema common rail son piezas de una precisión muy grande, son capaces de inyectar caudales que varían de 0,5 a 100 mg/cp.(concentración de la masa de aire comprimido) a presiones de 150 a 1800 bar, sin embargo, debido a las dispersiones de mecanizado, las pérdidas de carga, los frotamientos mecánicos entre las piezas en movimiento y el esfuerzo magnético varían de un inyector a otro. Por ello, se constatan dispersiones en los caudales que pueden alcanzar 5 mg/cp. esto quiere decir que, si se aplica un mismo impulso a dos inyectores, se puede obtener una diferencia de 5mg/cp. Es imposible controlar eficazmente un motor con esta dispersión entre los inyectores, es pues necesario aplicar una corrección que permitirá inyectar la cantidad deseada de gasóleo cualquier que sea la característica inicial del inyector, para ello, es necesario conocer

esta característica y corregir el impulso aplicado al inyector en función de la diferencia entre esta característica y la que se utiliza en la ECU.” Págs. 93-95.



Figura 31: Curvas características del inyector

2.11. Control de presión del inyector con válvula electromagnética

(Bosch, 2005) menciona que: “Se puede dividir en tres estados de servicio las cual el combustible es conducido desde el empalme de alta presión a través de un conducto de alimentación hacia el inyector estas tres etapas son:

- Apertura del inyector
- Inyector totalmente abierto
- Cierre del inyector

Las etapas de servicio se regulan mediante la distribución de fuerzas en los componentes del inyector. Si el inyector no está en marcha y falta presión en el riel o conducto común, el muelle que está dentro del inyector se cierra”. Pág. 29

2.11.1. Inyector cerrado

(Bosch, 2005) detalla que: “En estado de reposo el inyector no está activado, el muelle de la válvula electromagnética ejerce una presión sobre la bola de la válvula, y a su vez sobre el asiento del estrangulador de salida. En la cámara de control de la válvula se genera la alta presión del conducto común. Las fuerzas aplicadas por la presión existente en el conducto común sobre las superficies del embolo de mando mantienen cerrada la aguja del inyector” Pág. 29

2.11.2. Apertura del inyector

(Bosch, 2005) indica que: “La válvula electromagnética se activa con la corriente de atracción, los tiempos de conmutación cortos para la activación de los inyectores se logran con elevadas tensiones y corrientes, la activación del electroimán produce una fuerza magnética mayor a la fuerza elástica del muelle de la válvula, levantando la bola del asiento y abre el estrangulador de salida, a consecuencia que los tiempos son muy cortos se reduce la elevada corriente de atracción a una corriente de mantenimiento en el electroimán.”. Págs. 29-30

En el manual (Denso , 2005) menciona que: “Una vez que fluye el combustible, la presión de la cámara de control disminuye lo que hace detenerse al pistón hidráulico esto provoca la elevación de la aguja y el comienzo de la inyección, mientras se aplica corriente al solenoide, la boquilla alcanza su elevación máxima y el régimen de nivel también es máximo.” Pág. 14

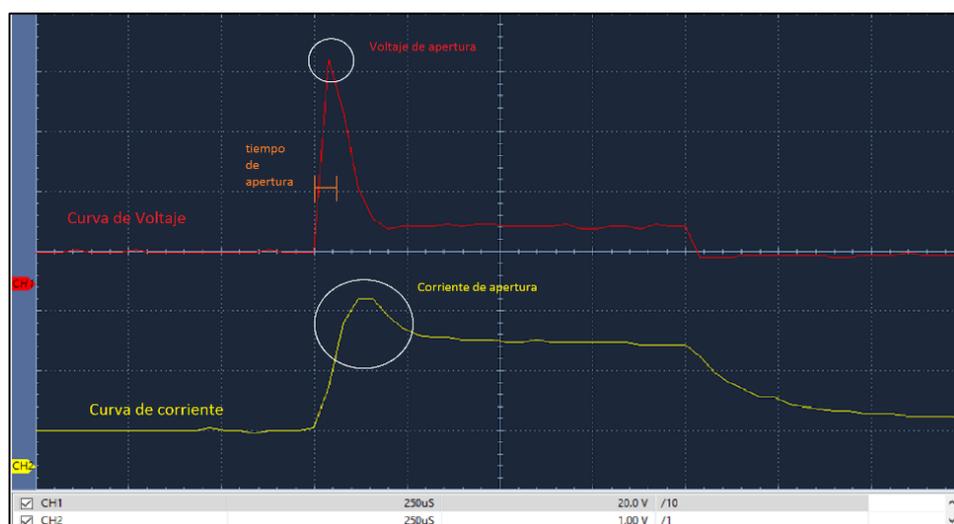


Figura 32: (Tiempo, corriente y voltaje) de apertura

2.11.3. Inyector totalmente abierto

(Bosch, 2005) señala que: “La velocidad de apertura de la aguja del inyector se determina en base a la diferencia de flujos entre el estrangulador de alimentación y el de salida. El embolo de mando permanece retenido en el tope superior mediante un volumen e combustible con efecto amortiguador, el combustible se inyecta en la cámara de combustión con una presión equivalente en el conducto común”. Pág.30

2.11.4. Cierre del inyector

(Bosch, 2005) indica que: “Cuando se desactiva el muelle del actuador electromagnético presiona al inducido hacia abajo, cerrando la válvula de control del estrangulador, generando en la cámara de control una presión igual al del conducto común, mediante la afluencia del estrangulador de alimentación, la fuerza generada en la cámara de control de la válvula y la fuerza del muelle del inyector superan la fuerza de la aguja del inyector por consecuencia se cierra, el flujo que proviene del estrangulador de alimentación determina la velocidad de cierre de la aguja del inyector, el exceso de gasóleo es conducido al retorno de combustible por medio de los estranguladores de la cámara de control, los volúmenes de fuga en las guías de la aguja de inyector y del embolo de la válvula se conducen de nuevo al depósito de combustible a través del retorno de combustible mediante una tubería colectora, la cual está conectada a la válvula rebose, la bomba de alta presión y la válvula reguladora de presión”. Pág. 30

2.12. Activación del inyector con válvula electromagnética

Para activar los inyectores electromagnéticos podemos dividir en cinco fases, la cual se controla a través del módulo de control electrónico:

- Fase de apertura
- Fase de corriente inicial de arranque
- Fase de corriente de mantenimiento
- Desconexión
- Recarga mediante convertidor de refuerzo

2.12.1. Fase de apertura

(Bosch, 2005) afirma que: “Para abrir la válvula electromagnética debe incrementarse primera 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 (condensador) la corriente aumenta con más rapidez aplicando una alta tensión en la válvula electromagnética”. Pág. 32

En el manual (Cise Electronics , 2010) menciona que: “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.” Pág. 3-4.

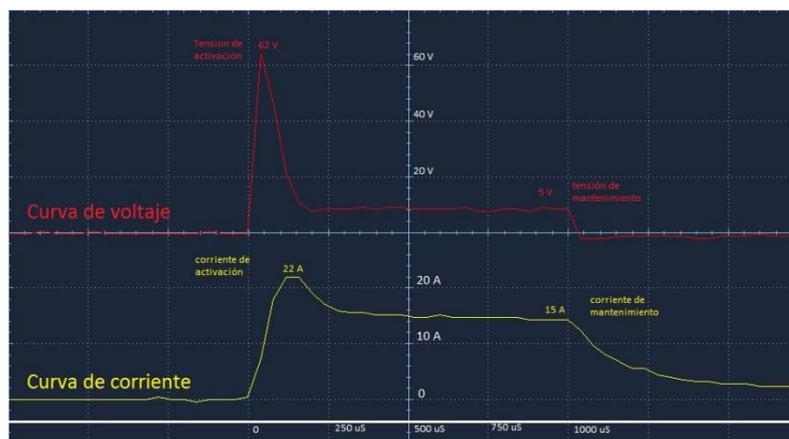


Figura 33: Fase de activación de corriente y voltaje

La señal de activación de inyectores se puede medir con osciloscopio, lo importante a tener en cuenta es que la punta del osciloscopio debe ser conectado directamente sobre los cables de los inyectores



Figura 34: Medición de la señal a los inyectores

Fuente: (Cise Electronics , 2010)

2.12.2. Fase de corriente inicial de arranque

(Bosch, 2005) afirma que: “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 22A”. Pág. 32

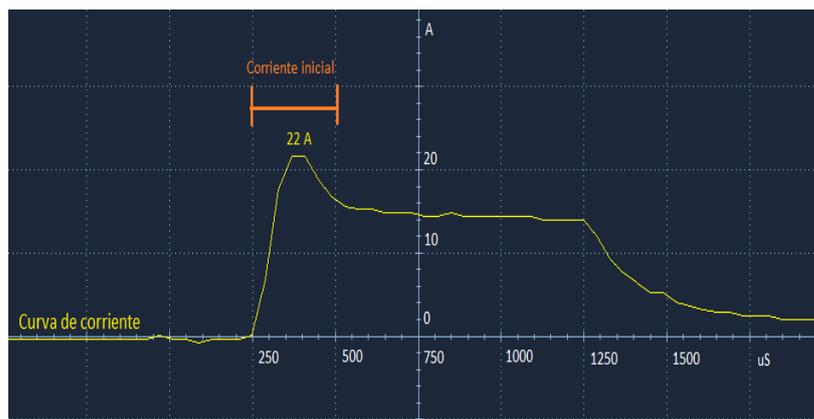


Figura 35: Curva de corriente inicial

2.12.3. Fase de corriente de mantenimiento

(Bosch, 2005) indica que: “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”. Pág. 30

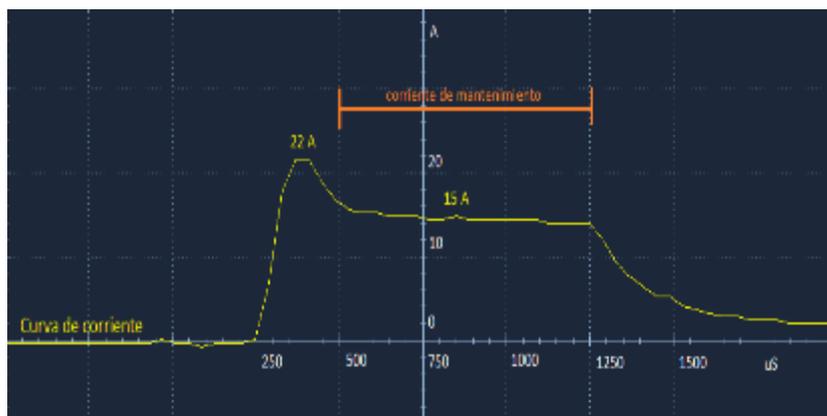


Figura 36: Corriente de mantenimiento

2.12.4. Desconexión

Para cerrar la electroválvula se desconecta la corriente y también se libera energía y es conducida al acumulador de tensión de refuerzo.

En el manual (Cise Electronics , 2010) menciona que: “La 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.” Pág.4

2.12.5. Recarga mediante convertidor de refuerzo

(Bosch, 2005) indica que: “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”.

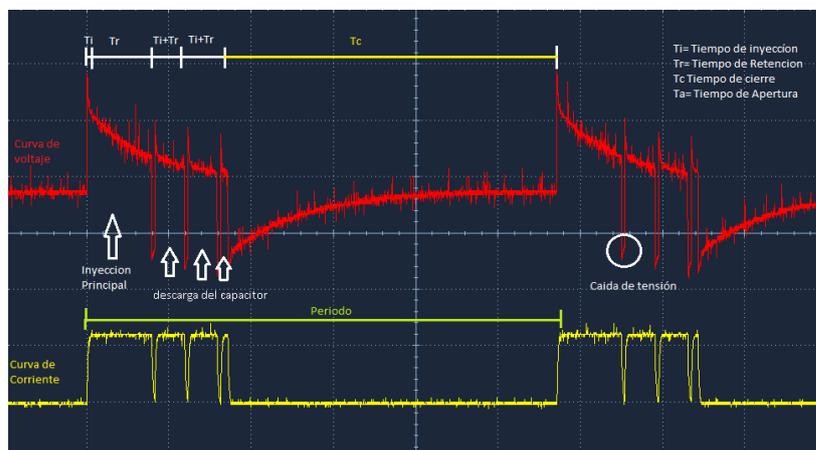


Figura 37: Parámetros de funcionamiento del inyector

2.13. Inyector piezoeléctrico

En el manual (Cise Electronics , 2010) señala que: “El inyector dispone en su interior u dispositivo piezoeléctrico, que es el encargado de producir el movimiento mecánico necesario para posibilitar la inyección de combustible, el elemento piezoeléctrico está formado por unas placas metálicas separadas por un dieléctrico de cuarzo.” Pág. 1

2.13.1. Funcionamiento

En el manual (Cise Electronics , 2010) recalca que: “el fenómeno piezoeléctrico consiste en un cristal de cuarzo que cambia de tamaño cuando se somete a un impulso eléctrico, inversamente es capaz de generar un impulso eléctrico si se fuerza a cambiar deformándolo. Los inyectores piezoeléctricos dan mayor precisión en la sincronización y cantidad de la inyección del pistón, la PCM (Módulo de control de potencia) envía sobre el piezoeléctrico una tensión inicial de unos 70 V por un tiempo de 0,2ms, en el interior los cristales logran elevar este voltaje a unos 140 V en unos 0,2 ms y se logra con una corriente de 7 A, a este proceso se lo llama tensión de carga y corriente de carga, para terminar el proceso de inyección es necesario colocar otro impulso de tensión final llamado tiempo de descarga esto toma alrededor de otros 0,2 ms.” Págs. 3-5.



Figura 38: Elemento piezoeléctrico

Fuente: (Cise Electronics , 2010)

(Volkswagen , 2007) menciona que “los inyectores piezoeléctricos son cuatro veces superiores a la respuesta de activación en comparación con los actuadores gestionados por electroválvulas, la tecnología piezoeléctrica supone un 75 % de menores masas movidas en la aguja del inyector, son posibles varias inyecciones por ciclo de trabajo y las cantidades a inyectar exactamente dosificables.” Pág. 28

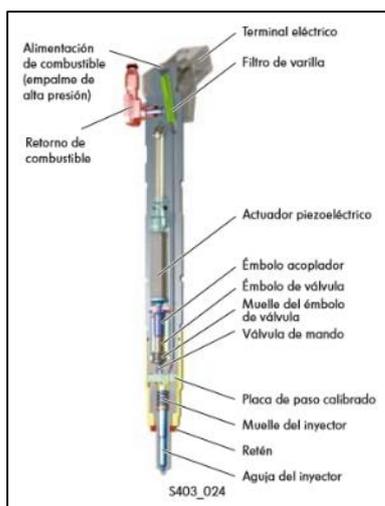


Figura 39: Partes del inyector piezoeléctrico

Fuente: (Volkswagen , 2007)

2.13.2. Puesta en fase de las inyecciones

El manual (Volkswagen , 2007) señala que: “Los muy breves tiempos de respuesta que caracterizan a los inyectores piezoeléctricos, permiten controlar de un modo adaptable y exacto las fases y cantidades de la inyección, con ello es posible adaptar el desarrollo del ciclo de la inyección a las necesidades que plantean las diferentes condiciones operativas del motor, en cada ciclo de inyección se efectúan hasta cinco inyecciones parciales.” Pág. 28.

En el ensayo (Erazo & Quiroz, 2008) mencionan que: “Los inyectores tienen condiciones mecánicas diferentes el proceso de adaptación lo realiza el IDM (módulo driver identificador) el cual tarda cerca de 900 milisegundos en donde de acuerdo al orden de encendido analiza la corriente que circula por las bobinas y así corrige los valores de tiempo en este momento se suspende la pre inyección para realizar esta adaptación, el IDM debe reportar condiciones estables en las cuales el motor gire a 3500 RPM, la velocidad del vehículo debe ser próxima a los 50 Km/h y una temperatura adecuada de 70° C, el IDM compara el parámetro de la corriente con la señal enviada del KS y de esta forma adapta valores un correcto funcionamiento si en algún momento se suspende la adaptación el IDM debe esperar hasta el próximo ciclo donde pueda realizar el proceso completo” Pág. 4

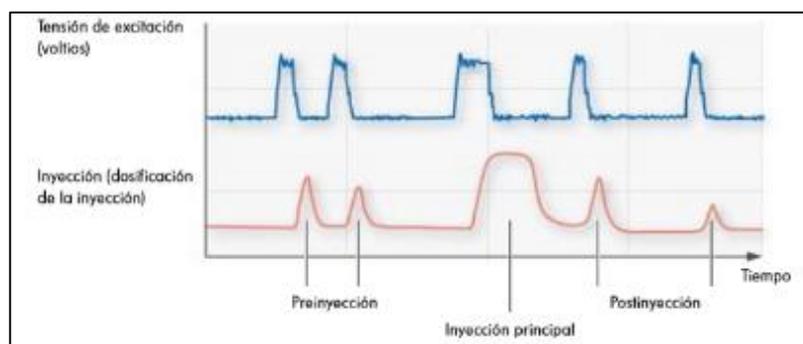


Figura 40: ciclo de inyección

Fuente: (Volkswagen , 2007)

2.13.3. Inyección piloto

Las preinyecciones sirven para reducir el ruido de combustión, en efecto la inflamación de una pequeña cantidad de gasóleo antes de la inyección principal permite tener presiones de combustión menos bruscas.

En el manual (Volvo, 2005) señala que: “En la preinyección antes que el pistón alcance el PMS, una pequeña cantidad de combustible se inyecta en el cilindro, lo que provoca un aumento de temperatura y presión en la cámara de compresión, el atraso de la quema del combustible y el aumento de presión y carga se reducen.” Pág.20

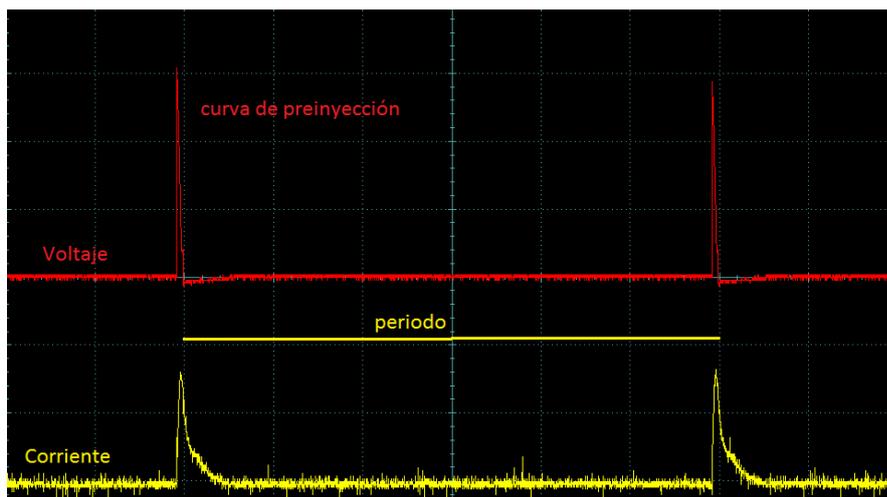


Figura 41: Curva de preinyección

En el manual (Bosch , 2010) indica que: “La inyección piloto puede ser avanzada hasta un máximo de 90 grados del eje cigüeñal, antes del punto muerto superior del pistón en la etapa de compresión, si la inyección principal se iniciara menos de los 40 grados antes del PMS, el combustible podría depositarse en la cabeza del pistón y en las paredes del cilindro y puede causar el innecesario lavado de los cilindros de la película lubricante del aceite, ocasionando daños graves al motor. Utilizando la inyección piloto, con una pequeña cantidad de diesel inyectado (1 a 4 mm) dentro del cilindro, se pre-condiciona a la cámara de combustión, logrando con ello mejorar notablemente la eficiencia de la combustión.” Págs. 101-104.

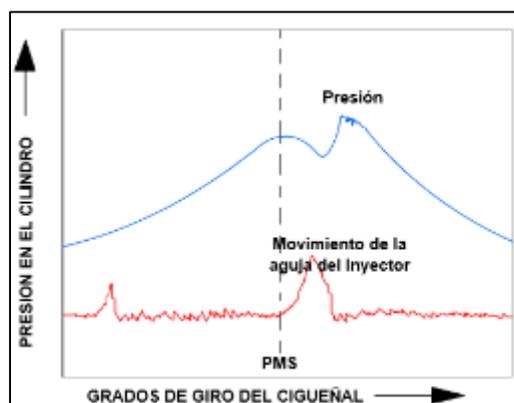


Figura 42: Movimiento de la aguja del inyector y descarga de la presión con preinyección

Fuente: (Bosch , 2010)

2.13.4. Inyección principal

En el manual de entrenamientos tecnológicos inyección piloto (Bosch , 2010) sustenta que: “El trabajo para obtener la energía a la salida del motor proviene esencialmente de la secuencia de la inyección principal, esto significa que esta inyección

principal es la responsable de generar el torque del motor, con el sistema de inyección de riel común, la Presión de Inyección se mantiene prácticamente constante a través del proceso permanente de la inyección”. Pág. 105.

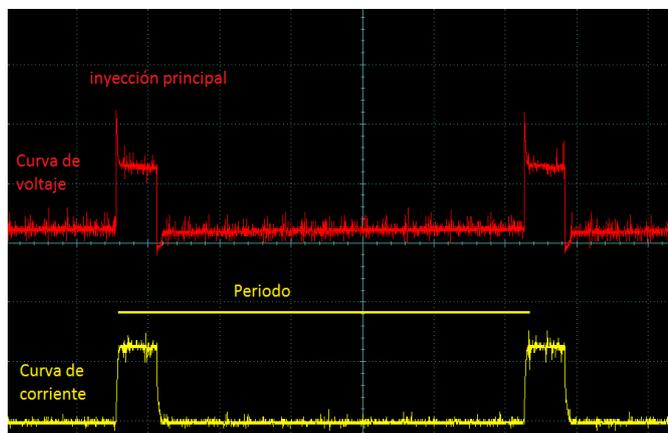


Figura 43: Inyección principal

2.13.5. Inyección posterior

En el manual common rail principios de funcionamiento (Delphi , 2007) menciona que “se pueden utilizar las pos inyecciones para cebar más rápidamente el catalizador, en los vehículos equipados con un filtro de partículas, se utilizan las pos inyecciones para aumentar y estabilizar el filtro a su temperatura de regeneración ($>650^{\circ}\text{C}$), estas inyecciones tienen también correcciones, los factores correctivos más importantes son:

- La temperatura antes turbo.
- La temperatura del catalizador.
- La temperatura del filtro de partículas.” Pág.89

En el manual (Daimler Chrysler , 2004) hace referencia que: “La inyección posterior sirve para el aumento periódico de la temperatura de gases de escape, durante la fase de regeneración del filtro de partículas diesel y para la reducción de óxido de nitrógeno. El combustible se evapora por calor residual en el cilindro y es conducido por el ciclo de expulsión a través de las válvulas de escape hacia el catalizador, donde se produce una postcombustión debido al gases de salida enriquecido con combustible. El calor que se produce en la postcombustión se utiliza para el calentamiento del filtro de partículas, con lo cual se queman las partículas del hollín, convirtiéndose en CO_2 y ceniza. Pág. 37-38.

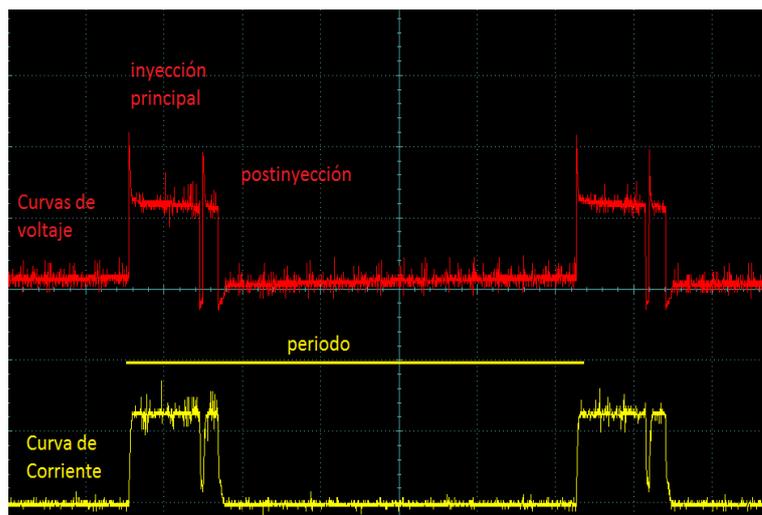


Figura 44: Curvas características con postinyección

2.13.6. Control activo de amortiguación

(Bosch , 2010) menciona que: “Cuando el pedal del acelerador es presionado o soltado de forma violenta, esto causa que cambie rápidamente el caudal del combustible inyectado, causando consecuentemente un cambio violento del torque del motor, esta operación violenta de aceleración o desaceleración causa un daño en las bases del motor y en todos los elementos de la transmisión, oscilando con ello el número de revoluciones del motor, por estas razones, la computadora determina un control activo de amortiguación, reduciendo estas fluctuaciones de velocidad del motor, variando la cantidad de combustible inyectado a la misma frecuencia de las fluctuaciones de velocidad del motor, en estos casos, se inyecta menos cantidad cuando se incrementan las revoluciones y se inyecta mayor cantidad cuando se reducen las revoluciones, de tal manera que esta oscilación prácticamente desaparece o no se la siente. Págs. 111-112.

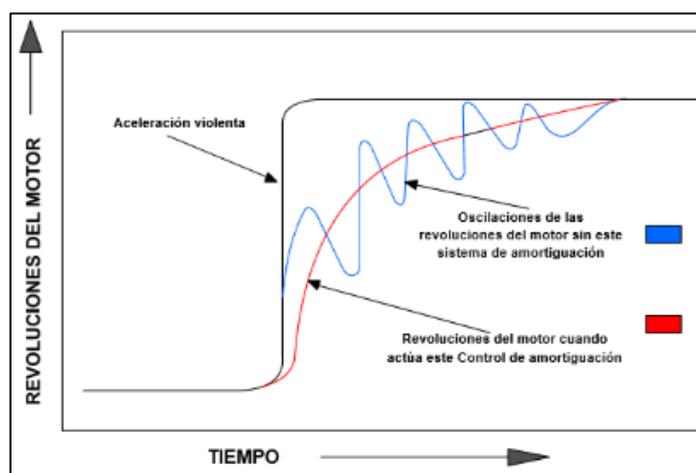


Figura 45: Control activo de amortiguación

Fuente: (Bosch , 2010)

2.13.7. Activación del inyector piezoeléctrico

(Bosch, 2005) señala que: “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. 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.” Pág. 37.

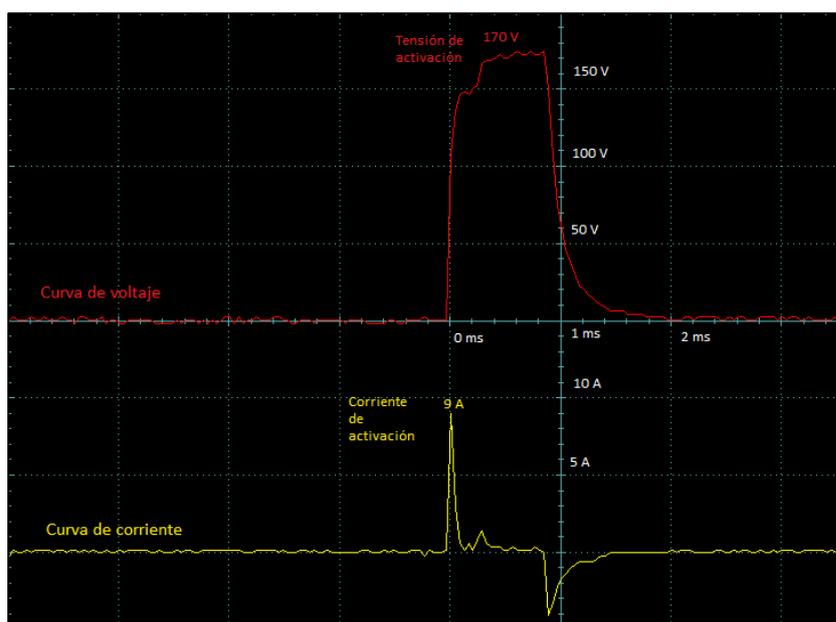


Figura 46: Curvas de corriente y voltaje de inyectores piezoeléctricos.

2.14. Formación de la mezcla

Se tiene que considerar ciertos parámetros que estima el módulo de control electrónico, para la entrega de caudal tanto en la inyección piloto y la inyección principal.

2.14.1. Parámetros de Caudal de inyección

En el manual (Daimler Chrysler, 2004) menciona que: “El caudal de inyección requerido por el motor, se subdivide en caudal de inyección previo, principal y posterior, se tiene ciertos parámetros de medición para la inyección:

- Temperatura del líquido refrigerante.
- Número de revoluciones del motor.
- Carga del motor.” Pág. 32

2.14.2. Comienzo de activación de la inyección previa

En el manual (Daimler Chrysler , 2004) indica que: “La inyección previa tiene lugar en dos fases sucesivas de inyección. Esto sirve para la reducción de la emisión de ruidos y contaminantes. El comienzo de activación de la inyección previa se calcula en función del punto de servicio, considerándose los siguientes datos:

- a) Ultimo comienzo de activación de la inyección principal.
- b) Temperatura del líquido refrigerante
- c) Numero de revoluciones del motor
- d) Tensión de la red a bordo
- e) Duración de la inyección.” Pág. 32

2.14.3. Desconexión de la inyección previa

En el (Daimler Chrysler , 2004, pág. 33) hace referencia que: “La inyección previa se desconecta en función del punto de servicio:

- a) Sobrepasa el momento de inyección
- b) El número de revoluciones del motor es demasiado alto.
- c) El caudal de inyección previa es insuficiente.
- d) El caudal de inyección principal es insuficiente.
- e) La presión de combustible no es suficiente.” Pág. 33

2.14.4. Parámetros del caudal de inyección previa

En el manual (Daimler Chrysler , 2004) señala que: “Los parámetros para inyección previa se calculan a partir de:

- a) Numero de revoluciones del motor.
- b) Presión atmosférica
- c) Temperatura del líquido refrigerante
- d) Temperatura del aire de sobrealimentación
- e) Requerimiento de carga.
- f) Presión del rail.

La temperatura del líquido refrigerante, la temperatura del aire de sobrealimentación y la presión atmosférica, se consideran para la recolección del caudal de inyección previa. La alta presión del rail se elige para poder inyectar un caudal mínimo, si el caudal de inyección principal pasa a ser insuficiente, no tiene ninguna inyección previa.” Pág. 34

2.14.5. Comienzo de activación de la inyección principal.

En el manual (Daimler Chrysler , 2004) se refiere que: “El caudal de inyección requerido por el motor se subdivide en caudal de inyección previo y de inyección principal. El comienzo de activación de la inyección principal está en función el número de revoluciones y del caudal, se corrige adicionalmente mediante los siguientes valores:

- a) Temperatura del líquido refrigerante
- b) Temperatura del aire de sobrealimentación
- c) Presión atmosférica
- d) Inyección previa Pág. 35

2.14.6. Duración de activación

La duración de activación de la inyección principal depende si se ha producido una inyección previa y durante cuánto tiempo.

2.14.7. Desconexión de la inyección principal

En el manual (Daimler Chrysler , 2004) señala que: “La inyección principal se desconecta de acuerdo al punto de servicio:

- a) El número de revoluciones del motor es demasiado alto (>4700 hasta 4800 rpm).
- b) El caudal de inyección principal es insuficiente
- c) La presión de combustible en el rail es insuficiente.
- d) Reducción del par
- e) El motor se encuentra en servicio de marcha por empuje.” Pág.36

2.14.8. Parámetros del caudal de inyección principal

En el manual (Daimler Chrysler , 2004) hace referencia que: “El caudal de inyección principal se calcula mediante:

- a) Número de revoluciones del motor.
- b) Presión atmosférica
- c) Temperatura del líquido refrigerante.
- d) Temperatura del aire de sobrealimentación
- e) Presión del rail
- f) Presión de carga
- g) Requerimiento de la carga.” Pág.37

2.15. Sistemas de inyección electrónica usados en el mercado

En el ensayo (Erazo & Quiroz, 2008) mencionan que: “Los diferentes sistemas de gestiones electrónicas hacen uso de componentes que son muy similares respecto al funcionamiento como es el caso de sensores y actuadores, la entrada de combustible del inyector se encuentra en todo momento alta presión la cual está regulada por el sistema de la bomba, el inyector está provisto de una reacción tan rápida que alcanza activaciones.” Pág. 3

La tabla 9 nos indican una comparación de los sistemas de inyección electrónica, existentes en el mercado con sus respectivas características de control y funcionamiento de inyectores diesel para las marcas Bosch, Denso, Delphi y Siemens principales fabricantes de sistemas de control electrónico.

Tabla 9.

Comparación de las diferentes marcas de inyectores existentes en el mercado Bosch, Denso, Delphi y Siemens.

	Sistemas Bosch Hyundai Tucson y Kia	Sistemas Siemens	Sistemas Delphi Mitsubishi	Sistemas Denso Hyundai Terracan
Bomba de alta presión	De tres lóbulos a 120 grados	De tres lóbulos a 120 grados	De dos elementos radiales tipo CAV con anillo de levas	De 2 elementos radiales sin anillo de levas
Transferencia	CP1 transferencia eléctrica CP2 y CP3 bomba mecánica incorporada en la AP	Transferencia mecánica incorporada en la bomba de AP	Mecánica incorporada a la bomba de alta presión	
Válvula de control de succión SCV		Si incorporado en la bomba	Si	Si
Válvula IPR	En la bomba de alta presión o en el riel	Si incorporado en la bomba	No, la regulación de presión lo realiza el mismo inyector	
Sensor de presión del riel	En la rampa	En el riel		Ojo
Valor resistivo inyector bobinado	0,5 a 0,8 Ohm	Son piezoeléctricos no tienen resistencia	0,2 Ohm alta respuesta de operación inyecciones múltiples	0,8 a 1 Ohmio
Corriente de activación	20 y 12 A		Apertura 12A, mantenimiento 6A	
Tensión de trabajo	70 – 80 V	110 V	12 V 70 V	12V 70 V
Inyector tipo	Bobinado	Piezoeléctrico	Bobinado en todo el cuerpo del inyector	Bobinado
Presiones de transferencia	2 bar	2 bar	2 bar	2 bar
Presiones de inyección	220 bares min y 1350 bares máx. regulada en lazo cerrado ICP IPR	250 bares min y 1600 bares máx.	250 bares y 1600 bares máximo	200 bar a 1800 bar
Tiempo de respuesta		Alto 2 preinyecciones, 1 inyección principal y 2 pos inyecciones		

Fuente: (Erazo & Quiroz, 2008)

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y ACTIVACIÓN DE INYECTORES DIESEL CRDI.

3.1. Características del sistema

El banco de pruebas de inyección diesel, para el correcto diagnóstico y comprobación de inyectores CRDI, deben presentar ciertos parámetros de aplicación y funcionamiento, para poder conseguir una dosificación del combustible lo más ajustada posible a las condiciones de marcha y estado del motor.

A continuación, se detallan las generalidades que debe presentar el comprobador de inyectores CRDI, para el correcto funcionamiento del sistema de inyección:

- Voltaje de funcionamiento entre 110 – 220 Vac.
- Voltaje continuo de 12 Vdc.
- Sistema hidráulico para elevación de presión y sistema de regulación.
- Módulo electrónico para activación de inyectores CRDI.
- Sistema de medición lineal de presión
- Presentar una gran variedad de acoples para la medición de retornos, en los diferentes sistemas de inyección CRDI.
- Realizar pruebas de funcionamiento de los inyectores como son: caudal principal, estanqueidad, pulverización, retorno combustible, activación de bobinas y ángulos de pulverización.
- El módulo del control electrónico posee opciones de control de ciclo de trabajo, porcentaje de apertura y tiempo de apertura.
- Presiones de operación de 200 a 1000 bares con calibración manual sistema independiente.

3.2. Diseño hidráulico

El diseño del sistema hidráulico, se basa en cálculos y una definición específica de los componentes en función de sus necesidades (potencia, presión, caudal, cc/rev, rpm), también es necesario el dibujo del circuito para la selección de materiales, la

disponibilidad de los elementos necesarios en el mercado es un factor muy importante para adaptar los componentes estandarizados al sistema.

3.2.1. Diseño del circuito hidráulico en Automation Studio

El diseño del circuito hidráulico se realizó la simulación de la presión en una manera real del sistema de inyección CRDI, los componentes similares y disponibles en el software que realicen la misma función.

El diseño hidráulico se realizó en el software Automation Studio 5.0 es un programa de simulación y diseño que permite realizar un análisis versátil para circuitos neumáticos e hidráulicos.

3.2.2. Activación del sistema de baja presión

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.

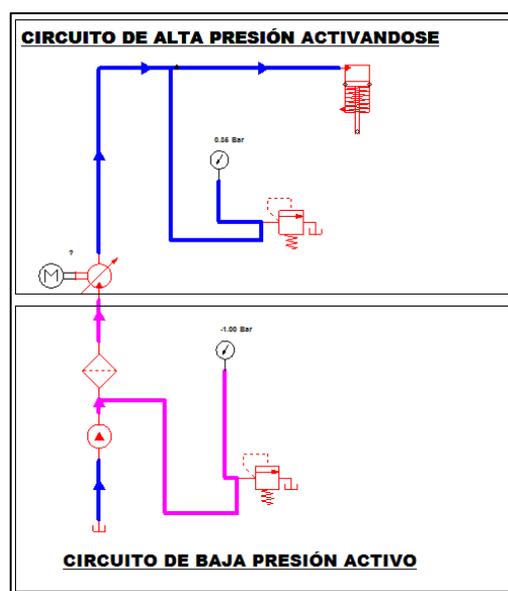


Figura 47: Circuito de baja presión activo

3.2.3. Activación del circuito de alta presión

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.

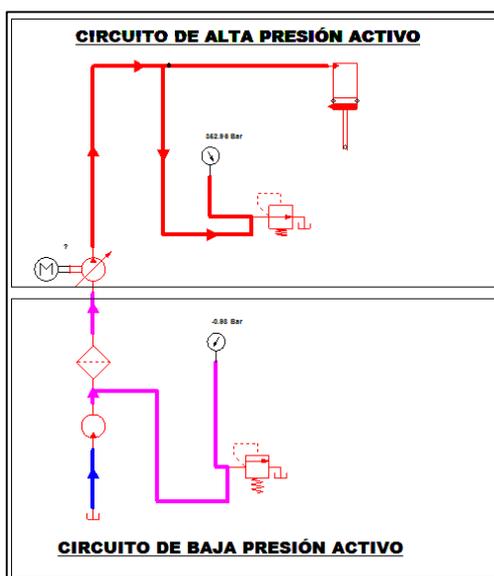


Figura 48: Circuito de alta presión activo

3.3. Parámetros para la selección de la bomba de baja y de alta presión

(Analuca & Sangucho, 2013) menciona que: “Las bombas hidráulicas son componentes que convierten la energía mecánica en hidráulica, elevando el fluido de un nivel determinado a otro más alto. Una bomba produce caudal pero no genera la presión, porque está en función de la resistencia al paso del fluido que se genera en el sistema, por ejemplo, la presión de salida de una bomba es cero cuando no está en carga, pero al conectar al circuito en carga la bomba hidráulica y se tapona el orificio de salida, la presión aumentara hasta vencer la resistencia de la válvula de alivio.” Pág. 80

Para la selección se tomó en consideración el movimiento del eje impulsor de la bomba de alta presión, por lo que se seleccionó una bomba Denso HP3.

Tabla 10.**Características técnicas de la bomba hidráulica de baja y alta presión**

Bomba de baja presión	
Presión máxima	11 bares
Gama de regímenes	1.27 GPM
Alimentación eléctrica	12 V, > 3 A
Presión mínima	1 bar
Bomba de alta presión	
Presión máxima	1350 bares
Gama de regímenes	75-3000 l/min
Caudal máximo / vuelta	05-07 cc/vuelta
Potencia absorbida	3.5 KW a régimen nominal y a una presión en el conducto común de 1350 bares

**Figura 49: Bomba eléctrica de combustible**

Fuente: (Bosch, 2015)

**Figura 50: Bomba de alta presión****3.3.1. Cálculos de caudal de la bomba de alta presión**

Para la aplicación se dispuso bomba hidráulica se define mediante los cálculos de caudal, para la selección del motor eléctrico es necesario el caudal que envía la bomba por revolución

$$Q = \frac{\frac{cc}{rev} \times rpm}{1000} \left[\frac{lt}{min} \right]$$

Ecuación 1. Caudal de la bomba

Dónde:

Q = caudal de la bomba hidráulica (lts/min).

cc/rev = descarga de la bomba por revolución

rpm= revoluciones del motor

a) Caudal de la bomba de baja presión

$$Q_1 = 1.27 \text{ GPM}$$

b) Caudal de la bomba de alta presión

$$Q_2 = \frac{\frac{cc}{rev} \times rpm}{1000} \left[\frac{lt}{min} \right]$$

$$Q_2 = \frac{0.7 \times 1730}{1000} \left[\frac{lt}{min} \right]$$

$$Q_2 = 1.21 \left[\frac{lt}{min} \right]$$

$$Q_2 = 0.32 \text{ GPM}$$



Figura 51: Embolo para la generación de presión

3.3.2. Cálculo para la selección del motor eléctrico

Conociendo los caudales, reemplazamos los valores en la ecuación para conocer la potencia necesaria para girar el rotor de la bomba y se obtiene el motor necesario para la aplicación.

$$hp_1 = P \times Q (7 \times 10^{-4})$$

Ecuación 2. Selección del motor eléctrico.

Donde:

P= presión de trabajo (Psi)

Q= caudal de la bomba hidráulica (GPM)

$$hp_1 = P \times Q (7 \times 10^{-4})$$

$$hp_1 = 160 \text{ Psi} \times 1.27 \text{ GPM} (7 \times 10^{-4})$$

$hp_1 = 0.14 \text{ HP}$ bomba de baja presión

$$hp_2 = P \times Q (7 \times 10^{-4})$$

$$hp_2 = 15000 \text{ Psi} \times 0.32 (7 \times 10^{-4})$$

$hp_2 = 3.36 \text{ HP}$ bomba de alta presión

$$hp_t = 3.36 \cong 4 \text{ HP}$$

Se seleccionó un motor de 5 Hp por medidas de precaución.

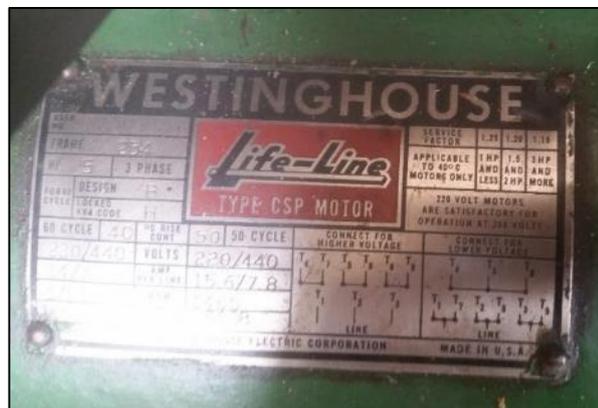


Figura 52: Placa del motor eléctrico de 5 Hp a 220 v

3.3.3. Cálculos del sistema de transmisión por poleas-correa.

Para el diseño de transmisión se seleccionó poleas de aluminio porque facilita el movimiento, en el mercado nacional hay gran variedad de poleas de aluminio, sencillas y económicas.

$$D_1 = 8 \text{ cm (polea motora)}$$

$$D_2 = 12 \text{ cm (polea bomba)}$$

$n_1 = 1730 \text{ rpm}$ (motor)

$n_2 = ?? \text{ rpm}$ (bomba de alta presión)

$$n_2 = \frac{D_1 \times n_1}{d_2}$$

Ecuación 3. Revolución de la bomba.

$$n_2 = 1153 \text{ rpm}$$



Figura 53: Poleas de transmisión

3.4. Cálculo del depósito

La construcción del depósito de combustible es un prisma rectangular con dimensiones 23cm base x 42 cm profundidad x 12 cm de altura, fabricado en acero inoxidable ASTM 36 con 250 Mpa de resistencia a la tensión posee líneas de succión y retorno de combustible, tapón de vaciado y aireador.

$$V = a \times b \times h$$

Ecuación 4. Volumen del depósito

$$V = 23 \times 42 \times 12$$

$$V = 11592 \text{ cm}^3$$

$$11592 \text{ cm}^3 \frac{1 \text{ lt}}{1000 \text{ cm}^3} \frac{1 \text{ gal}}{3.78 \text{ lts}} = 3,06 \text{ gal}$$



Figura 54: Depósito de combustible

3.5. Selección de manómetros

Los manómetros son herramientas de medición de presión destinados a verificar la presión del fluido en una línea del sistema. La selección de los medidores se realiza de acuerdo a la presión de operación y el rango de precisión.

Tabla 11.

Características del manómetro de baja y de alta presión

	Presión hidráulica	Manómetros	
Unidad	Psi-Bar	psi	Bar
Baja	50-3.5	0-160	0-11
Alta	15000-1000	0-20000	0-1400
Precisión	0.4-1.5 % de escala de precisión		

Por lo tanto, se seleccionó manómetros de glicerina de 0-160 psi y 0 20000 psi los cuales cumplen con los requisitos establecidos para las pruebas.



Figura 55: Manómetro de baja presión 0-160 psi 11 bar



Figura 56: Manómetro de alta presión 0-20000 psi 1400 bar

3.6. Selección de las válvulas de alivio

(Analuca & Sangucho, 2013) “Las válvulas de alivio evitan que la presión del sistema aumente por encima de un valor establecido. Cuando el sistema se sobrecarga la válvula se abre y el flujo de la bomba se descarga directamente al depósito de combustible.” Pág. 86.

Para la selección de las válvulas de alivio se toma en consideración las presiones de funcionamiento del fluido del sistema de inyección CRDI.

3.6.1. Sistema de baja presión

Para la entrega de presión de baja en la bomba HP3 se necesita de presión 1 bar, se seleccionó una válvula manual que controla de 0.8- 8 bar, la válvula va a estar regulada a 4 bar, por lo tanto, se encuentra en los parámetros de funcionamiento, para la regulación de presión posee ajuste manual con tornillo.



Figura 57: Válvula de baja presión 0.8 – 8 bar.

3.6.2. Sistema de alta presión

Válvula de control de presión hidráulica controla entre 0-1400 bar de ajuste manual con tornillo, posee una aguja obturadora de paso, sobre un orificio de pequeño diámetro en relación el diámetro nominal de la válvula. Proporciona un control excelente para el sistema con una capacidad de cierre fiable y acoples de adaptación a riel denso, al abrir totalmente la válvula se libera la presión del sistema, permitiendo la seguridad al momento de utilizar el banco de pruebas.



Figura 58: Válvula de alta presión de aguja y ajuste manual

3.7. Filtro separador de agua

En el manual (Delphi, 2014) menciona que: “Elemento filtrante cuyo grado de filtración es de 10 μm y se coloca en el circuito de aspiración de la bomba de alta presión para protegerla de partículas de gran tamaño procedentes del depósito de combustible. Ayuda a separar el agua más densa que el carburante para prevenir daños en el funcionamiento de la bomba de alta presión y de los inyectores.” Págs. 3-4.

Para el diseño hidráulico se seleccionó filtro de paso total con un separador de agua en la parte inferior y en la parte superior un tornillo para el purgado de aire en el sistema de baja presión.



Figura 59: Filtro Delphi HDF296

Tabla 12.

Tabla especificaciones de filtro de combustible

Especificaciones:	
Caudal máximo	50 l/h
Filtración	10 μ
Salida / Entrada	¼ pulgada
Altura	180 mm
Diámetro	100 mm
Peso	590 gr
Presión	2.5 – 3,8 bar

3.8. Selección de mangueras hidráulicas

Para la selección de las mangueras hidráulicas, debemos tener en cuenta parámetros y las condiciones de trabajo, las mangueras al ser flexibles absorben los ruidos amortiguan las vibraciones y el impulso d presión. Los parámetros de selección de mangueras son los siguientes:

- La presión de trabajo
- El caudal
- La caída de presión admisible
- La compatibilidad

Para cumplir con los requerimientos de presión de trabajo del sistema se procede a la selección de la selección:

3.8.1. Manguera de baja presión para la succión

- ATFLEX ID 5/16 In-Fuel hose – W/P 20 Bares (300 POSI)

3.8.2. Manguera para el circuito de control

- DIN 853 18N DN6/ SAE 100 R1AT 1/4 – W/P 25 Bar (360 PSI)

3.9. Selección de cañerías de acero por presión interna

La presión interna es el factor que determina el espesor de la cañería para las condiciones de trabajo que se van a utilizar determinamos con la ecuación de Barlow:

$$e = \frac{P \times D}{2 \times \sigma_t}$$

Ecuación 5. de Barlow.

e = espesor requerido para la presión de la cañería sus unidades están dadas en mm

P= presión interna dado en unidades de kg/cm²

D= diámetro externo en función de la demanda o caudal de diseño sus unidades están en mm

σ_t = esfuerzo de trabajo al acero sus unidades son kg/cm²

$$\sigma_t = FS \times \sigma_f$$

Ecuación 6. esfuerzo de trabajo al acero

Donde

σ_t = es el esfuerzo de fluencia la acero

FS = es el factor de reducción para el esfuerzo de fluencia

Tabla 13.**Norma API de fabricación de la tubería de acero**

Norma API	Grado	Punto de fluencia (Kg/cm ²)
5L	A-25	1760
	A	2110
5LX	B	2460
	X-42	2950
	X-45	3260
	X-52	3660
	X-56	3920
	X-60	4220

Fuente: (Ingenieriacivil, 2014)

3.9.1. Factor de reducción FS

Se recomienda el uso del factor 0,60 cuando el diseño está enfocado a condiciones de presión interna en régimen permanente. Para calcular el espesor interno de la cañería de acero se determina la presión interna máxima que es de 1300 bar que equivale a 1326 kg/cm². La cañería es fabricada con la norma API 5L Grado B con su diámetro externo de 6 mm.

Esfuerzo de fluencia para acero 5LB es **2460 kg/cm²**

$$\sigma_t = FS \times \sigma_f$$

$$\sigma_t = 0,60 \times 2460 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_t = 1476 \text{ kg/cm}^2$$

Sustituyendo en la ecuación de Barlow

$$e = \frac{1326 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 6 \text{ mm}}{2 \times 1476 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$e = 2,695 \text{ mm}$$

3.9.2. Cañerías de alta presión

Son tubos de acero resistente para evitar su expansión durante su trabajo, con paredes muy gruesas relativas al diámetro exterior del tubo, el diámetro exterior es de 6 mm mientras que el diámetro interior es de 2,7 mm.



Figura 60: cañerías de acero

3.9.3. Selección del fluido limpia inyectores

Es un fluido que sirve para la calibración de inyectores y bombas de inyección diesel aceite mineral de baja viscosidad, formulado con un conjunto de aditivos para la calibración y protección de sistemas de alimentación de combustible de los motores diesel en períodos de inactividad.



Figura 61: Fluido de calibración ISO 4113

Fuente: (Coredisa, 2012)

3.9.4. Selección de componentes hidráulicos

En la siguiente tabla se muestran los componentes utilizados con sus respectivas características de aplicación en el banco de pruebas.

Tabla 14.

Selección de componentes.

SISTEMA	ELEMENTO	IMAGEN	CARACTERÍSTICA
Sistema de baja presión de (0-5 bar).	Depósito		3 galones, acoples para cañerías de retorno, aireador y tapón de drenado
	Bomba de transferencia		Activación con 12 DC y presión máxima 5 bar pose un pre filtro antes de absorber el líquido.
	Manguera		ATFLEX ID 5/16 20 Bares (300 PSI) SAE 100 R1AT 1/4 – W/P 25 Bar (360 PSI)
	Acoples hidráulicos		Tee, codos, reducciones uniones de 3/4 y 5/16
	Válvula reguladora de baja presión		0 – 9 Bar.
	Manómetro de baja presión		0 - 11 Bar.
	Filtro de combustible		Delphi 296 con separador de agua.

CONTINÚA



	Cañerías de acero		Con acoples M14 y M16 con un diámetro de 2,67 mm
Sistema de alta presión (0-1300 bar).	Bomba de alta presión		HP3 Denso genera 1350 bares a 2000 rpm.
	Válvula de alivio de alta presión manual.		Regula la presión de 0-1100 bar.
	Manómetro de alta presión		0 – 1300 Bar.
	Riel de inyectores		Denso de acero forjado.
	Inyectores		Bosch, Denso, Delphi y Piezoeléctricos.
	Probetas		Con graduación hasta 100 ml.
	Electroválvulas		<ul style="list-style-type: none"> • Activación 110/127 V AC • 50/60 Hz 9 watts • presión máxima 1 psi
	Motor eléctrico		Genera 5 hp a 1750 rpm.

3.10. 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.

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 este expuesto a ningún tipo de deformaciones, sea resistente y seguro.



Figura 62: Estructura metálica



Figura 63: Banco de pruebas en Inventor 2013.

3.10.1. Diseño estructural del banco de pruebas

Para el diseño estructural se utilizó el software cad Inventor 2013, para el análisis de fuerzas aplicadas, diseño mecánico y simulación en 3D. Para obtener un mejor análisis del diseño y reforzar la estructura en puntos críticos, evitando zonas de ruptura.

3.10.2. Parámetros para el diseño de la estructura

- Resistencia: tensiones que debe soportar la estructura sin alterarse, como el sistema de inyección CRDI, motor eléctrico, componentes hidráulicos y electrónicos.
- Distorsión: no debe deformarse la estructura en los puntos críticos de sujeción.
- Corrosión: soporte a cualquier ataque electroquímico del entorno, debemos proteger el material con la pintura anticorrosiva adecuada.
- Costo: Debe ser económico y los materiales deben estar disponibles en el mercado nacional.

3.10.3. Modelado de la estructura

El software Inventor 2013 nos ayuda con las herramientas de animación, modelado y simulación, con la herramienta Simulation Mechanical nos permite el análisis de elementos finitos y análisis estructurales en condiciones reales con cargas aplicadas.

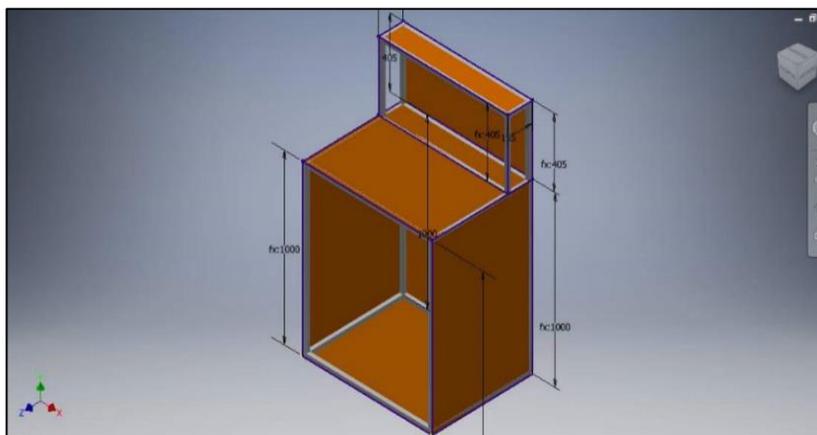


Figura 64: Modelado en el software Inventor

3.10.4. Análisis de fuerzas

Para el análisis de fuerzas utilizamos la aplicación de simulación estática, para realizar un estudio de esfuerzo al aplicar un peso, analizando los puntos críticos de ruptura y deformación para reforzar nuestro diseño principal.

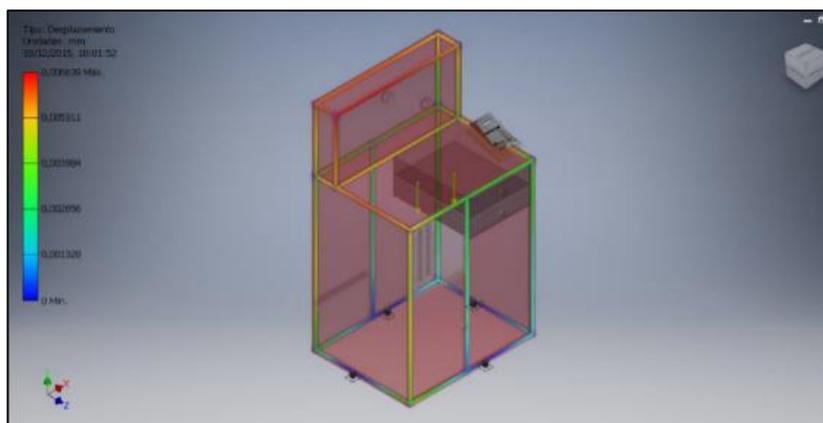


Figura 65: Análisis de fuerzas aplicadas en un punto

3.10.5. Estructura Metálica

Se utilizó un tubo cuadrado estructural de medidas de 1 1/2' x 1' de acero ASTM A36, el material satisface los esfuerzos a que va a ser sometido el banco de pruebas. En la parte superior e inferior se utilizó ángulos de 1 x 1/8 para el soporte del panel de control y bases del motor eléctrico y bomba de alta presión, para la unión de todas las partes de la estructura se utilizó una soldadura MIG.

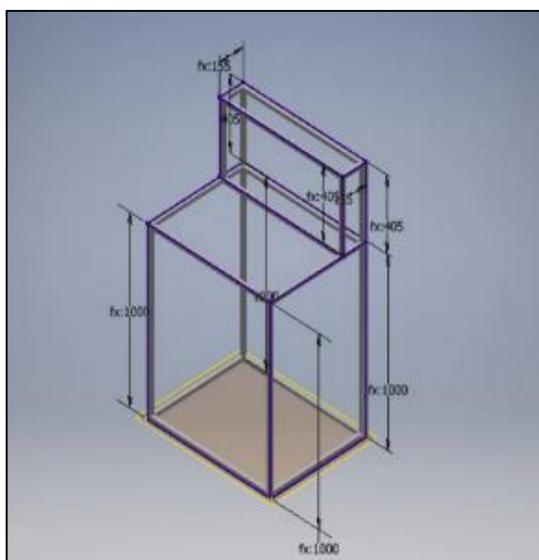


Figura 66: Modelado de la estructura en Inventor 2013

3.10.6. Material de la cubierta de la estructura

Se utilizó planchas de acero cuyas medidas fueron 240 cm x 122 cm y 1.5 mm de espesor la cubierta tiene una alineación muy precisa para hacer el doblez para disminuir las vibraciones y ruidos producidos por el motor eléctrico y la bomba de alta presión.

3.11. Diseño electrónico y eléctrico

Para el diseño electrónico tienen mucha importancia el uso de software, para la verificación del comportamiento antes del ensamblaje y posterior para la parte eléctrica debemos tener en consideración los parámetros de funcionamiento de cada componente que se utilizó en el proyecto.

3.11.1. Selección eléctrica

Es necesario una alimentación de 220 v para motores trifásicos y la utilización de condensadores de arranque, simulando las condiciones de trabajo de un vehículo, para la protección del sistema se conecta un breaker de 40 A por medidas de seguridad.

3.11.2. Conexión en triángulo

La conexión en triángulo logra un rendimiento óptimo al momento de arranque del motor trifásico

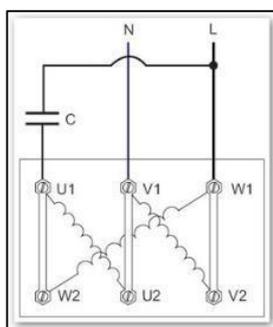


Figura 67: Conexión trifásica a 220 v giro derecho

Fuente (Durbá, 2011)

Si se desea invertir el giro del motor se procede a cambiar el condensador de bobina

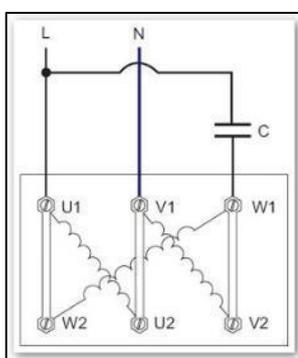


Figura 68: Conexión trifásica a 220 v giro derecho

Fuente (Durbá, 2011)

3.11.3. Conexión del motor eléctrico

El diagrama de conexión para alto o bajo voltaje se encuentra en la placa del motor eléctrico

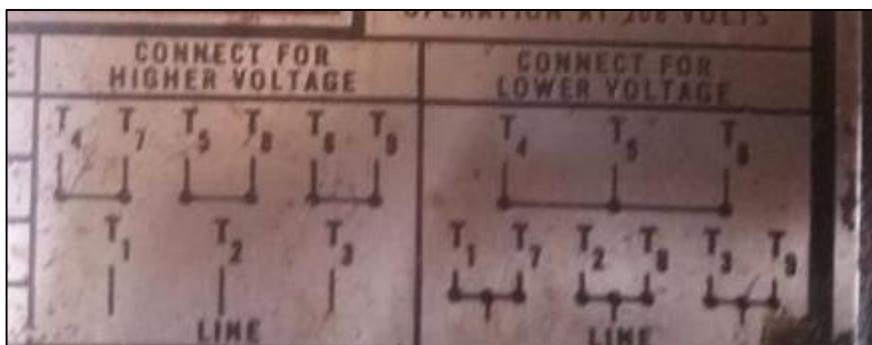


Figura 69: Placa de alto y bajo voltaje del motor trifásico

Se conectan las líneas de acuerdo al esquema que representa de 440v (voltaje superior) o 220v (voltaje inferior), en nuestro caso necesitamos una conexión de 220v para el funcionamiento del motor eléctrico, conectamos las líneas de acuerdo al diagrama que está en la placa.



Figura 70: Conexión de las líneas para alimentación 220v

Para un motor trifásico conectado a una red trifásica 220v por medio de utilización de condensadores, se tiene el siguiente rendimiento:

Par de arranque de 16 al 21% en el par nominal

Potencia máxima del 70 al 80% de la potencia nominal

Potencia kW	HP	Carcasa	Par nominal Tn (Nm)	Corriente con rotor trabado Ii/In	Par con rotor trabado Tt/Tn	Par máximo Tb/Tn	Momento de inercia J (kgm ²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	440 V						Corriente nominal Ib (A)	
								Caliente	Frio			% de la potencia nominal							
												Rendimiento			Factor de potencia				
												50	75	100	50	75	100		
4 Poles - 1800 rpm - 60 Hz																			
0,09	0,12	63	0,499	5,2	3,2	3,4	0,00045	22	48	7,0	48	1725	45,0	53,0	55,0	0,44	0,52	0,61	0,262
0,12	0,16	63	0,667	4,5	3,0	3,2	0,0004	27	59	7,0	48	1720	47,0	55,0	57,0	0,46	0,55	0,62	0,445
0,18	0,25	63	1,01	4,5	2,8	3,0	0,00045	22	48	7,5	48	1710	55,0	63,0	64,0	0,47	0,57	0,65	0,570
0,25	0,33	63	1,40	4,5	2,9	2,9	0,00068	25	55	8,0	48	1710	59,0	64,0	67,0	0,48	0,59	0,68	0,720
0,37	0,5	71	2,10	4,3	2,3	2,5	0,00079	12	26	10,0	47	1690	58,0	65,0	68,0	0,46	0,59	0,69	1,04
0,55	0,75	71	3,13	4,8	2,5	2,5	0,00096	12	26	11,5	47	1690	65,0	69,0	72,0	0,48	0,61	0,71	1,41
0,75	1	80	4,17	6,7	2,6	2,9	0,0025	12	26	12,5	48	1720	74,0	78,0	78,2	0,60	0,73	0,81	1,56
1,1	1,5	80	6,15	6,4	2,5	2,8	0,0030	9	20	14,0	48	1710	76,0	79,0	79,2	0,61	0,74	0,81	2,25
1,5	2	90S	8,28	6,4	2,5	2,8	0,0049	10	22	18,5	51	1730	80,5	81,5	82,0	0,59	0,71	0,79	3,04
2,2	3	90L	12,2	5,7	2,1	2,4	0,0060	9	20	22,0	51	1720	82,0	83,0	83,1	0,62	0,74	0,81	4,29
3	4	100L	16,8	6,0	2,4	2,7	0,0082	12	26	30,0	54	1710	83,5	84,0	84,1	0,63	0,76	0,81	5,78
3,7	5	100L	20,7	6,4	2,7	2,9	0,0097	11	24	33,0	54	1710	85,0	85,5	85,5	0,63	0,75	0,81	7,01
4,5	6	112M	24,6	6,7	2,1	2,8	0,0156	15	33	42,0	58	1750	86,0	86,5	86,2	0,63	0,75	0,81	8,43
5,5	7,5	112M	30,2	6,0	2,0	2,7	0,0167	11	24	43,0	58	1740	86,0	87,0	87,0	0,61	0,74	0,80	10,3
7,5	10	132S	40,8	7,2	2,1	2,8	0,0413	8	18	63,0	61	1755	86,5	88,0	87,5	0,67	0,78	0,83	13,6
9,2	12,5	132M	50,1	7,5	2,2	2,9	0,0488	7	15	70,0	61	1755	87,5	88,5	88,0	0,67	0,79	0,83	16,5
11	15	132M	59,9	8,3	2,3	2,8	0,0583	6	13	73,0	61	1755	87,0	88,5	88,6	0,68	0,80	0,83	19,6

Figura 71: Parámetros del motor trifásico

Fuente: (Analuca & Sangucho, 2013)

3.11.4. Corriente de consumo para el motor eléctrico 220/440 V

Se tiene la corriente nominal que viene dado por la potencia de un motor en relación con la tensión de acometida y el rendimiento del motor está dado por la siguiente ecuación

$$IP = \frac{P}{E \times FP \times N}$$

Ecuación 7. Corriente de consumo nominal

Donde

IP= corriente nominal o plena carga que consume un motor (A)

P= potencia que desarrolla un motor (W)

E= tensión a la que se conecta el motor (V)

FP= factor de potencia

N= rendimiento del motor

La corriente para un motor trifásico que está conectado a 200/440 V se multiplica el denominador por la raíz cuadrada de 3.

$$IP = \frac{P}{\sqrt{3} \times E \times FP \times N}$$

Ecuación 8. Corriente de consumo del motor trifásico

Para calcular la corriente consumida por el motor trifásico a una tensión de 220 v con el 75 % de rendimiento se escoge los valores de la tabla:

Datos

IP=?

E= 220 v

FP= 0.75

N= 0.85

P=4500 W = 5 Hp

$$IP = \frac{P}{\sqrt{3} \times E \times FP \times N}$$

$$IP = \frac{4500}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.75 \times 0.85}$$

$$IP = 18,52 A$$

3.11.5. Potencia absorbida por el motor

$$P_{abs} = \frac{P(w)}{n}$$

Ecuación 9. Potencia absorbida por el motor.

Donde

P= potencia del motor

n= rendimiento del motor

$$P_{abs} = \frac{4500 W}{0.85}$$

$$P_{abs} = 5294.11 W$$

$$P_{abs} = 5.3 KW$$

3.11.6. Eficiencia del motor

Medida de la capacidad de un motor eléctrico para convertir la energía eléctrica en potencia mecánica útil.

$$E = \frac{P.mecanica}{P.electrica} * 100\%$$

Ecuación 10. Eficiencia del motor.

$$E = \frac{4500 (W)}{5300 (W)} * 100\%$$

$$E = 85 \%$$

3.11.7. Rendimiento del motor

La relación entre el cociente de la potencia útil en el eje y la potencia total o absorbida por la red, en un intervalo de tiempo determinado, el rendimiento de una maquina será siempre un número menor a uno, para expresarlo en % se multiplica su valor por 100.

$$N = \frac{P. salida (KW)}{P.entrada (KW)} * 100\%$$

Ecuación 11. Rendimiento del motor.

$$N = \frac{4500 (W)}{5300 (W)} * 100\%$$

$$N = 85\%$$

La potencia necesaria para la aplicación mediante cálculos es de 3.3 Hp el motor trifásico genera 5 Hp conectado a una red 220V obtuvimos un rendimiento del 85 %. Es una potencia aproximada de 3,8 KW (4,94 Hp) los cuales satisfacen a los requerimientos del sistema.

$$\frac{4,5 KW}{x} = \frac{100 \%}{85 \%}$$

$$x = 3,8 KW$$

3.11.8. Pérdidas del motor trifásico

Las pérdidas en el cobre de una máquina son las pérdidas por calentamiento debido a la resistencia de los conductores del rotor y del estator.

$$\text{Pérdida} = P. eléctrica - P. mecánica$$

Ecuación 12 . Pérdidas del motor

$$\text{Pérdida} = 5.3 KW - 4.5 KW$$

$$\text{Pérdida} = 0.8 \text{ KW}$$

3.11.9. Par motor

Momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia.

$$P = M * w$$

Ecuación 13. Par motor

Donde

P= potencia (W)

M= par motor (N.m)

W = velocidad angular (rad/seg)

1760 rpm = 184.30 rad / seg

$$M = \frac{P}{w}$$

$$M = \frac{3800 \text{ W}}{184.30 \text{ rad/seg}}$$

$$M = 20,61 \text{ N.m}$$

3.11.10. Selección del cableado

En la selección del cableado tener en cuenta la función que va a realizar el sistema de potencia y activación del motor eléctrico. De no tener la precaución de utilizar el cable adecuado, se podría calentar y posteriormente quemarse o deteriorarse por la corriente que se maneja en el circuito.

Para seleccionar un cable flexible debemos de tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) **Carga o consumo:** las cargas son diversas en nuestra aplicación, los elementos se activan con diferentes corrientes el conductor eléctrico debe soportar estas corrientes, se puede tener en KW, HP, KVA o Amp. para el diseño utilizado, están electroválvulas, motor eléctrico, bomba eléctrica. El sistema se conecta a una red trifásica.

- b) **Distancia de la carga:** los conductores eléctricos tienen resistencias que dependen de tres factores: dos geométricos y uno químico; se refiere al área del conductor, la longitud y su resistividad. El segundo es un factor muy importante que determina la caída de tensión en los cables eléctricos. La longitud del conductor es directamente proporcional a su resistencia.
- c) **Temperatura ambiente:** dependiendo de los requerimientos de la instalación, habrá zonas a bajas o altas temperatura, el banco será usado de forma permanente en la ciudad de Latacunga, por lo que será fundamental saber la temperatura ambiente a la que se encuentra en funcionamiento el banco de pruebas, se determinará que corriente llevará

Se utilizó cable flexible de color verde # 14 AWG, para las protecciones del módulo y control del encendido.



Figura 72. Cable # 14 AWG

Se utilizó cable 3x10 AWG para la entrada de corriente al motor trifásico.



Figura 73: Cable # 10 flexible 3 cables

3.12. Diseño electrónico

Para la activación de los inyectores CRDI necesitamos diferentes placas para los actuadores inductivos se tiene placas de potencia, y una tarjeta principal o de control

por medio de un transistor mosfet IRF 144 y un timer 555 se controla los anchos de pulsos para activar los inyectores electromagnéticos

3.12.1. Componentes de control

Para los componentes electrónicos se debe tener en cuenta las corrientes y voltajes de operación, los inyectores crdi utilizan corrientes elevadas para la activación del bobinado.

3.12.2. Fuente de alimentación

La fuente de poder es un dispositivo que convierte la tensión alterna, en una o varias tensiones, prácticamente continuas, que alimentan los distintos circuitos electrónicos para la activación de los actuadores.



Figura 74: Fuente de alimentación.

Tabla 15.

Características de la fuente de alimentación

Características de la fuente de alimentación	
Utilización	Suministra energía a los componentes o dispositivos electrónicos
Alimentación y consumo	115 V/230V, 50 Hz, 10A /6A.
Voltaje de salida DC	+5V +3.3V +12V -12V +5VSB
Corriente de salida	29A, 26A, 34A, 0.3A, 2.5A

3.13. Módulo de control electrónico para la activación de los inyectores

Para la comprobación del funcionamiento de los distintos inyectores CRDI inductivos y piezoeléctricos se diseñó diferentes placas de control

3.13.1. Placa de control

El módulo de control posee capacitores que almacenan 110uf, 200 V, 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.

3.13.2. Funcionamiento de la placa de control

La programación nos permite realizar distintas pruebas como son ciclos de trabajo y modulación de ancho de pulsos a diferentes frecuencias, posee un led el cual nos da señal de funcionamiento de los pulsos PWM, los condensadores estabilizan el voltaje de 5V hacia el microprocesador.

Un potenciómetro controla la selección de operación del módulo de control para las diferentes pruebas como es la frecuencia y ciclo de trabajo, el tiempo de apertura de los inyectores tanto para actuadores bobinados o piezoeléctricos.

3.13.3. Diseño de la placa de control

Se diseñó la placa en el software Proteus 8.0 para la impresión y soldadura en la baquelita

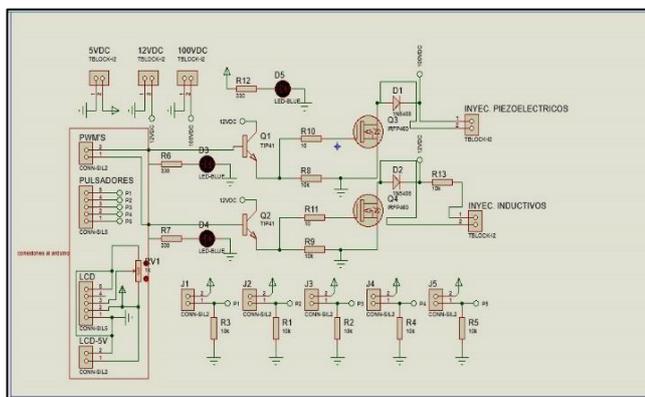


Figura 75: Diseño de la placa de control en PROTEUS 8.0

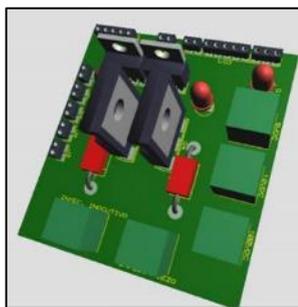


Figura 76: Diseño en Proteus 8.0



Figura 77: Placa de control

3.13.4. Diseño de la placa de potencia

La fuente de poder alimenta con 12v DC a la placa la misma que eleva el voltaje a 80V DC al momento de ponerla en funcionamiento se estabiliza a 60 V, para los inyectores de marca Bosch, Denso y para inyectores Delphi un voltaje de 12V DC, posee un integrado 555 que actúa como oscilador para cargar y descargar los condensadores.

Los diodos rectificadores separan los ciclos positivos de una señal de corriente alterna para proteger el circuito integrado.

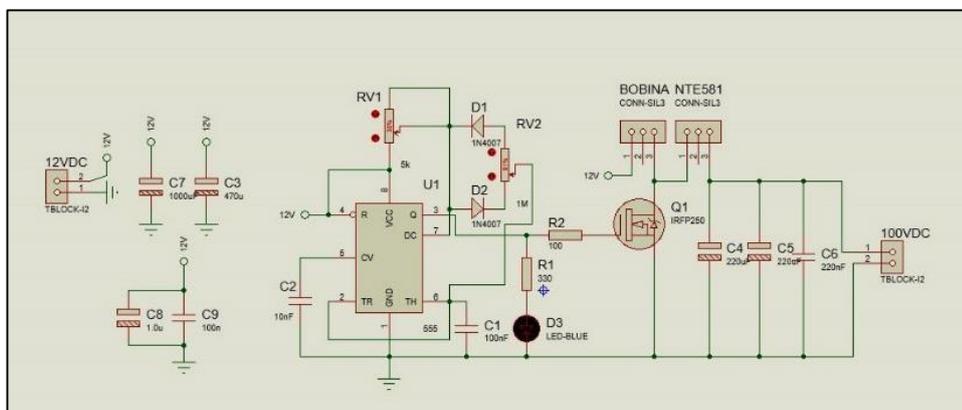


Figura 78: Placa de potencia en Proteus 8.0

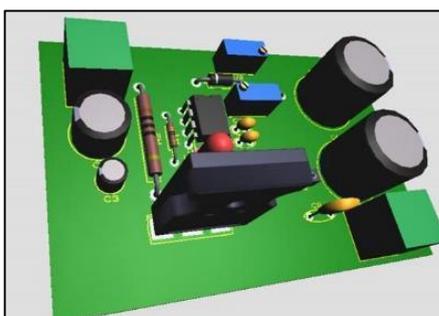


Figura 79: Tarjeta del convertor dc-dc



Figura 80. Placa de potencia en la baquelita

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS EN EL BANCO PARA DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO DE INYECTORES CRDI

El equipo dispone de 2 probetas una probeta mide el caudal recibido en cada una de las pruebas y la segunda probeta mide el retorno de los inyectores, para el drenaje de cada probeta el banco de pruebas dispone de electroválvulas que envían el fluido al depósito de combustible, el banco dispone de una bomba HP3 denso que genera la alta presión y envía a un conducto común o riel donde se controla la presión a través d una válvula manual, con aguja obturadora de paso, para medir la presión en el circuito posee 2 manómetros de baja y alta.

4.1. Características del banco de pruebas

- Sistema hidráulico con válvulas reguladoras de presión manual en la parte de alta y baja.
- Módulo de control electrónico de anchos de pulsos, botoneras de control y display.
- Alimentación 220v AC y 110 v AC
- Cilindro transparente de mica para visualizar la pulverización de los inyectores
- Manómetros para visualizar la presión del sistema

4.2. Características del sistema de control y activación de inyectores.

- Modulación de ancho de pulsos de acuerdo a las revoluciones y presión de trabajo e inyectores del sistema CRDI.
- Pantalla lcd de información de datos de ingreso.
- Información de manejo del banco de pruebas para la seguridad del usuario.

4.2.1. Ventajas

- El equipo dispone de un cilindro transparente en el cual se puede observar la pulverización de los inyectores
- Operación sencilla y rápida de manejo
- Interruptores de control para activar y desactivar el sistema hidráulico

- Depósito con tapón de vaciado para un fácil mantenimiento
- Probetas graduadas y con drenaje automático

4.2.2. Especificaciones técnicas

Para el funcionamiento del banco de pruebas es necesario activar los componentes para realizar las pruebas

Tabla 16.

Especificaciones del banco de pruebas.

Sistema de activación del sistema hidráulico
Se alimenta de 110 AC las electroválvulas y la fuente que a su vez envía una tensión de 12 V DC para activar la bomba eléctrica que se encuentra dentro del depósito de combustible, dispone de una botonera de control para accionar la bomba y las electroválvulas.
Una corriente de 220 AC trifásica para activar el motor de 5hp, que da el movimiento a la bomba de alta presión HP3 Denso, de la misma forma para accionar el motor se encuentra un breaker en la parte de la botonera de control.

4.2.3. Presiones de trabajo

El sistema de baja presión debe estar regulado de 2 a 3,8 Bares, la bomba de alta HP3 en su mecanismo requiere de cierta cantidad de presión, para generar la alta presión constante de fluido en el sistema, para que el circuito funcione correctamente, estas presiones las controlamos a través de válvulas manuales, podemos visualizar con los manómetros instalados en el sistema.

Tabla 17.

Presiones de trabajo

Circuito de baja presión
Regula la presión de 0-116 Psi (0-8 bar)
Circuito de alta presión
Regula la presión de 0-20000 Psi (0-1400 bar)
Capacidad del deposito
3 galones americanos (11 litros)

4.2.4. Sistema de verificación y diagnóstico

Para realizar el correcto diagnóstico de los inyectores CRDI, debemos observar las presiones que se va a trabajar el sistema para las distintas pruebas, el volumen inyectado y el que retorna puede dar un criterio de estado del actuador.

Tabla 18.**Instrumentos de medición**

Instrumentos de medición
Manómetros analógicos de (0-11 bar) y de (0-1300 bar), el sistema posee probetas graduadas de 100 ml para la respectiva medición y un cilindro transparente para observar la pulverización del inyector.

4.2.5. Cañerías y acoples

Para ajustar los diferentes inyectores del sistema crdi, requerimos diversos acoples entre el riel y el inyector para que haya un mejor ajuste y no presente fugas en la alta presión.

Tabla 19.**Cañerías y acoples**

Cañerías y acoples
Para realizar las pruebas necesitamos 2 tipos de acoples para los diversos inyectores que existen en el mercado se utilizó acoples de cañería M14 y M16

4.2.6. Señal de activación

El módulo de activación de inyectores genera una señal para un inyector sea inductivo o piezoeléctrico para un determinado tiempo.

Tabla 20.**Señal de activación**

Conexiones
El equipo dispone de conectores para Bosch Denso y Delphi, para dar la señal de activación y conector para inyector piezoeléctrico se debe realizar la prueba a solo un inyector.

4.2.7. Aplicación

El banco de pruebas de inyectores es un equipo para probar únicamente inyectores CRDI, por las altas corrientes, tiempos muy cortos de activación y la alta presión del sistema se prohíbe el uso de inyectores a gasolina.

Tabla 21.**Aplicación del banco**

Alcance
El circuito de potencia está diseñado, para comprobar un inyector CRDI, debido a su alto voltaje y corriente por la característica de activación de los inyectores common rail.

4.2.8. Requerimiento de activación

El equipo dispone de un motor trifásico que acciona la bomba de alta presión y posee una fuente de poder el cual energiza a los demás componentes del sistema del banco, por lo que el banco necesita de tomacorrientes industriales de 220AC trifásico y 110 AC monofásico.

Tabla 22.**Tensión de trabajo**

Alimentación eléctrica
Toma corriente de 220 V trifásica y 110 V 60 Hz.

4.2.9. Líquido de pruebas

El fluido de tiene ciertas propiedades lubricantes y normalizadas para cumplir los requerimientos establecidos por el fabricante de cualquier marca de inyector.

Tabla 23.**Características del fluido de pruebas**

Características
El aceite de calibración está definido en la norma ISO 4113. El fluido provee las condiciones básicas para obtener resultados reproducibles y compatibles con las condiciones reales de operación.

4.3. Procedimiento para realizar pruebas

- Llenar el depósito con el aceite de calibración ISO 4113, retirar la bomba de transferencia que se encuentra en el interior del depósito y llenar con 3 galones el reservorio con el fluido de prueba.

- Abrir totalmente la válvula de alta presión para despresurizar el sistema, antes de montar las cañerías del inyector en el riel común.
- Verificar el nivel del aceite de calibración para no provocar daños en el circuito hidráulico.
- Verificar el filtro separador de agua, en caso de presentar condensación purgar a través del tornillo inferior del filtro.
- Ajustar bien todos los componentes del sistema hidráulico para que no haya fugas de ser el caso apagar el sistema, para evitar un accidente por la alta presión del circuito.
- Utilizar los implementos necesarios y normas de seguridad para cuidar la integridad física del operador y el funcionamiento del banco de pruebas.
- Verificar que las tomas de corriente estén bien conectadas, para el motor a una corriente de 220 AC trifásica.
- Verificar que las que conexiones de 110 AC para la fuente y las electroválvulas estén bien conectadas.

ADVERTENCIA: No encender el motor eléctrico antes de verificar si todos los componentes de alta presión, se encuentren bien ajustados y la válvula de alivio se encuentre totalmente abierta, de no hacer caso a esta advertencia la presión saldrá por las partes mal ajustadas provocando un accidente.

4.3.1. Revisión de inyectores

Se debe verificar la resistencia de cada inyector estos varían de acuerdo al fabricante, con un multímetro evaluar la resistencia y de acuerdo al manual de servicio realizar una prueba comparativa, en los inyectores piezoeléctricos tener en cuenta los conectores ya que poseen una polaridad para Bosch y es viceversa su conector para Siemens.

4.3.2. Colocación de inyectores en el banco

- Limpiar la punta de los inyectores antes de ser ubicados en el riel con spray limpia carburadores.
- Verificar el acople necesario para conectar al riel sea M14 o M16, también se recomienda inspeccionar el estado del retorno del inyector, para conectar los acoples según la marca del actuador.

- Colocar los acoples a la manguera de retorno, para cada inyector sea Bosch, Denso o Delphi hay uno específico para cada inyector.
- Colocar la cañería al inyector y al riel común, verificar si se encuentra bien ajustada para evitar un accidente producido por la alta presión del sistema.
- Colocar la punta del inyector en el frasco cilíndrico transparente, para observar la pulverización y estado de la punta del actuador.
- Conectar el módulo de control electrónico al conector de salida de 12V DC que envía la fuente.
- Colocar en el módulo de control electrónico el ciclo de trabajo, frecuencia y tiempos de apertura del inyector para realizar las diferentes pruebas.
- Conectar los cables de señal de activación para controlar la modulación de ancho de pulso de los inyectores.
- Encender la bomba de baja presión, con el botón de accionamiento que se encuentra en el tablero de control y observar el manómetro que este a una presión de 3 bar.
- Encender el motor trifásico con el breaker que se encuentra en el tablero de control.
- Regular la alta presión con la válvula manual que se encuentra en el riel común, observar en el manómetro la presión que se desea trabajar.
- Activar los inyectores con el módulo de control y observar la pulverización en cada prueba.
- El tiempo de ejecución a máxima presión no debe de sobrepasar los 15 seg. Puesto que la capacidad de las probetas es de 100 ml.

ADVERTENCIA: No exceder de los 1000 bar de presión en el sistema, puesto que ello provocaría fugas en el circuito de alta, en especial en la válvula de control manual, se romperían los sellos que se dilatan por el calor de la presión, si sucede esto desconectar rápidamente el sistema de alta presión bajando el breaker, de no hacer caso a esta advertencia la presión saldrá por la válvula manual provocando un accidente.

Los tiempos de ejecución para el cycle duty y frecuencia no deben sobrepasar los 15 seg. A máximas presiones, ya que las probetas están graduadas a 100 ml, si se sobrepasa este tiempo el líquido de pruebas rebosa y se desperdicia.

4.3.3. Desmontaje de los inyectores

- Una vez realizada la prueba de pulverización observar las probetas de caudal, retorno y el tiempo de ejecución estimado.
- Desconectar el motor que da giro a la bomba de presión con el breaker y abrir totalmente la válvula manual de alta presión.
- Desactivar el sistema de baja presión del tablero de control.
- Activar las electroválvulas con los switch que se encuentran en el panel de control, una vez tomadas las medidas de caudal y retorno
- Desconectar la cañería de suministro del riel e inyector utilizar guantes de protección puesto que el inyector se encuentra caliente.
- Retirar los acoples de retorno del inyector.
- Secar los inyectores

4.4. Pruebas de reconocimiento y comprobación de componentes del banco de inyectores CRDI

El equipo de diagnóstico de inyectores CRDI, se puede realizar distintas pruebas, tanto como de ciclo de trabajo a diferentes RPM o tiempo de apertura que van de (150 a 1500) us. y variar la presión del sistema, de acuerdo a las necesidades establecidas para la prueba.

Primero se debe de inspeccionar cada uno de los componentes del banco de pruebas de inyectores CRDI, para poder realizar las respectivas pruebas de funcionamiento y comprobación del estado de los mismos, para que no presente ningún inconveniente al momento de estar ejecutando los ensayos.

Tabla 24.

Características de funcionamiento

Prueba	Presión		Duración	Amplitud de pulso
	Baja	Alta		
Purga	3 bar	500 bar	37 seg	0,15 ms – 1,5ms
Estanqueidad	3 bar	1000 bar	37 seg	0 ms
Arranque	3 bar	500 bar	37 seg	0,15 ms – 1,5 ms
Ralentí	3 bar	420 bar	37 seg	0,15 ms – 1,5 ms
Plena carga	3 bar	1000 bar	37 seg	0,15 ms – 1,5 ms

<u>CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ ESPE LATACUNGA</u> <u>INFORME DE PRÁCTICA DEL EQUIPO DE DIAGNÓSTICO</u>		
Cristian Morán Rodrigo Passo	Práctica N° 01	2016/
Tema: Introducción	Asignatura: Autotrónica III	

Objetivos

- Conocer y verificar cada uno de los componentes del equipo de diagnóstico y comprobación de inyectores, nivel del aceite de calibración, interruptores de encendido estén desactivados, normas de seguridad, equipo de trabajo.
- Realizar tablas de mediciones para verificar las resistencias de cada inyector y para identificar el estado de los componentes del sistema.

Equipo

- Banco de comprobación de inyectores.
- Equipo de seguridad necesario para trabajo con maquinaria.
- Multímetro.
- Inyectores.
- Caja de herramientas.

Desarrollo de la práctica

Realizar grupos de trabajo para la práctica de mediciones de resistencia de cada inyector que se va a probar, en el equipo se puede realizar la prueba de un inyector CRDI a la vez.

- Limpiar la punta de los inyectores de la carbonilla, se recomienda usar líquido limpiador de carburador para limpiar de todas las impurezas para observar bien la pulverización
- Con el multímetro en la opción de Ω medir las resistencias internas de cada uno de los inyectores, se debe medir primero la resistencia entre las puntas del multímetro y restar de la medida en el inyector y se observa que tiene el valor real de resistencia de cada uno de los inyectores y llenar la siguiente tabla:

Tabla 25.

Resistencia interna de los inyectores.

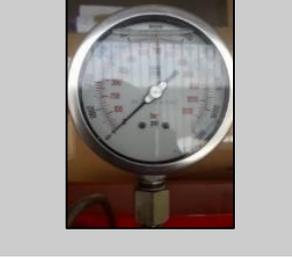
Inyector	Imagen	Resistencia
Bosch inductivo		0,5 Ω
Denso inductivo		0,4 Ω
Delphi inductivo		0,7 Ω
Bosch Piezoeléctrico		0L Ω

Tabla 26.

Reconocimiento de componentes.

Componente	Imagen	Ubicación	Estado y verificación
Depósito		Parte interna de la estructura	Revisar que no presenten fugas y todas las cañerías estén conectadas.
Bomba eléctrica		Va sujeta en la parte interior del depósito	Se activa con un voltaje de 12V DC, a una presión de 3 bar.
Filtro		A la salida de la bomba eléctrica.	Revisar que no presente fugas y que no haya condensación en la parte de cristal del filtro si presenta purgar con el tornillo inferior.
Válvula de presión de baja presión		En la parte interior del tablero de control.	Verificar si está correctamente ajustado y regulado a 3 bares de presión.
Manómetro de baja presión		En la parte del tablero de control	Observar al momento de encendido que este regulado de 2,5 ó 3 bares de presión.
Motor eléctrico		En la parte inferior de la estructura	Conectar a 220V AC trifásica
Bomba de alta presión		En la parte inferior de la estructura	Verificar que se encuentre la manguera de ingreso de fluido y la cañería de salida de alta presión correctamente ajustadas.
Poleas de transmisión		En el eje del motor eléctrico y la bomba de alta presión	Verificar que estén ajustadas a los ejes y que estén centrados entre poleas.

CONTINÚA 

Banda de transmisión		Entre el motor eléctrico y la bomba	Revisar que este en buen estado y ajustado lo normal para su respectivo funcionamiento.
Cañerías de alta presión		Desde la salida de la bomba de alta presión al riel común y desde el riel al inyector.	Inspeccionar que estén bien ajustadas y que no presente fugas.
Riel de alta presión		En la parte superior del banco de pruebas	Observar que no presente fugas y que este correctamente ajustado a la válvula de alta presión, los tapones del riel y cañerías.
Válvula manual de alta presión		En la parte superior de la estructura	Verificar que este bien ajustada todas las partes de la válvula
Manómetro de alta presión		En la parte superior de la estructura	Al momento de encender verificar que se encuentre en 0 Bar para ir ajustando la válvula y regula a la presión de trabajo deseada
Vaso de pulverización		Parte frontal del banco de pruebas	Inspeccionar que no presente fugas y bien ajustado la base para que no haya escape de líquido de pruebas.
Inyector		Parte frontal del banco de pruebas	Ajustar correctamente las cañerías de alta presión al riel común y colocar los retornos respectivos de acuerdo a la marca de inyector
Probetas		Parte central del banco de pruebas	Observar que estén totalmente drenadas para hacer las pruebas correspondientes

Fuente de alimentación		En la parte interior del banco de pruebas	Verificar que este alimentada de una corriente casera a 110 V AC, alimenta al módulo de control con 12 V DC
Módulo de control electrónico		En la parte superior frontal del banco	Ensamblar con el conector que se encuentra en la parte superior junto al módulo el cual recibe 12 V DC.
Conectores del módulo al inyector.		Con el módulo de control electrónico	Verificar que se encuentre bien ajustados y con su respectiva polaridad positivo rojo negativo negro.
Interruptores de baja presión y electroválvulas		Parte frontal del tablero de control	Verificar que estén en off para poder iniciar con las pruebas las conexiones de las electroválvulas son a una corriente casera de 110 AC.
Interruptor de alta presión.		Parte frontal del tablero de control	Verificar que este en off para poder iniciar la prueba y que esté conectada a corriente de 220 AC trifásica

- Conectar la corriente para el motor trifásico de 220 AC y 110 AC las cuales alimentan todo el sistema,
- Conectar el conector que alimenta al módulo de control electrónico con salida de 12V DC.
- Conectar la cañería al riel y al inyector, ajustar y verificar que todos los acoples del circuito hidráulico en especial bomba, riel e inyector, estén bien ajustados.
- Conectar el conector al inyector sea inductivo o piezoeléctrico con el módulo de control electrónico.
- Conectar al inyector el acople de retorno sea Bosch, Denso o Delphi o piezoeléctrico.
- Verificar que la válvula de control de presión de alta presión se encuentre totalmente abierta, cuando se encienda la parte de alta presión poder regular de 0 bar.
- Activar el switch de la bomba de baja presión y verificar en el manómetro de baja se encuentre entre los rangos de 2,5 y 3,5 bar.

- Activar el switch de alta presión y observar el manómetro de alta presión que se encuentre en 0 Bar, girar en sentido horario la perilla de la válvula manual y regular la presión a la prueba deseada.
- Seleccionar en el módulo de control electrónico la opción frecuencia / duty, poner los datos una vez calculado mediante fórmulas la frecuencia y ciclo de trabajo.
- Estimar un tiempo de prueba de 15 segundos y desconectar los switch de baja y de alta presión
- Tabular los datos en una hoja de cálculo de Excel para realizar una comparación de inyector a inyector.
- Una vez realizada las pruebas observar en las probetas el caudal de inyección y retorno.
- Para despresurizar el sistema de alta presión, girar en sentido antihorario la perilla de la válvula manual de presión.

Análisis y evaluación

- Debemos inspeccionar todos los componentes del banco de pruebas, que estén bien ajustados y que presente fugas en todo el circuito hidráulico.
- En el circuito de alta presión verificar muy cuidadosamente las conexiones debidamente ajustadas ya que al iniciar la prueba y no estar bien ajustados puede existir fugas.
- La presión optima de baja presión se puede trabajar en un rango de 2 a 4 bares a la entrada de la bomba de alta presión se puede regular a través de la válvula de alivio variable.
- La bomba Denso HP3 crdi garantiza una presión permanente a un régimen de revoluciones constante.
- La alta presión de trabajo puede variar en un rango de 0 a 1000 bares, los cuales podemos regular a través de válvula manual de alta presión.

Conclusiones y recomendaciones

- El uso adecuado del equipo permite que las pruebas sean lo más óptimas posibles permitiéndole al operador brindar un diagnóstico acertado sobre la condición de cada uno de los inyectores.

- Siempre llevar los implementos de limpieza y seguridad antes de usar el equipo, esto permite un ofrecer un mejor servicio de mantenimiento y diagnóstico.
- La conexión para el motor trifásico es de 220V Ac, para las electroválvulas y la fuente son a 110 V AC monofásica, conectar correctamente los equipos sino se podría producir un corto circuito en el sistema.
- La resistencia interna de cada uno de los inyectores obtenidas con el multímetro demuestra que estos componentes requieren una elevada cantidad de amperaje para su activación.
- Se recomienda verificar el sistema de alta presión, después de cada prueba por si existiera una fuga interna por las elevadas fuerzas y temperaturas que se genera.

4.5. Pruebas de cálculo y medición de ciclos de trabajo en el banco de comprobación de inyectores CRDI.

El equipo de diagnóstico de inyectores CRDI, se puede realizar distintas pruebas, para ralentí vamos a seleccionar en el módulo de control electrónico la prueba de “Cycle duty/ Frequency” los parámetros los vamos a calcular con las diferentes fórmulas de inyección simultánea y ciclo de trabajo requeridos para un motor diesel los ciclos de trabajo son (10, 20, 25, 30) %, y un tiempo de prueba de 15 seg. Las curvas características de corriente y voltaje las vamos a visualizar en el osciloscopio y tabular los tiempos de activación y cierre en una hoja de cálculo en Excel.

Tabla 27.

Parámetros del ensayo a los diferentes inyectores crdi, de las marcas Bosch, Denso y Delphi.

Inyector	Presión de prueba (bar)	Cicle duty (%)	Frecuencia (Hz)	Rpm	Tiempo de prueba (seg.)
	200	10	7	840	10
Bosch	400	20			
Denso	600	25			
Delphi	800	30			
	1000				

Los valores de caudal de inyección y retorno los vamos a tabular en una hoja de cálculo, una vez resolviendo los parámetros de las ecuaciones de ciclo de trabajo y rpm, para obtener tiempos de apertura y tiempos de cierre, comprobando con las gráficas obtenidas con el osciloscopio y la pinza amperimétrica, que los datos

calculados son similares a los obtenidos gráficamente, para posterior realizar un análisis comparativo de inyector a inyector y una evaluación del estado de la bobina mediante curvas características.

4.6. Pruebas de inyectores inductivos crdi a 840 RPM, a (200,400,600,800,1000) Bar.

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ ESPE LATACUNGA INFORME DE PRÁCTICA DEL EQUIPO DE DIAGNÓSTICO		
Cristian Morán Rodrigo Passo	Práctica N° 02	2016/
Tema: Cálculos y medición de ciclo de trabajo a ralentí 840 Rpm.	Asignatura: Autotrónica III	

Objetivos

- Conocer y verificar cada uno de los tiempos de activación y cierre mediante cálculos a 840 rpm, y con variaciones de ciclos de trabajo entre (10, 20, 25, 30) % de cycle duty y comparar gráficamente mediante el osciloscopio.
- Obtener curvas características de corriente y voltaje para analizar los tiempos de activación de cada inyector.
- Realizar tablas de mediciones en hojas de cálculo de Excel para poder realizar una comparación a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.
- Realizar graficas en Excel mediante las tablas obtenidas a los diferentes ensayos de presiones y ciclos de trabajo.

Equipo

- Banco de comprobación de inyectores.
- Multímetro.
- Inyectores.
- Caja de herramientas.
- Osciloscopio
- Pinza amperimétricaamperimétrica
- Equipo de seguridad para manipular maquinaria (guantes, gafas mandil, zapatos industriales).
- Programa Owon del osciloscopio en la computadora.

Desarrollo de la Práctica

Realizar grupos de trabajo para la práctica de cálculos y medición de tiempos de apertura y cierre de los distintos inyectores inductivos crdi, el equipo se puede realizar la prueba de un inyector CRDI a la vez.

Todos los integrantes del equipo deben de poseer los respectivos implementos de seguridad, para realizar la práctica, ya que están manipulando maquinaria a elevadas presiones y voltajes y corrientes altas.

4.6.1. Cálculo del tiempo de activación y cierre de inyección.

Para calcular el tiempo de activación de acuerdo a las revoluciones del motor, están establecidas por las fórmulas de inyección simultánea, para obtener la frecuencia se resuelve la ecuación, la cual se colocó en la pantalla lcd del equipo de control electrónico crdi.

$$N = \frac{120000}{T}$$

Ecuación 14. Inyección simultanea

$$f = \frac{1}{T}$$

Ecuación 15. Frecuencia en función de RPM

$$CT = \frac{Ti}{Ti + Tc} \times 100$$

Ecuación 16. Ciclo de trabajo

$$T = Ti + Tc$$

Ecuación 17. Tiempos de inyección

Donde:

N= Rpm

T= período (ms)

f= frecuencia (Hz)

CT= ciclo de trabajo

Ti= tiempo de inyección

Tc= tiempo de cierre de inyección

4.6.2. Cálculo de prueba a ralentí

Datos:

$$N = 840 \text{ Rpm}$$

$$N = \frac{120000}{T}$$

$$840 = \frac{120000}{T}$$

$$T = 142,86 \text{ ms}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = 6,99 \text{ Hz}$$

$$f = 7 \text{ Hz}$$

4.6.3. Cálculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo 10%.

$$CT = 10 \%$$

$$CT = \frac{T_i}{T_i + T_c} \times 100$$

$$10 \% = \frac{T_i}{142,86 \text{ ms}} \times 100$$

$$T_i = 14,29 \text{ ms}$$

$$T_c = 128,57 \text{ ms}$$

4.6.4. Cálculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo 20%.

$$CT = 20 \%$$

$$CT = \frac{T_i}{T_i + T_c} \times 100$$

$$20 \% = \frac{T_i}{142,86 \text{ ms}} \times 100$$

$$T_i = 28,58 \text{ ms}$$

$$T_c = 114,32 \text{ ms}$$

4.6.5. Cálculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo 25%.

$$CT = 25 \%$$

$$CT = \frac{T_i}{T_i + T_c} \times 100$$

$$25 \% = \frac{T_i}{142,86 \text{ ms}} \times 100$$

$$T_i = 35,72 \text{ ms}$$

$$T_c = 107,18 \text{ ms}$$

4.6.6. Cálculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo 30%.

$$CT = 30 \%$$

$$CT = \frac{T_i}{T_i + T_c} \times 100$$

$$30 \% = \frac{T_i}{142,86 \text{ ms}} \times 100$$

$$T_i = 42,87 \text{ ms}$$

$$T_c = 99,99 \text{ ms}$$

4.6.7. Cálculo de ángulos de inyección

a) Inyector inductivo Bosch 0445110070

Número de serie: 0445110070

Vehículo: Terracan 2.0

Resistencia: 0,5 Ohmios

Escala osciloscopio: Pinza Amperimétrica amperimétrica cada 100mv/1A; puntas de osciloscopio x10V.



Figura 81: Inyector Inductivo Bosch

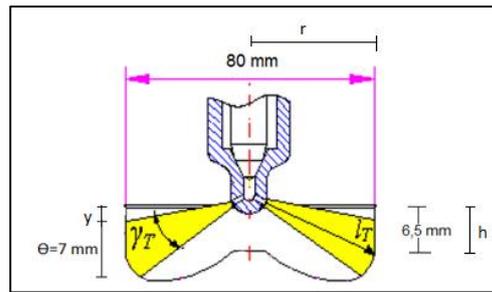


Figura 82: Ángulo de inyección

Datos

h = altura del centro de inyección al punto de referencia

r = radio del cilindro

θ = diámetro del chorro

I_T = ángulo de disparo

γ_T = ángulo de dispersión

Y = diferencia de alturas

Ángulo de disparo

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

Ecuación 18. Ángulo de disparo

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

$$I_T \quad \alpha = 9.23^\circ$$

Ángulo de dispersión

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

Ecuación 19. Ángulo de dispersión

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{7 + 3}{40}\right) - \arctan\left(\frac{3}{40}\right)$$

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

$$\gamma_T \quad \beta = 9,74^\circ$$

Tabla 28.

Prueba de inyector Bosch 0445110070 a 840 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones (200, 400, 600, 800, 1000) bar.

Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	Ángulo pulv.	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
200	170	9	4	9,74	15	10	7,5	14,30	1	13,3	128,56	142,9	7	840	10	8
200	150	12	6	9,74	15	11	7	28,60	1	20,1	114,26	142,9	7	840	20	8
200	150	13	7	9,74	14	11	7	35,50	1	21,6	107,36	142,9	7	840	25	8
200	150	26	9	9,74	13	11	7,5	42,80	1	20,5	100,06	142,9	7	840	30	8
400	300	21	5	9,74	16	11	6,5	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
400	250	37	9	9,74	15	11,5	7	29,70	1	21,5	113,16	142,9	7	840	20	8
400	225	42	10	9,74	14	11	7,5	35,40	1	21,2	107,46	142,9	7	840	25	8
400	200	47	12	9,74	14	11	7,5	42,20	1	21	100,66	142,9	7	840	30	8
600	425	37	7	9,74	15	10,5	6a3	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
600	325	42	10	9,74	13	11	7a3	28,70	1	18,5	114,16	142,9	7	840	20	8
600	300	61	16	9,74	14	11	6a3	34,71	1	19,3	108,15	142,9	7	840	25	8
600	250	68	18	9,74	12	11	7a2	42,10	1	19,8	100,76	142,9	7	840	30	8
800	550	26	11	9,74	15	11	7a3,5	14,30	1	13,3	128,56	142,9	7	840	10	8
800	450	43	12	9,74	14	11	7a2,5	28,60	1	21	114,26	142,9	7	840	20	8
800	400	55	15	9,74	14	11	7a2	34,80	1	19,9	108,06	142,9	7	840	25	8
800	350	64	16	9,74	15	11	6a1,5	41,20	1	20,2	101,66	142,9	7	840	30	8
1000	700	15	8	9,74	16	11	7a3,5	14,30	1	13,3	128,56	142,9	7	840	10	8
1000	500	45	13	9,74	16	11	7a2,5	28,50	1	20,5	114,36	142,9	7	840	20	8
1000	450	55	15	9,74	15	11	7a2	35,20	1	20,8	107,66	142,9	7	840	25	8
1000	400	63	16	9,74	14	11	7a2	40,90	1	20,1	101,96	142,9	7	840	30	8

En la Tabla 28 se observa la variación de presión para cada una de las pruebas, el ciclo de trabajo es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector con voltaje de consumo promedio de 10,5 Voltios y corriente de consumo promedio de 14,5 Amperios.

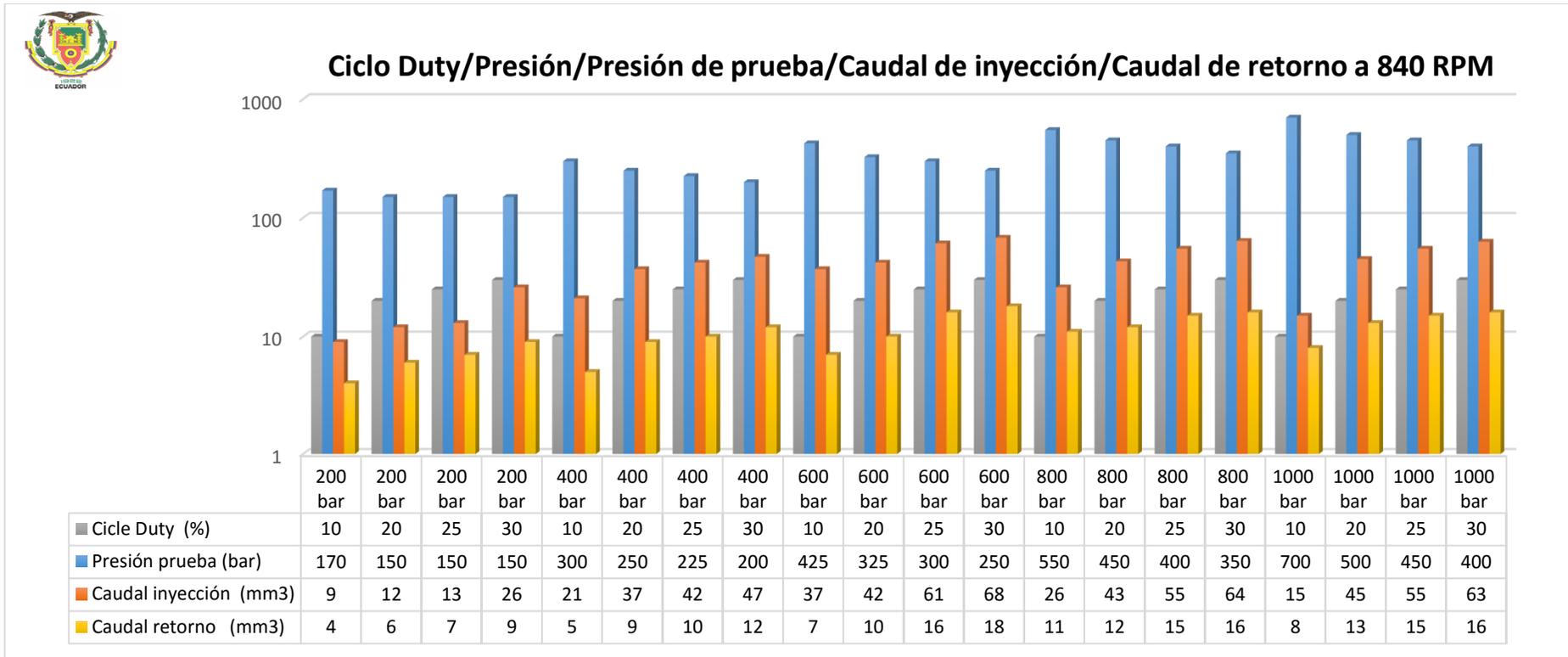


Figura 83: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110070 a 840 rpm.

En la figura 83 se observa una variación de la presión de prueba por el efecto de la apertura del inyector, el valor más alto de caudal de inyección y retorno se encuentra en la prueba 4 a 600 bar y un ciclo de trabajo del 30% con 68 y 18 ml, los valores están tabulados en la tabla 28, el caudal de inyección y retorno son directamente proporcionales al ciclo de trabajo y tiene una relación de 4 a 1 en cada presión de prueba, el tiempo que se realizó el ensayo es de 8 seg.

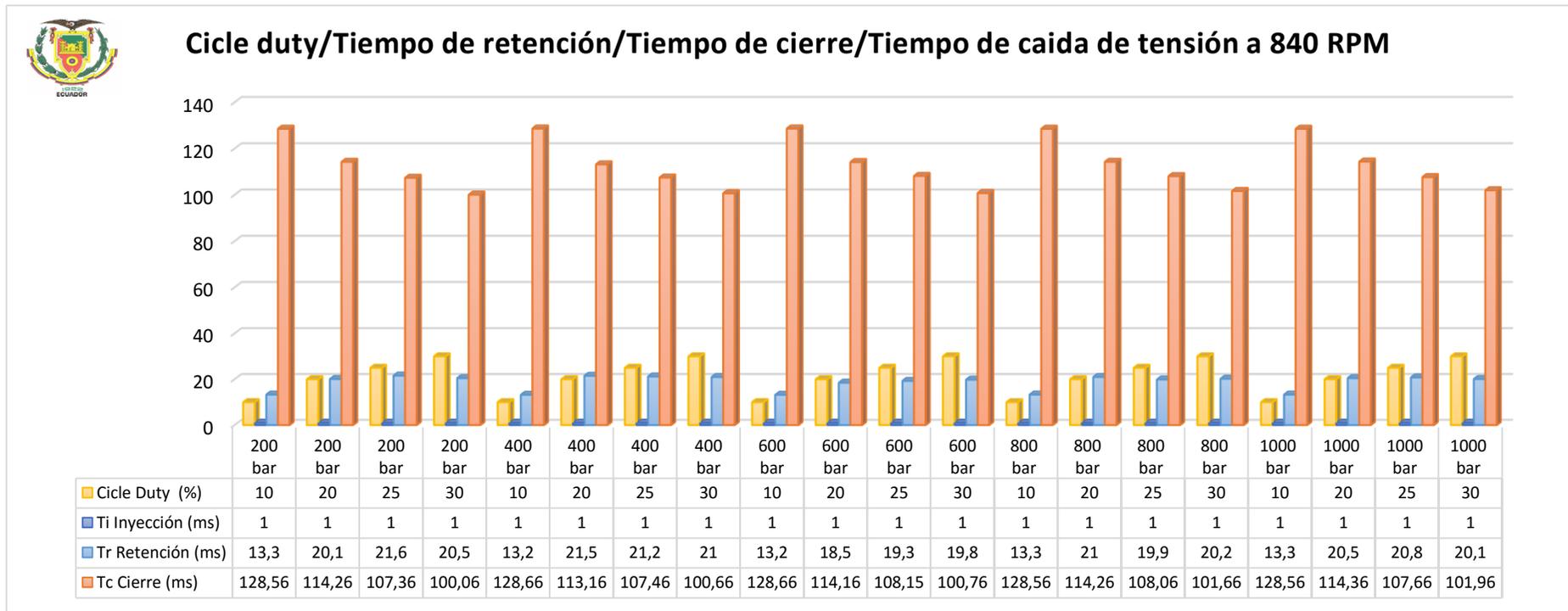


Figura 84: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Bosch 0445110070 a 840 rpm.

En la figura 84 se observa que el tiempo de inyección es constante para todas las pruebas que está sujeto el inyector, tanto así el tiempo de cierre decae a medida que se aumenta el ciclo de trabajo, se puede apreciar que el tiempo de retención es el mismo en el ciclo de trabajo, sea para 200 o 1000 bares de presión, de igual manera sucede con el tiempo de cierre, es proporcional al ciclo de trabajo y la presión es independiente al control de inyección.

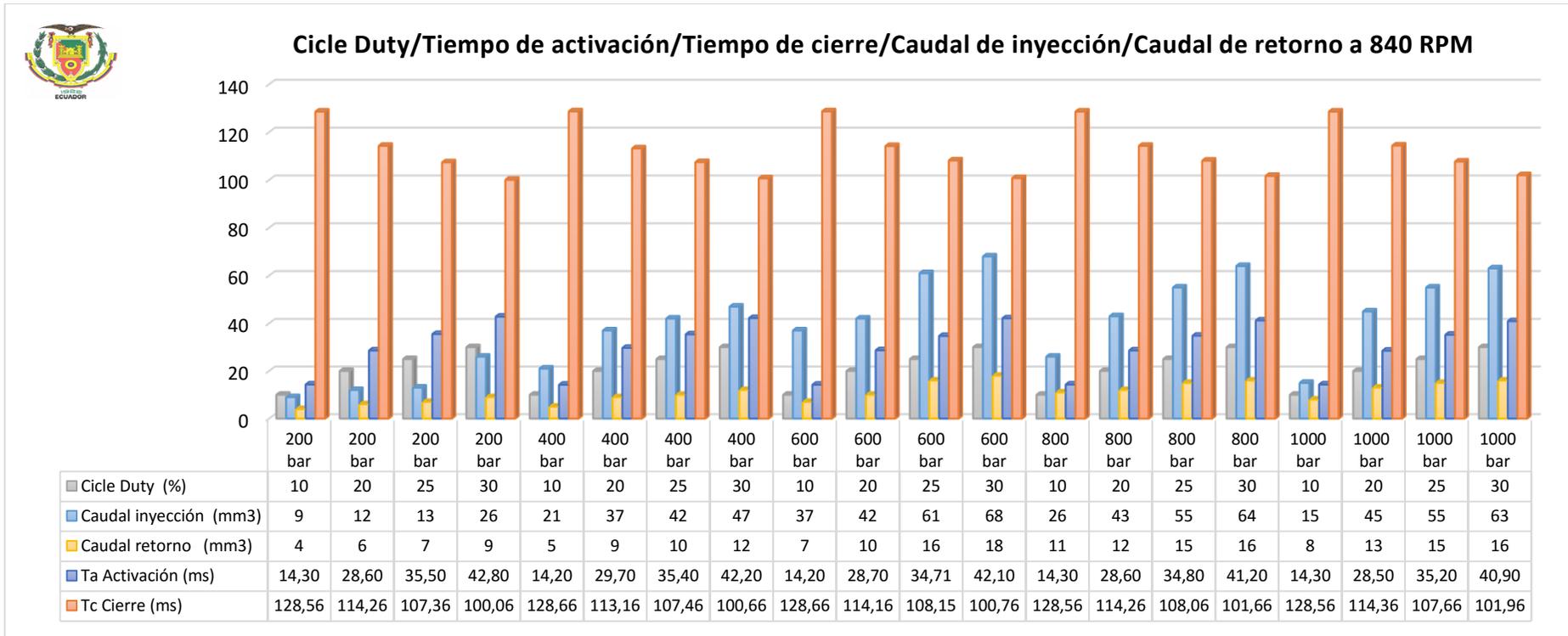


Figura 85: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110070 a 840 rpm.

En la figura 85 se puede apreciar que el caudal de inyección y retorno es directamente proporcional a la presión, el tiempo de activación es directamente proporcional al ciclo de trabajo, e inversamente proporcional al tiempo de cerrado del inyector a cada prueba de trabajo, en la prueba 4 a 600 bar y con un ciclo de trabajo de 30% se tiene el mayor caudal de inyección y retorno con 68 y 18 ml y en tiempo de activación se tiene en la prueba 4 a 200 bar a 30% de ciclo de trabajo con 42,80 ms y un menor tiempo de cierre de 100,06.

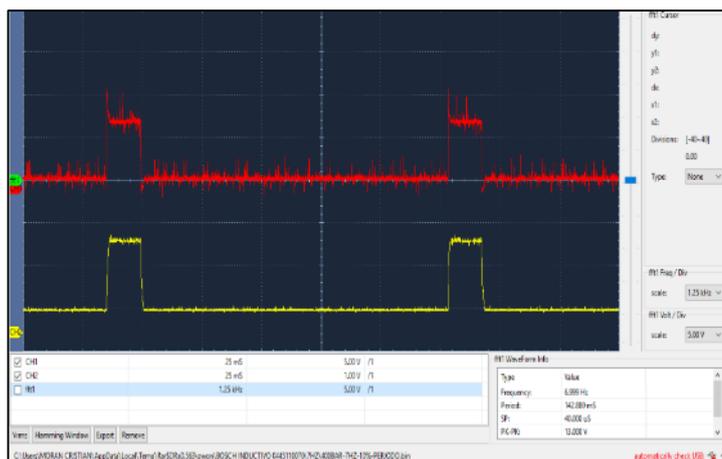


Figura 86: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 840 rpm.

En la figura 86 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 13,3 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 10% y a 840 rpm en un período de 142,9 milisegundos, con una apertura de 14,30 milisegundos y un tiempo de cierre de 128,56 milisegundos.

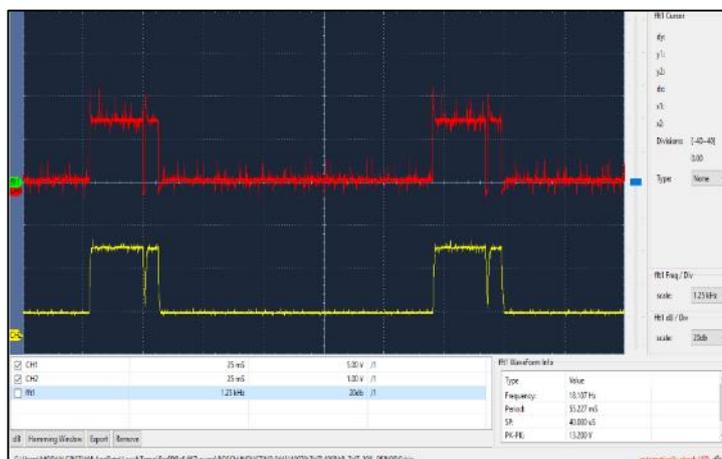


Figura 87: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 840 rpm.

En la figura 87 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 27,6 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 20% y a 840 rpm en un período de 142,9 milisegundos, con una apertura de 28,6 milisegundos y un tiempo de cierre de 114,26 milisegundos.

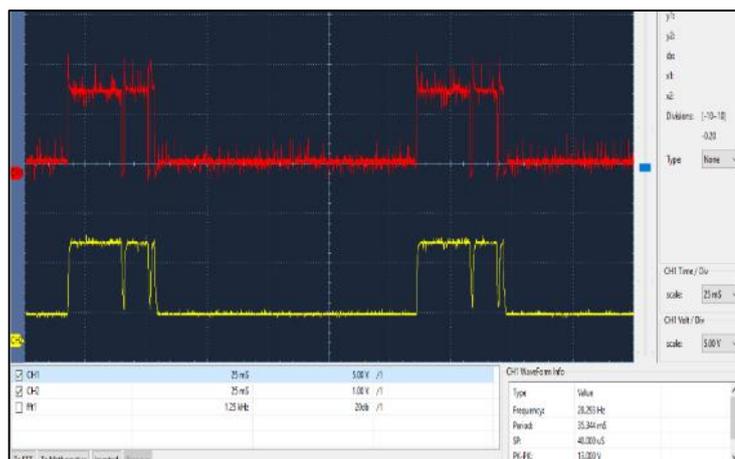


Figura 88: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 840 rpm.

En la figura 88 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 34,5 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, de ciclo de trabajo a 25% y a 840 rpm en un período de 142,9 milisegundos, con una apertura de 35,5 milisegundos y un tiempo de cierre de 107,36 milisegundos.

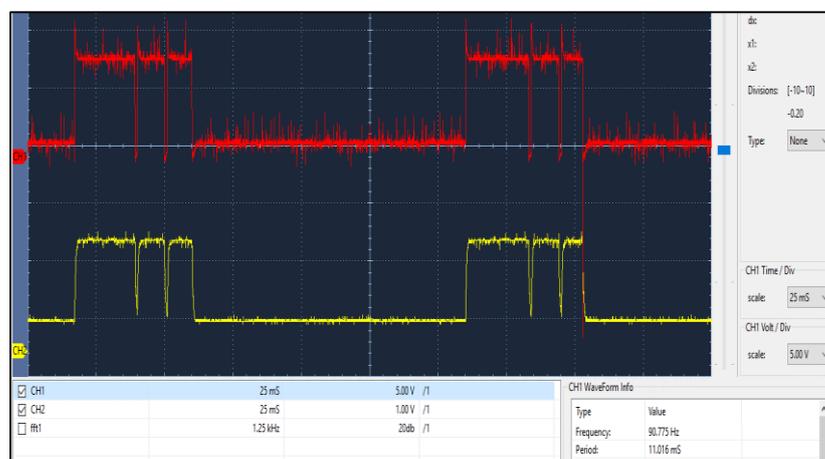


Figura 89: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 840 rpm.

En la figura 89 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 41,8 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 30% y a 840 rpm en un período de 142,9 milisegundos, con una apertura de 42,8 milisegundos y un tiempo de cierre de 100,06 milisegundos.

b) Inyector inductivo Bosch 0445110250

Número de serie: 0445110250

Vehículo: Mazda BT 50 2.5

Resistencia: 0,3 Ohmios

Escala osciloscopio: Pinza Amperimétrica amperimétrica cada 100mv/1A; puntas de osciloscopio x10V.



Figura 90: Inyector inductivo Bosch

Cálculo del ángulo de inyección

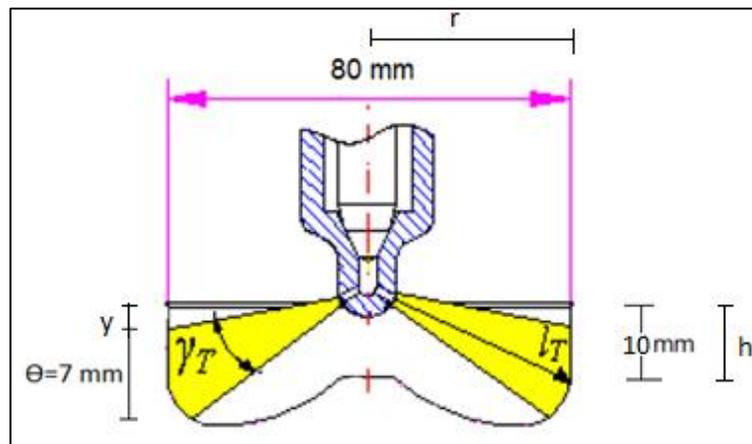


Figura 91: Ángulo de inyección

Datos

h = altura del centro de inyección al punto de referencia

r = radio del cilindro

θ = diámetro del chorro

l_T = ángulo de disparo

γ_T = ángulo de dispersión

Y = diferencia de alturas

Ángulo de disparo

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

$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{10}{40}\right)$$

$$I_T \quad \alpha = 14,04^\circ$$

Ángulo de dispersión

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

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{7 + 6,5}{40}\right) - \arctan\left(\frac{6,5}{40}\right)$$

$$\gamma_T \quad \beta = 18,65^\circ - 9,23^\circ$$

$$\gamma_T \quad \beta = 9,42^\circ$$

Tabla 29.

Prueba de Inyector Bosch 0445110250 a 840 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.

Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv.	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Cicle Duty	tiempo de prueba
(bar)	(bar)	(mm)	(mm)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
200	170	10	5	9,42	9	10	5	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
200	150	12	6	9,42	8	10,5	5,5	28,60	1	21,8	114,26	142,9	7	840	20	8
200	140	12	7	9,42	8	10	5	35,60	1	20,9	107,26	142,9	7	840	25	8
200	140	14	9	9,42	8	10	5	43,00	1	21,6	99,86	142,9	7	840	30	8
400	310	16	5	9,42	14	11	6	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
400	250	27	7	9,42	14	10,5	5,5	28,50	1	21,8	114,36	142,9	7	840	20	8
400	230	29	9	9,42	14	10	5,5	35,60	1	20,7	107,26	142,9	7	840	25	8
400	200	31	10	9,42	14	10	5,5	42,50	1	21,4	100,36	142,9	7	840	30	8
600	450	20	6	9,42	14	10	5	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
600	350	34	9	9,42	14	10	5	28,80	1	21,8	114,06	142,9	7	840	20	8
600	320	38	10	9,42	14	10,5	5,5	35,40	1	21,1	107,46	142,9	7	840	25	8
600	300	42	13	9,42	13	10	5,5	43,10	1	20,8	99,76	142,9	7	840	30	8
800	550	25	9	9,42	12	10	5	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
800	450	38	11	9,42	12	10,5	5,5	28,50	1	21,8	114,36	142,9	7	840	20	8
800	400	46	12	9,42	12	10	5	35,70	1	20,8	107,16	142,9	7	840	25	8
800	350	51	13	9,42	12	10	5	43,50	1	21,8	99,36	142,9	7	840	30	8
1000	750	27	8	9,42	13	10	5	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
1000	600	45	10	9,42	12	10	5	28,30	1	21,5	114,56	142,9	7	840	20	8
1000	550	53	12	9,42	6	10	5	35,50	1	22,2	107,36	142,9	7	840	25	8
1000	450	63	14	9,42	15	12	8	43,20	1	21,8	99,66	142,9	7	840	30	8

En la presente tabla 29 se observa la variación de presión para cada una de las pruebas, el ciclo de trabajo es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector con voltaje de consumo promedio de 10,5 Voltios y corriente de consumo promedio de 12 Amperios.

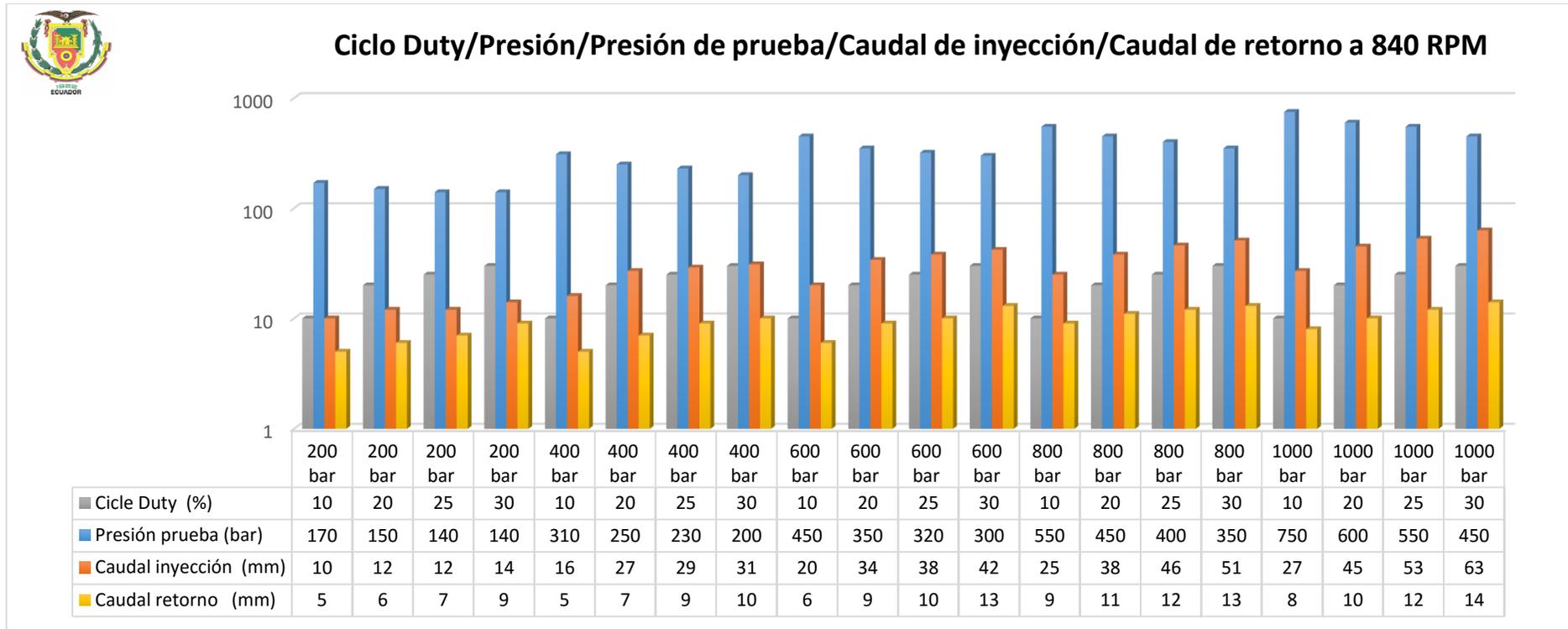


Figura 92: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110250 a 840 rpm.

La figura 92 se observa una variación de la presión de prueba por el efecto de la apertura del inyector, el valor más alto de caudal de inyección y retorno se encuentra en la prueba 4 a 1000 bar y un ciclo de trabajo del 30% con 63 y 14 ml, los valores están tabulados en la tabla 29, el caudal de inyección y retorno son directamente proporcionales al ciclo de trabajo y tiene una relación de 3 a 1 en presiones de prueba de 200 a 600 bar, y una relación de 4 a 1 de 800 a 1000 bares, el tiempo que se realizó el ensayo es de 8 seg.

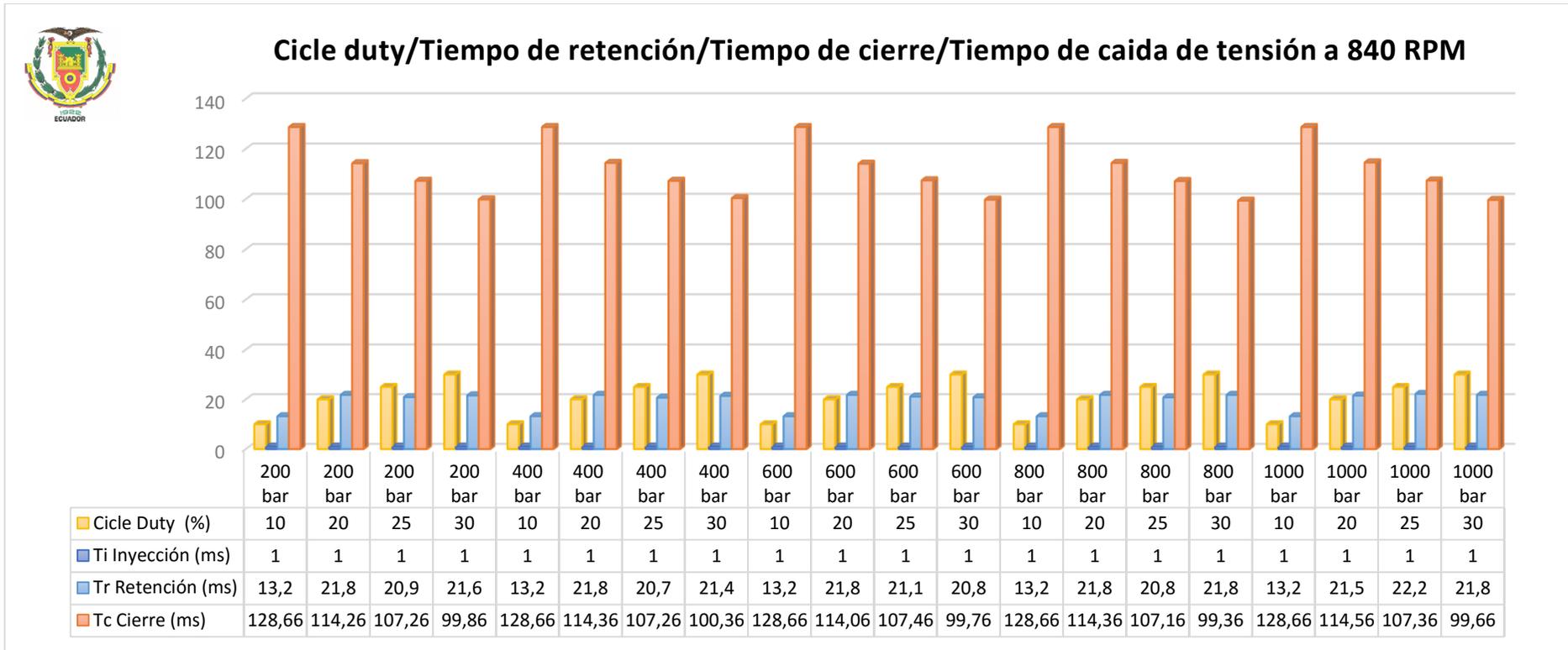


Figura 93: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Bosch 0445110250 a 840 rpm.

En la figura 93 se observa que el tiempo de inyección es constante para todas las pruebas que está sujeto el inyector, tanto así el tiempo de cierre decae a medida que se aumenta el ciclo de trabajo, se puede apreciar que el tiempo de retención es el mismo en el ciclo de trabajo, sea para 200 o 1000 bares de presión, de igual manera sucede con el tiempo de cierre, es proporcional al ciclo de trabajo y la presión es independiente al control de inyección.

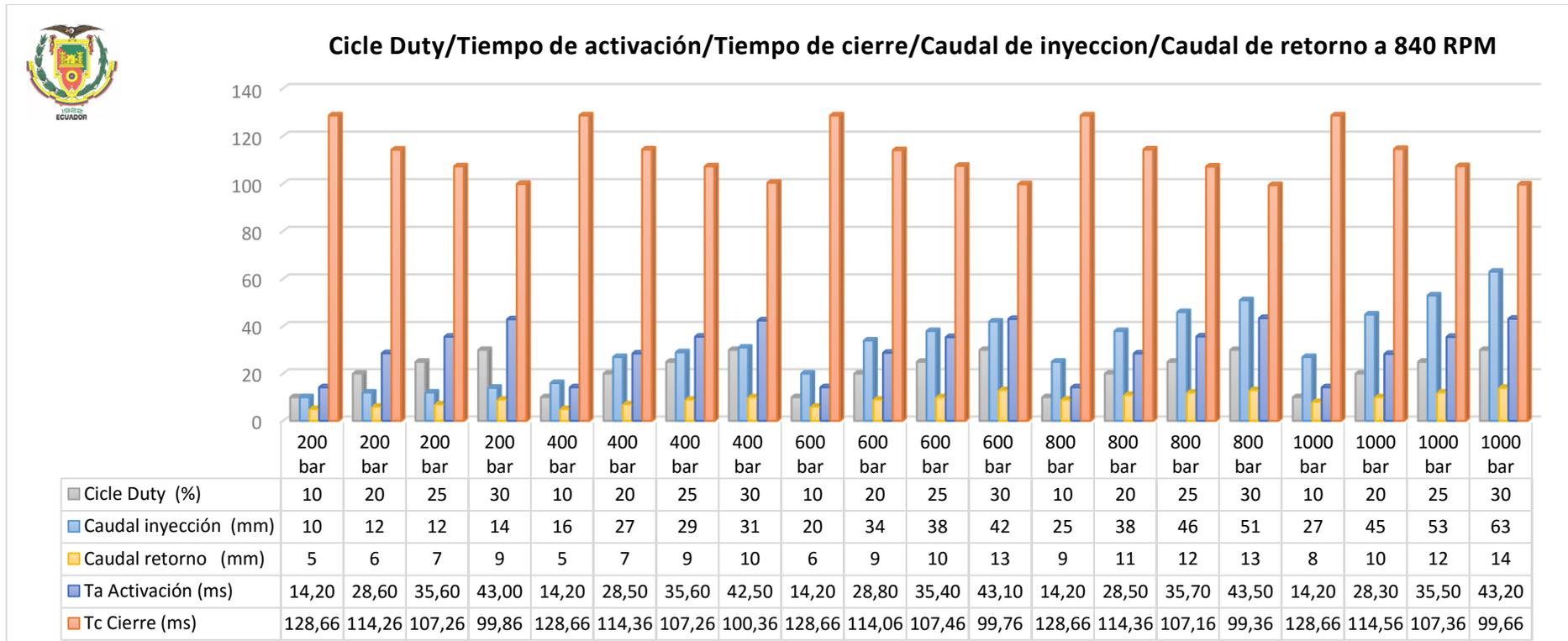


Figura 94: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110250 a 840 rpm.

En la figura 94 se puede apreciar que el caudal de inyección y retorno es directamente proporcional a la presión, el tiempo de activación es directamente proporcional al ciclo de trabajo, e inversamente proporcional al tiempo de cerrado del inyector a cada prueba de trabajo, en la prueba 4 a 1000 bar y con un ciclo de trabajo de 30% se tiene el mayor caudal de inyección y retorno con 63 y 14 ml y en tiempo de activación se tiene en la prueba 4 a 800 bar a 30% de ciclo de trabajo con 43,50 ms y un menor tiempo de cierre de 99,36.

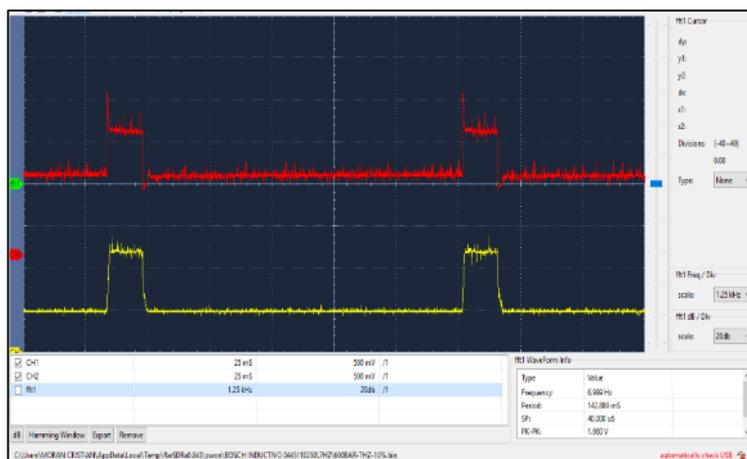


Figura 95: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 840 rpm.

En la figura 95 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 13,20 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 10% y a 840 rpm en un período de 142,9 milisegundos, con una apertura de 14,20 milisegundos y un tiempo de cierre de 128,66 milisegundos.

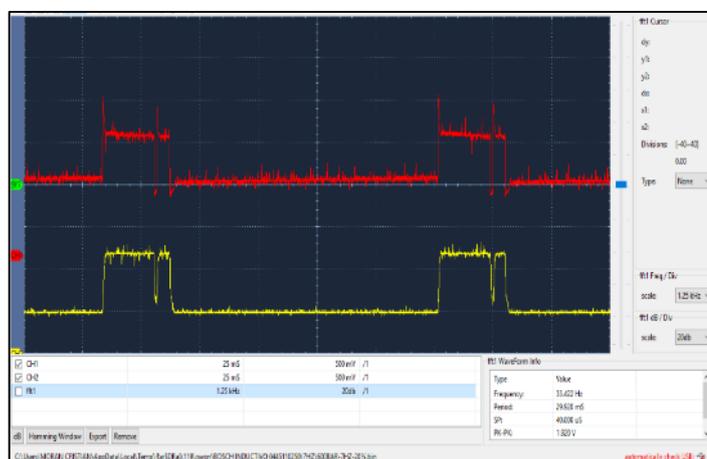


Figura 96: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 840 rpm.

En la figura 96 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 27,6 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 20% y a 840 rpm en un período de 142,9 milisegundos, con una apertura de 28,6 milisegundos y un tiempo de cierre de 114,26 milisegundos.

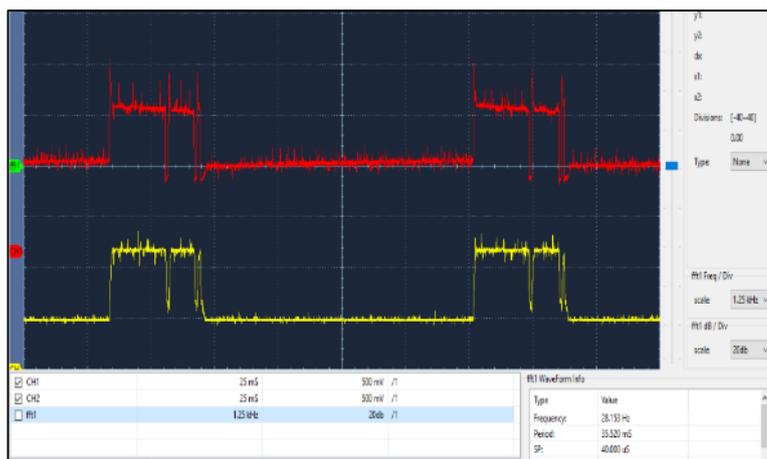


Figura 97: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 840 rpm.

En la figura 97 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 34,80 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 25% y a 840 rpm en un período de 142,9 milisegundos, con una apertura de 35,80 milisegundos y un tiempo de cierre de 107,26 milisegundos.

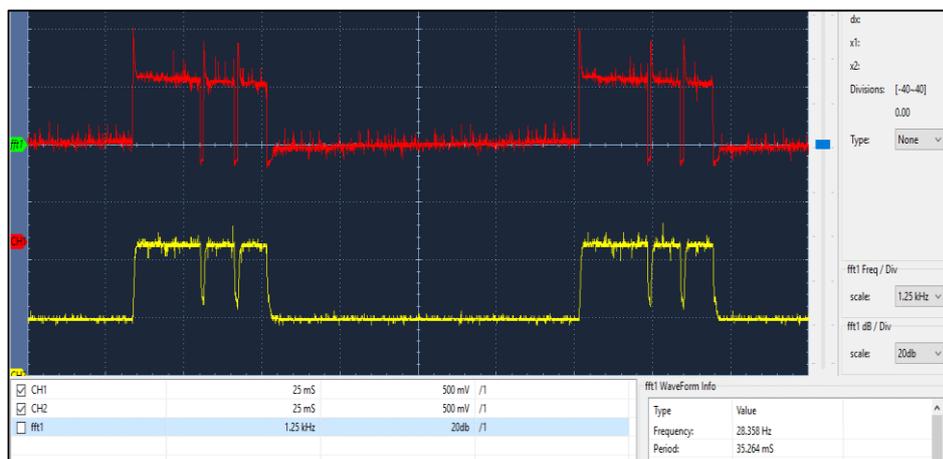


Figura 98: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 840 rpm.

En la figura 98 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 42 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 30% y a 840 rpm en un período de 142,9 milisegundos, con una apertura de 43 milisegundos y un tiempo de cierre de 99,86 milisegundos.

c) Denso inductivo 6520 10H0044

Número de serie: 6520 10H0044

Vehículo: Hino dutro

Resistencia: 0,4 Ohmios

Escala osciloscopio: Pinza Amperimétrica amperimétrica cada 100mv/1A; puntas de osciloscopio x10V.



Figura 99: Inyector inductivo Denso.

Cálculo del ángulo de inyección

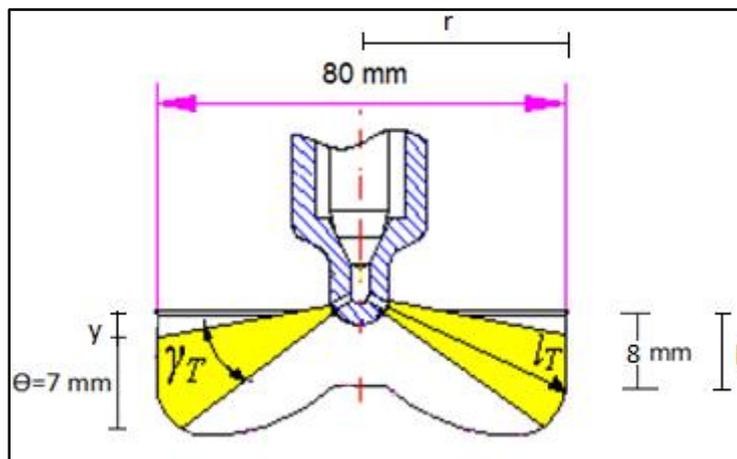


Figura 100: Ángulo de inyección

Datos

h = altura del centro de inyección al punto de referencia

r = radio del cilindro

θ = diámetro del chorro

l_T = ángulo de disparo

γ_T = ángulo de dispersión

Y = diferencia de alturas

Ángulo de disparo

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

$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{8}{40}\right)$$

$$I_T \quad \alpha = 11,31^\circ$$

Ángulo de dispersión

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

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{7 + 7,5}{40}\right) - \arctan\left(\frac{7,5}{40}\right)$$

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

$$\gamma_T \quad \beta = 9,30^\circ$$

Tabla 30.

Prueba de inyector Denso 6520 10H0044 a 840 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.

Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
200	180	15	5	9,3	8	10	7	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
200	150	12	7	9,3	8	10	7	28,80	1	21,1	114,06	142,9	7	840	20	8
200	130	18	8	9,3	8	10	7	35,70	1	21	107,16	142,9	7	840	25	8
200	120	19	12	9,3	7,5	10	7	42,90	1	21,9	99,96	142,9	7	840	30	8
400	260	21	6	9,3	8	10	7	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
400	200	36	7	9,3	8	10	7	28,50	1	21,2	114,36	142,9	7	840	20	8
400	190	43	12	9,3	8	10	7	35,40	1	22,1	107,46	142,9	7	840	25	8
400	180	38	12	9,3	8	10	7	42,90	1	21,5	99,96	142,9	7	840	30	8
600	380	27	8	9,3	9	10	7	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
600	300	46	10	9,3	8,25	10	7	28,60	1	22,2	114,26	142,9	7	840	20	8
600	250	51	11	9,3	8,5	10	7	35,50	1	21,9	107,36	142,9	7	840	25	8
600	230	55	14	9,3	8,25	10	7	42,90	1	22,5	99,96	142,9	7	840	30	8
800	500	30	10	9,3	9	10	7	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
800	350	50	11	9,3	8,25	10	7	28,40	1	22,2	114,46	142,9	7	840	20	8
800	300	54	13	9,3	8,25	10	7	35,60	1	22,5	107,26	142,9	7	840	25	8
800	280	61	15	9,3	8,25	10	7	42,90	1	23	99,96	142,9	7	840	30	8
1000	600	38	10	9,3	8,75	10	7	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
1000	450	50	12	9,3	8,25	10	7	28,50	1	22,2	114,36	142,9	7	840	20	8
1000	400	55	13	9,3	8,25	10	7	35,60	1	22,5	107,26	142,9	7	840	25	8
1000	310	75	14	9,3	8,25	10	7	42,90	1	22,9	99,96	142,9	7	840	30	8

En la presente tabla 30 se observa la variación de presión para cada una de las pruebas, el ciclo de trabajo es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector con voltaje de consumo promedio de 10 voltios y corriente de consumo promedio de 8 amperios.

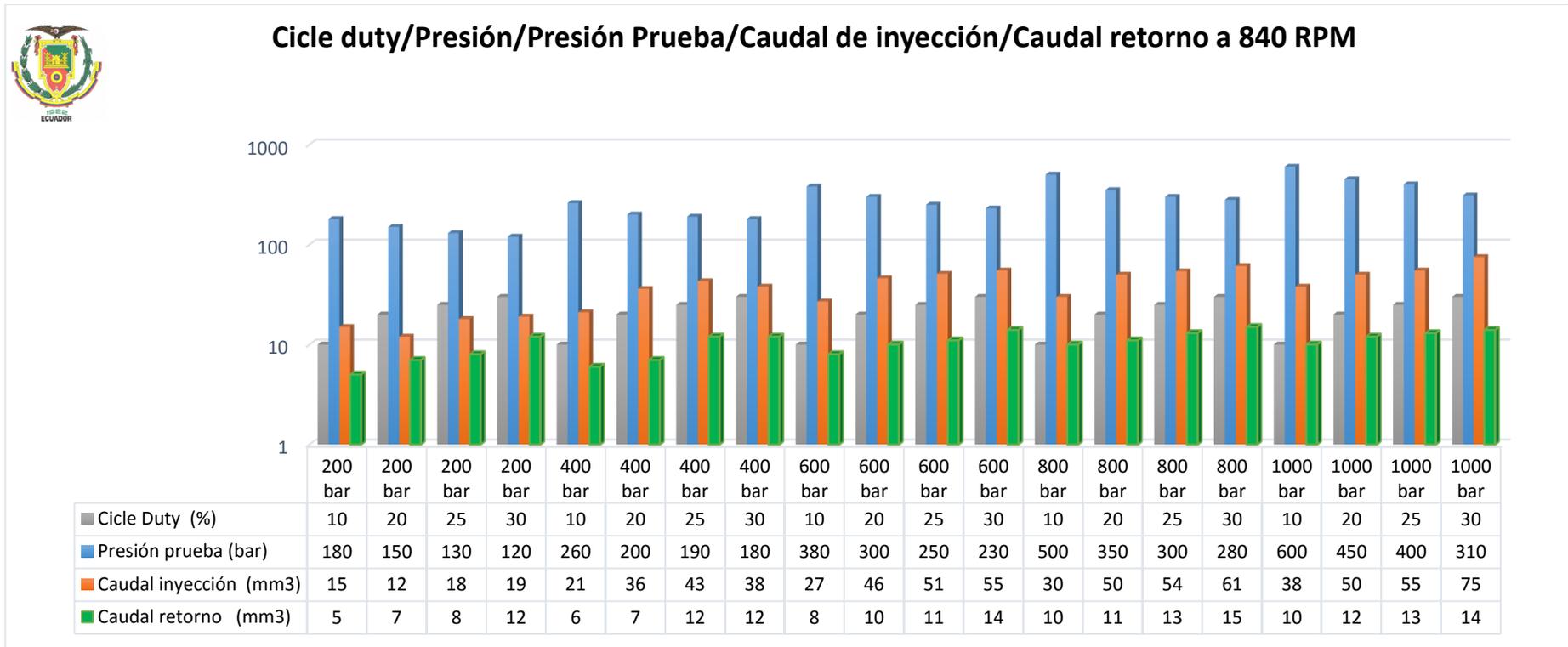


Figura 101: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 840 rpm.

La figura 101 se observa una variación de la presión de prueba por el efecto de la apertura del inyector, el valor más alto de caudal de inyección y retorno se encuentra en la prueba 4 a 1000 bar y un ciclo de trabajo del 30% con 75 y 14 ml, los valores están tabulados en la tabla 30, el caudal de inyección y retorno son directamente proporcionales al ciclo de trabajo y tiene una relación de 3 a 1 en cada presión de prueba, el tiempo que se realizó el ensayo es de 8 seg.

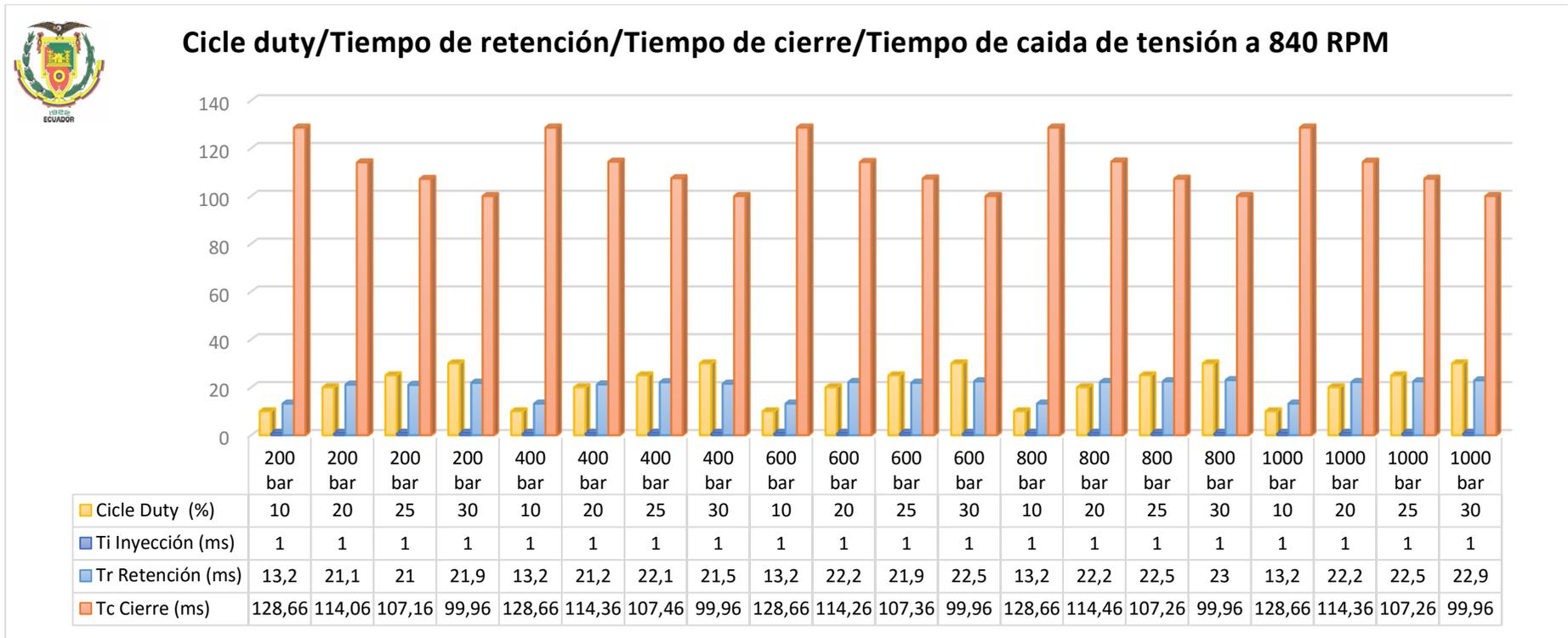


Figura 102: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 840 rpm.

En la figura 102 se observa que el tiempo de inyección es constante para todas las pruebas que está sujeto el inyector, tanto así el tiempo de cierre decae a medida que se aumenta el ciclo de trabajo, se puede apreciar que el tiempo de retención es el mismo en el ciclo de trabajo, sea para 200 o 1000 bares de presión, de igual manera sucede con el tiempo de cierre, es proporcional al ciclo de trabajo y la presión es independiente al control de inyección.

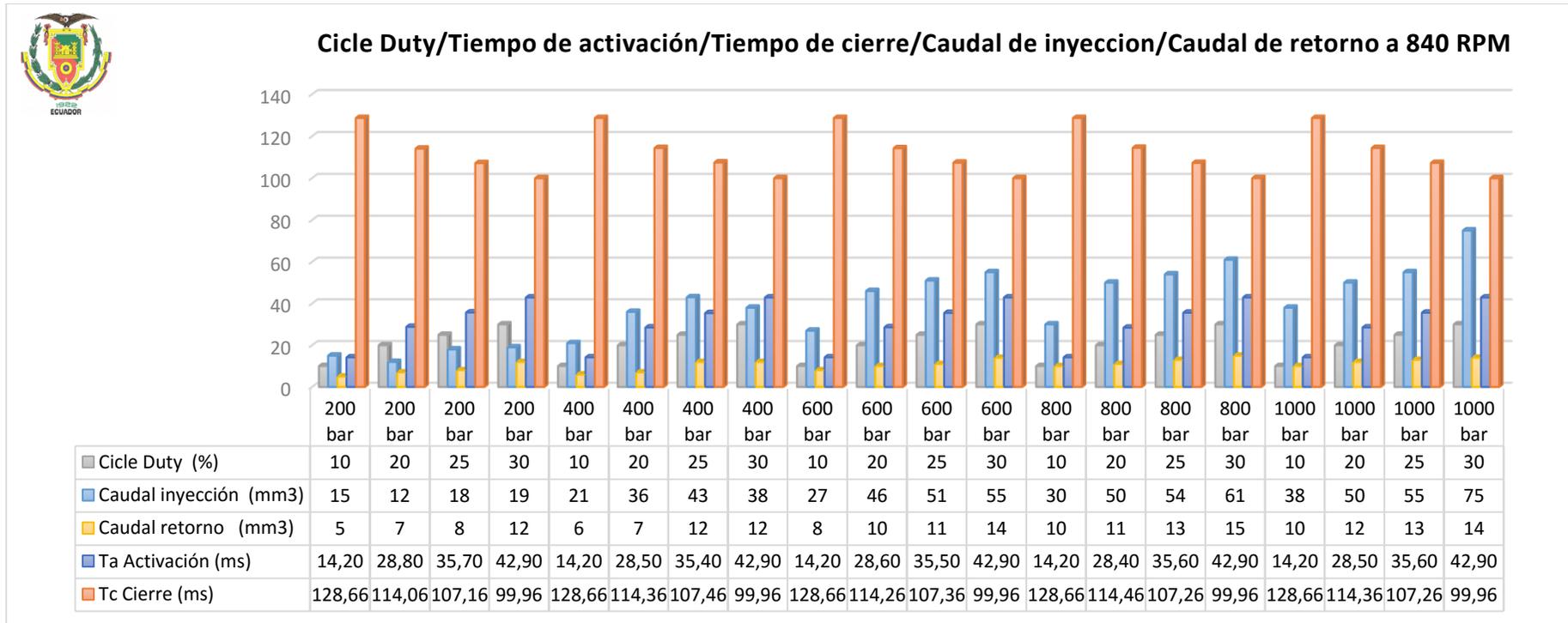


Figura 103: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 840 rpm.

En la figura 103 se puede apreciar que el caudal de inyección y retorno es directamente proporcional a la presión, el tiempo de activación es directamente proporcional al ciclo de trabajo, e inversamente proporcional al tiempo de cerrado del inyector a cada prueba de trabajo, en la prueba 4 a 1000 bar y con un ciclo de trabajo de 30% se tiene el mayor caudal de inyección y retorno con 75 y 14 ml y en tiempo de activación se tiene en la prueba 4 a cualquier presión de trabajo a 30% de ciclo de trabajo con 42,90 ms y un menor tiempo de cierre de 99,96.

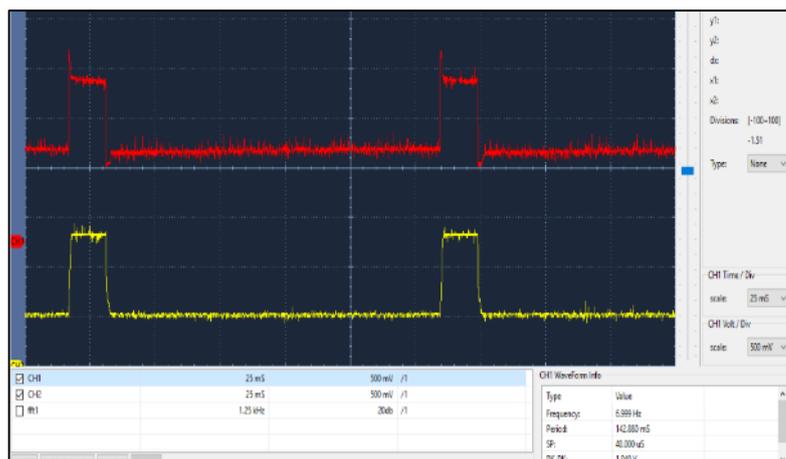


Figura 104: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 840 rpm.

En la figura 104 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 13,20 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 10% y a 840 rpm en un período de 142,9 milisegundos, con una apertura de 14,20 milisegundos y un tiempo de cierre de 128,66 milisegundos.

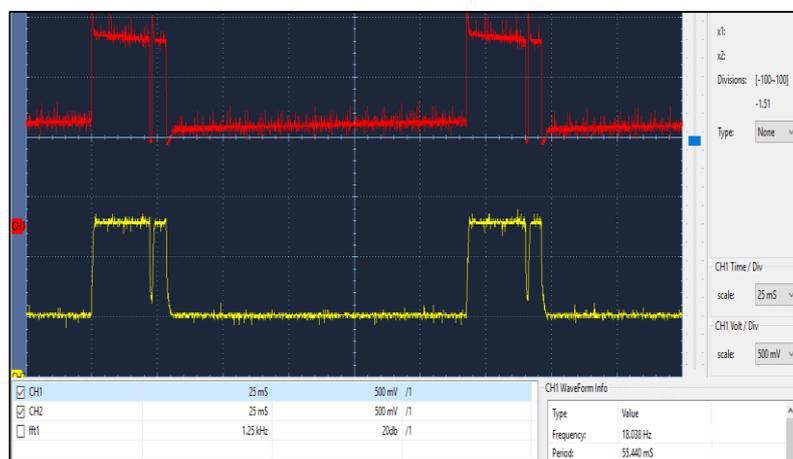


Figura 105: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 840 rpm.

En la figura 105 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 27,8 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 20% y a 840 rpm en un período de 142,9 milisegundos, con una apertura de 28,8 milisegundos y un tiempo de cierre de 114,06 milisegundos.

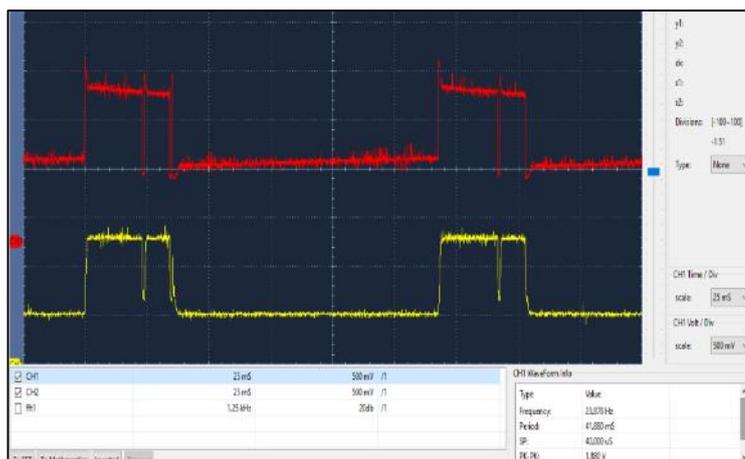


Figura 106: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 840 rpm.

En la figura 106 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 34,70 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 25% y a 840 rpm en un período de 142,9 milisegundos, con una apertura de 35,70 milisegundos y un tiempo de cierre de 107,16 milisegundos.

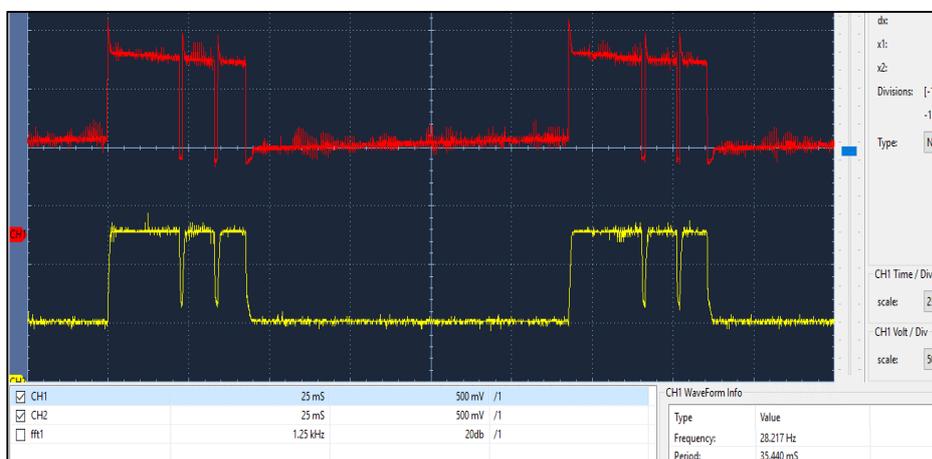


Figura 107: Curvas de voltaje y corriente 200 bar, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 840 rpm.

En la figura 107 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 41,90 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 30% y a 840 rpm en un período de 142,9 milisegundos, con una apertura de 42,90 milisegundos y un tiempo de cierre de 99,96 milisegundos.

d) Delphi inductivo VQ5CB56B99

Número de serie: VQ5CB56B99

Vehículo:

Resistencia: 0,5 Ohmios

Escala osciloscopio: Pinza Amperimétrica amperimétrica cada 100mv/1A; puntas de osciloscopio x10V.



Figura 108: Inyector inductivo Delphi.

Cálculo del ángulo de inyección

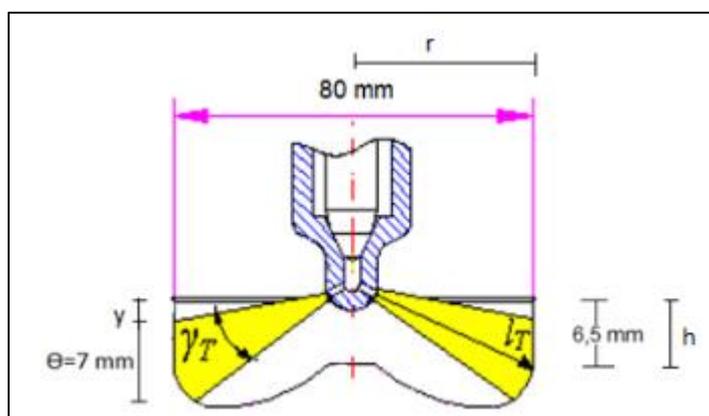


Figura 109: Ángulo de inyección.

Datos

h= altura del centro de inyección al punto de referencia

r= radio del cilindro

θ = diámetro del chorro

l_T = ángulo de disparo

γ_T = ángulo de dispersión

Y=diferencia de alturas

Ángulo de disparo

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

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

$$I_T \quad \alpha = 9,23^\circ$$

Ángulo de dispersión

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

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{7 + 3}{40}\right) - \arctan\left(\frac{3}{40}\right)$$

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

$$\gamma_T \quad \beta = 9,06^\circ$$

Tabla 31.

Prueba de inyector Delphi VQ5CB56B99 a 840 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.

Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
200	170	14	6	9,06	8	10	7	14,50	0,5	14	128,36	142,9	7	840	10	8
200	140	11	8	9,06	8	10	7	28,80	0,5	20,6	114,06	142,9	7	840	20	8
200	120	17	9	9,06	8	10	7	35,50	0,5	21,5	107,36	142,9	7	840	25	8
200	110	18	14	9,06	7,5	10	7	42,90	0,5	22,4	99,96	142,9	7	840	30	8
400	250	20	8	9,06	8	10	7	14,50	0,5	14	128,36	142,9	7	840	10	8
400	190	35	9	9,06	8	10	7	27,50	0,5	20,7	115,36	142,9	7	840	20	8
400	180	42	13	9,06	8	10	7	34,90	0,5	21,6	107,96	142,9	7	840	25	8
400	170	37	14	9,06	8	10	7	42,90	0,5	22,5	99,96	142,9	7	840	30	8
600	370	26	9	9,06	9	10	7	14,50	0,5	14	128,36	142,9	7	840	10	8
600	290	45	11	9,06	8,25	10	7	26,60	0,5	20,7	116,26	142,9	7	840	20	8
600	250	50	12	9,06	8,5	10	7	34,50	0,5	21,4	108,36	142,9	7	840	25	8
600	220	54	15	9,06	8,25	10	7	42,40	0,5	22,2	100,46	142,9	7	840	30	8
800	490	29	11	9,06	9	10	7	14,50	0,5	14	128,36	142,9	7	840	10	8
800	340	49	12	9,06	8,25	10	7	26,40	0,5	20,7	116,46	142,9	7	840	20	8
800	290	53	14	9,06	8,25	10	7	34,20	0,5	21,6	108,66	142,9	7	840	25	8
800	270	60	16	9,06	8,25	10	7	43,10	0,5	22,4	99,76	142,9	7	840	30	8
1000	590	37	11	9,06	8,75	10	7	14,50	0,5	14	128,36	142,9	7	840	10	8
1000	440	49	13	9,06	8,25	10	7	26,40	0,5	20,6	116,46	142,9	7	840	20	8
1000	390	54	14	9,06	8,25	10	7	34,00	0,5	21,4	108,86	142,9	7	840	25	8
1000	300	75	15	9,06	8,25	10	7	43,00	0,5	22,5	99,86	142,9	7	840	30	8

En la presente tabla 31 se observa la variación de presión para cada una de las pruebas, el ciclo de trabajo es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector con voltaje de consumo promedio de 10 voltios y corriente de consumo promedio de 8,25 amperios.

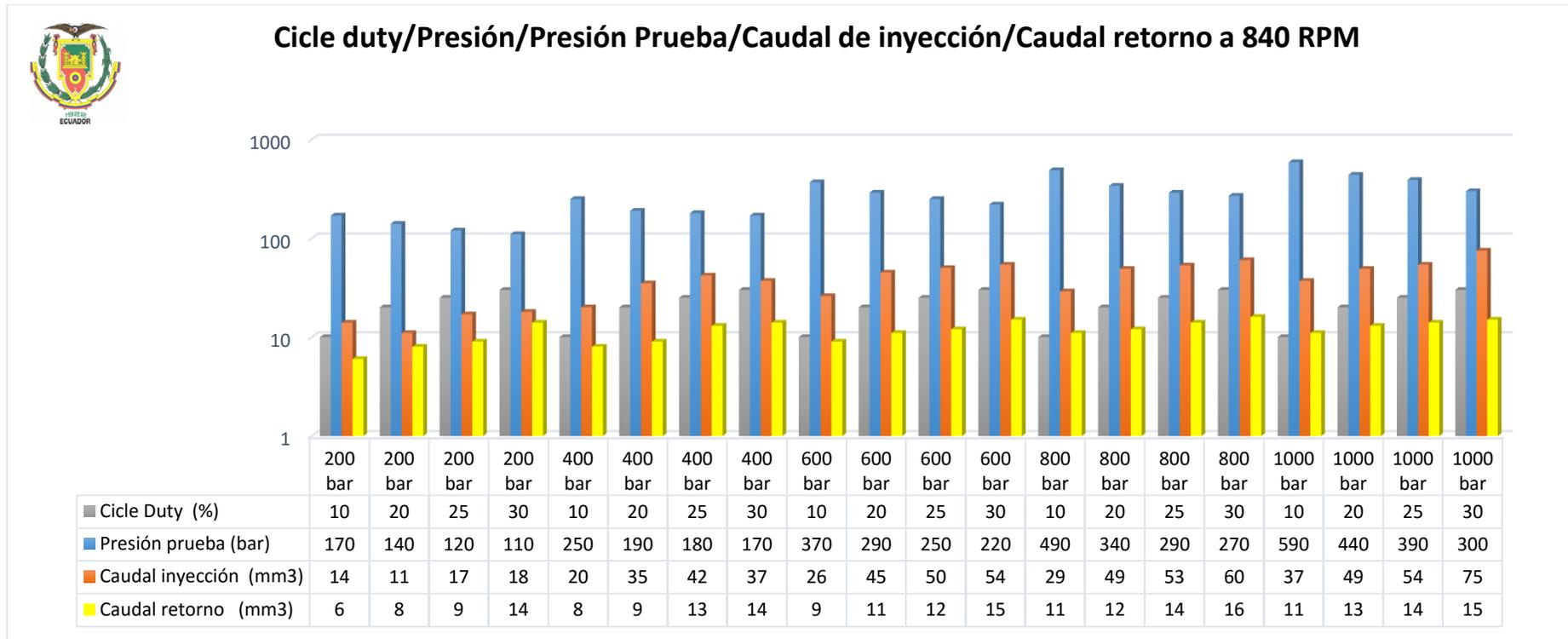


Figura 110: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo inyector Delphi VQ5CB56B99 a 840 rpm.

La figura 110 se observa una variación de la presión de prueba por el efecto de la apertura del inyector, el valor más alto de caudal de inyección y retorno se encuentra en la prueba 4 a 600 bar y un ciclo de trabajo del 30% con 68 y 18 ml, los valores están tabulados en la tabla 28, el caudal de inyección y retorno son directamente proporcionales al ciclo de trabajo y tiene una relación de 4 a 1 en cada presión de prueba, el tiempo que se realizó el ensayo es de 8 seg.

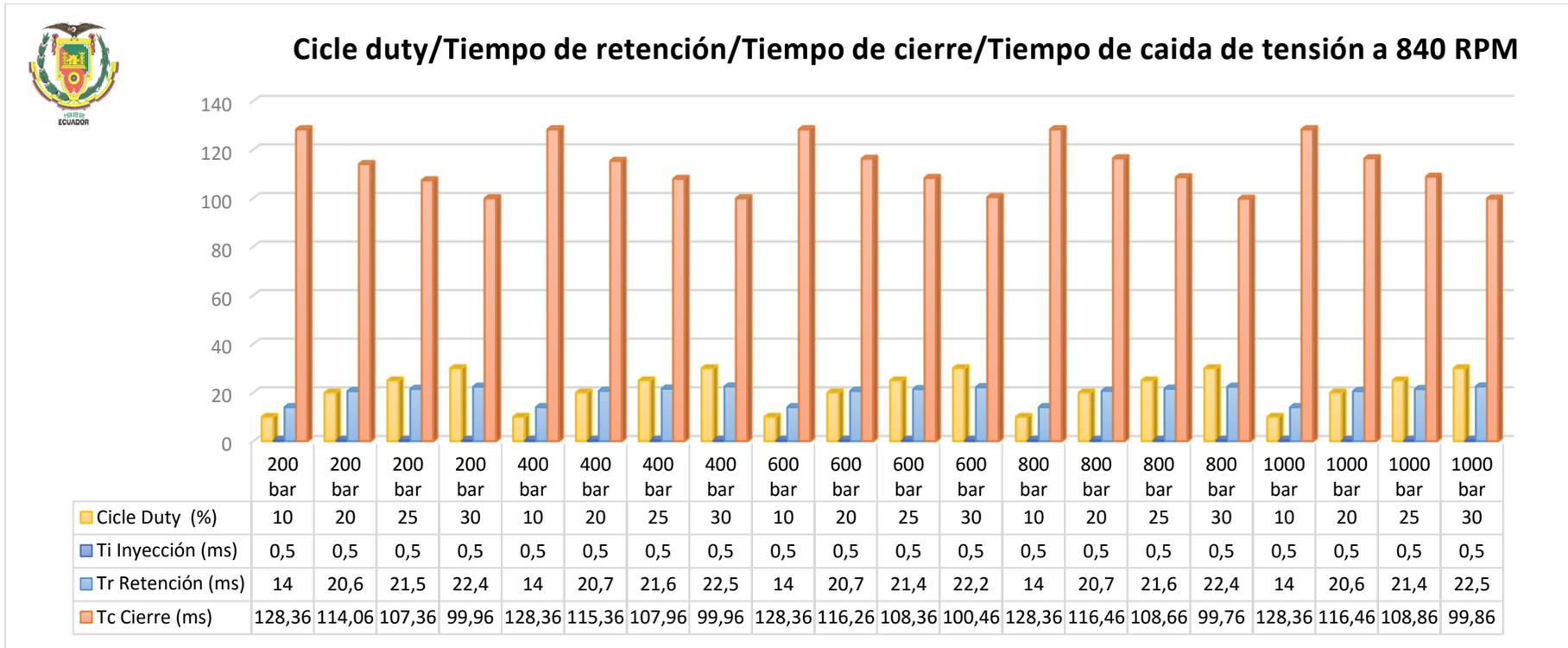


Figura 111: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 840 rpm.

En la figura 111 se observa que el tiempo de inyección es constante para todas las pruebas que está sujeto el inyector, tanto así el tiempo de cierre decae a medida que se aumenta el ciclo de trabajo, se puede apreciar que el tiempo de retención es el mismo en el ciclo de trabajo, sea para 200 o 1000 bares de presión, de igual manera sucede con el tiempo de cierre, es proporcional al ciclo de trabajo y la presión es independiente al control de inyección.

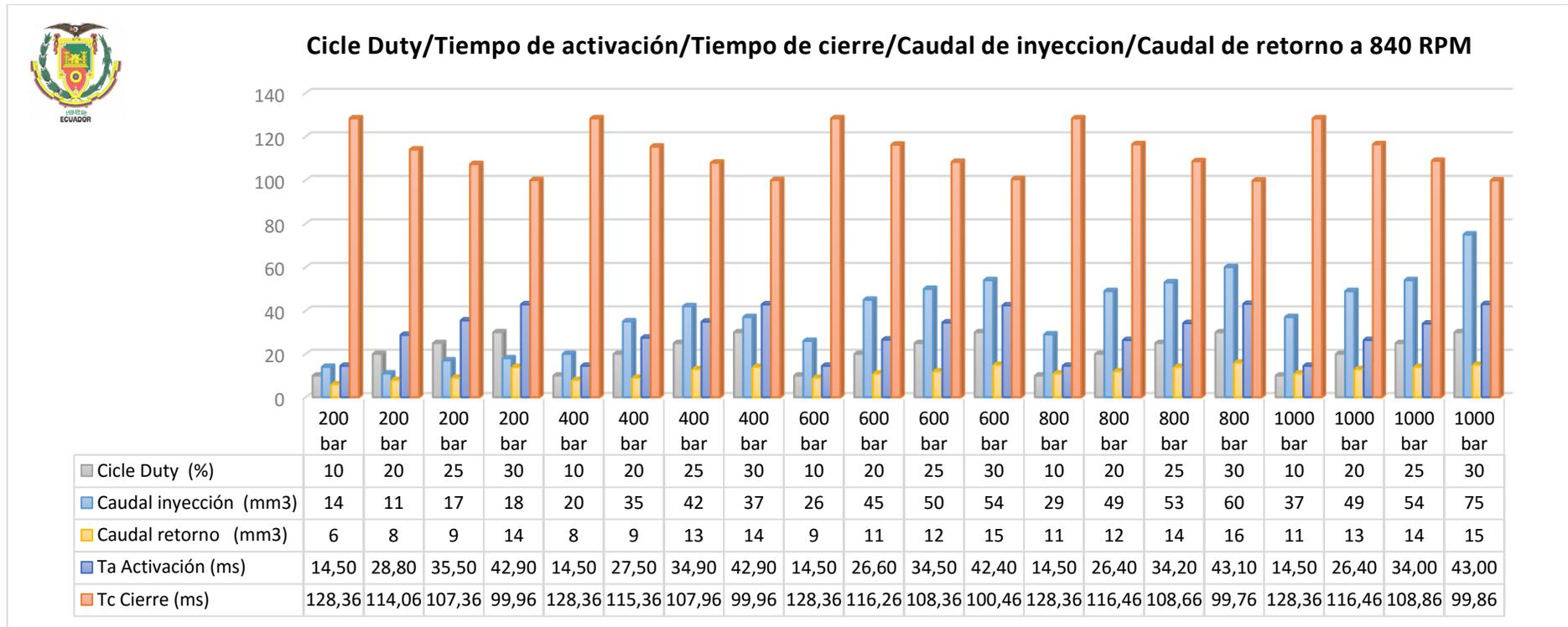


Figura 112: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 840 rpm.

En la figura 112 se puede apreciar que el caudal de inyección y retorno es directamente proporcional a la presión, el tiempo de activación es directamente proporcional al ciclo de trabajo, e inversamente proporcional al tiempo de cerrado del inyector a cada prueba de trabajo, en la prueba 4 a 600 bar y con un ciclo de trabajo de 30% se tiene el mayor caudal de inyección y retorno con 68 y 18 ml y en tiempo de activación se tiene en la prueba 4 a 200 bar a 30% de ciclo de trabajo con 42,80 ms y un menor tiempo de cierre de 100,06.

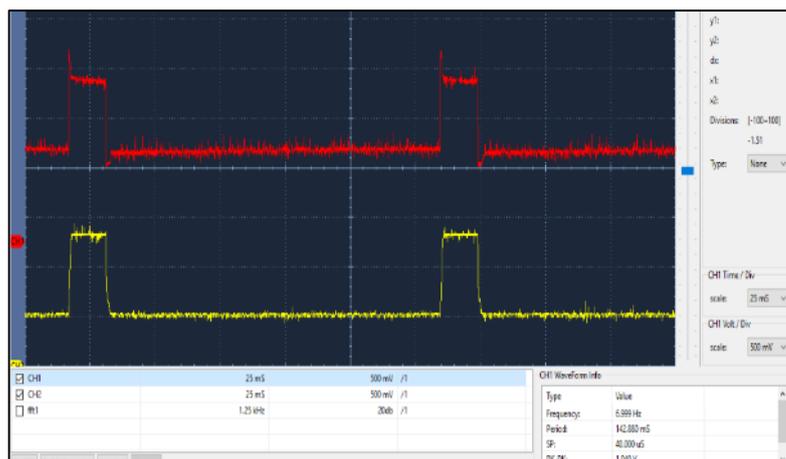


Figura 113: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 840 rpm.

En la figura 113 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 13,50 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 10% y a 840 rpm en un período de 142,9 milisegundos, con una apertura de 14,50 milisegundos y un tiempo de cierre de 128,36 milisegundos.

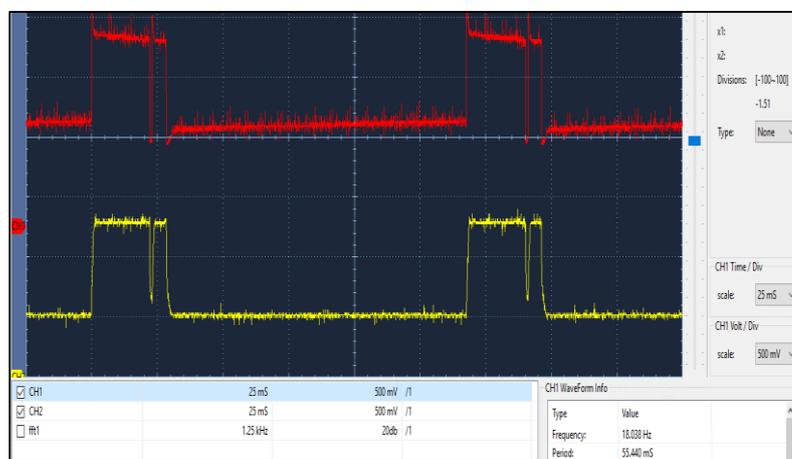


Figura 114: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 840 rpm.

En la figura 114 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 27,8 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 20% y a 840 rpm en un período de 142,9 milisegundos, con una apertura de 28,8 milisegundos y un tiempo de cierre de 114,06 milisegundos.

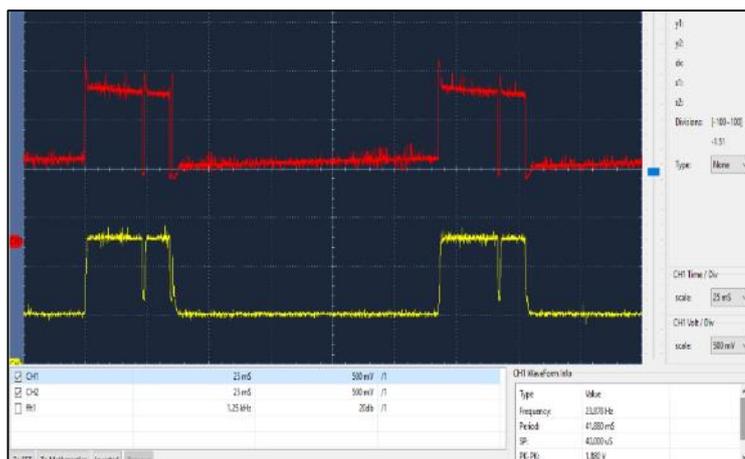


Figura 115: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo 25% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 840 rpm.

En la figura 115 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 34,50 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 25% y a 840 rpm en un período de 142,9 milisegundos, con una apertura de 35,50 milisegundos y un tiempo de cierre de 107,36 milisegundos.

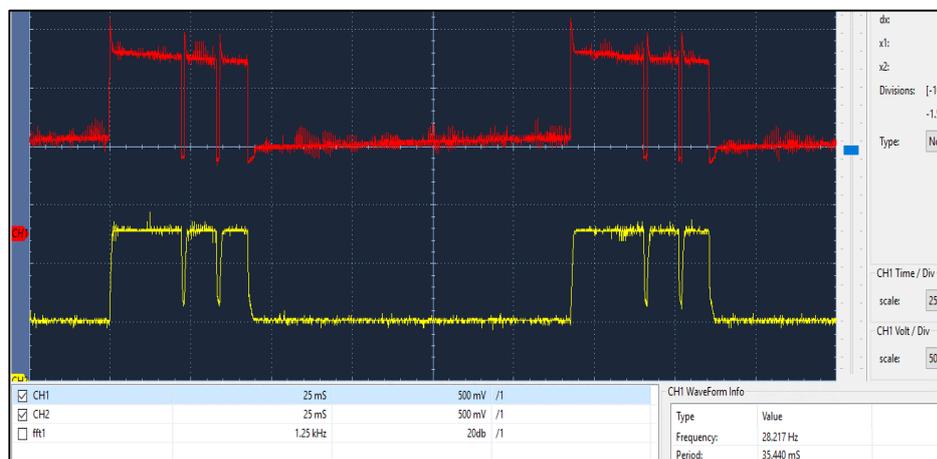


Figura 116: Curvas de Voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 840 rpm.

En la figura 116 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 41,90 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 30% y a 840 rpm en un período de 142,9 milisegundos, con una apertura de 42,90 milisegundos y un tiempo de cierre de 99,96 milisegundos.

Tabla 32.

Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 200 bar de presión a 840 rpm.

	Presión	Presión	Caudal	Caudal	ángulo	Corriente	Voltaje	Voltaje	Ta	Ti	Tr	Tc	Período	Frecuencia	Cicle Duty	tiempo d prueba	
	(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)					(ms)
Bosch 0445110070	200	170	9	4	9,74	15	10	7,5	14,30	1	13,3	128,56	142,9	7	840	10	8
	200	150	12	6	9,74	15	11	7	28,60	1	20,1	114,26	142,9	7	840	20	8
	200	150	13	7	9,74	14	11	7	35,50	1	21,6	107,36	142,9	7	840	25	8
	200	150	26	9	9,74	13	11	7,5	42,80	1	20,5	100,06	142,9	7	840	30	8
Bosch 0445110250	200	170	10	5	9,42	9	10	5	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
	200	150	12	6	9,42	8	10,5	5,5	28,60	1	21,8	114,26	142,9	7	840	20	8
	200	140	12	7	9,42	8	10	5	35,60	1	20,9	107,26	142,9	7	840	25	8
	200	140	14	9	9,42	8	10	5	43,00	1	21,6	99,86	142,9	7	840	30	8
Denso 6520 10H0044	200	180	15	5	9,3	8	10	7	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
	200	150	12	7	9,3	8	10	7	28,80	1	21,1	114,06	142,9	7	840	20	8
	200	130	18	8	9,3	8	10	7	35,70	1	21	107,16	142,9	7	840	25	8
	200	120	19	12	9,3	7,5	10	7	42,90	1	21,9	99,96	142,9	7	840	30	8
Delphi VQ5CB56B99	200	170	14	6	9,06	8	10	7	14,50	0,5	14	128,36	142,9	7	840	10	8
	200	140	11	8	9,06	8	10	7	28,80	0,5	20,6	114,06	142,9	7	840	20	8
	200	120	17	9	9,06	8	10	7	35,50	0,5	21,5	107,36	142,9	7	840	25	8
	200	110	18	14	9,06	7,5	10	7	42,90	0,5	22,4	99,96	142,9	7	840	30	8

En la tabla 32 la presión de prueba es de 200 bar a 840 rpm, para el análisis de los 4 inyectores, los ángulos de pulverización varían por cada inyector, el tiempo de activación se mantiene para los cuatro tipos de inyectores, de acuerdo al ciclo de trabajo y es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector.

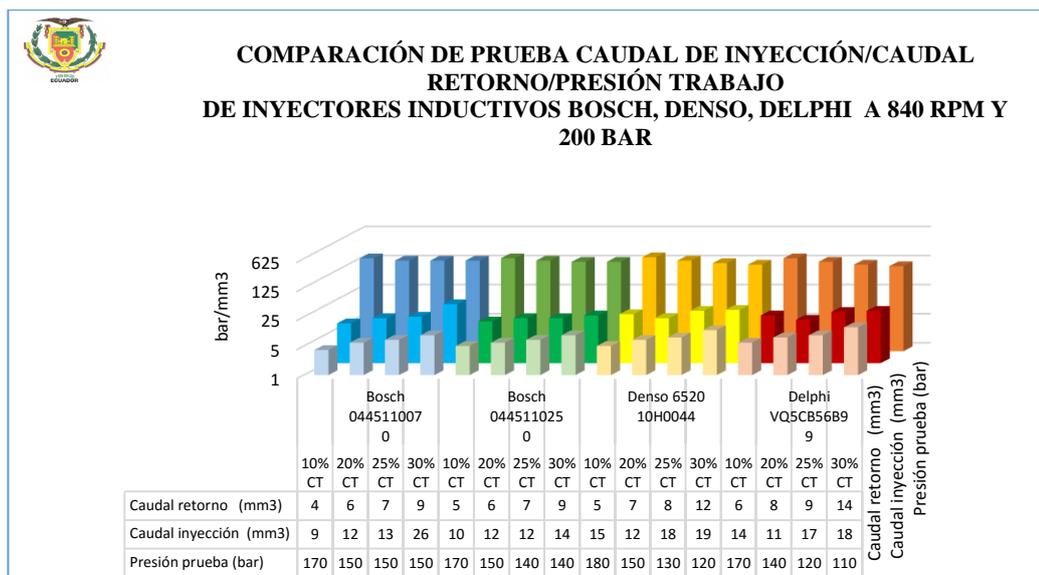


Figura 117: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 200 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, de 26 ml al 30% de ciclo duty y un mayor retorno en el inyector Delphi con 14 ml al 30% de apertura de la aguja, en los ensayos se observa una variación en la presión por el inicio de inyección para cada ciclo de trabajo.

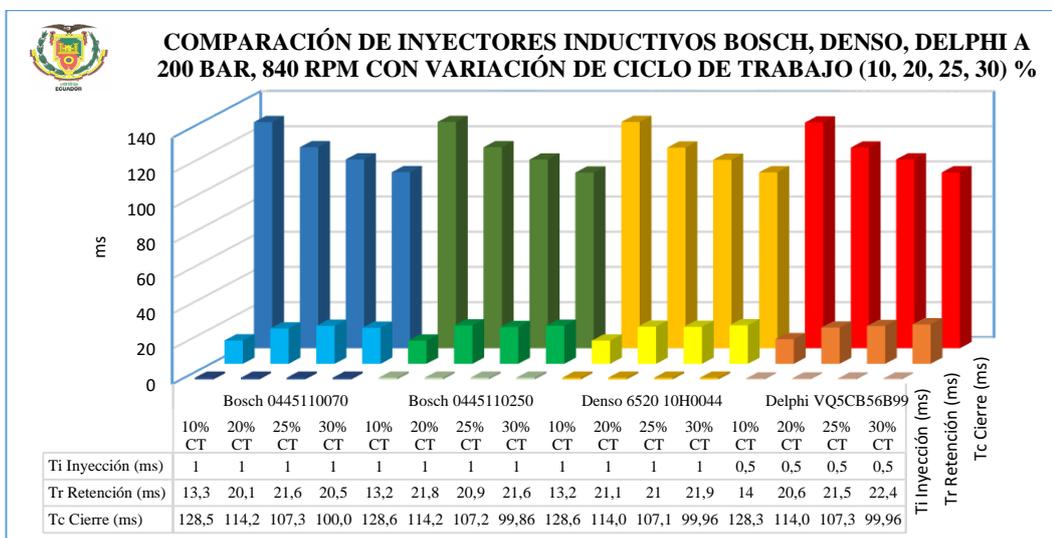


Figura 118: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 200 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

El inyector Delphi presenta un tiempo de inyección de 0,5 milisegundo, a diferencia de los otros 3 inyectores que tienen un tiempo de apertura de la aguja del inyector de 1 milisegundo el ciclo de trabajo es directamente proporcional al tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector.

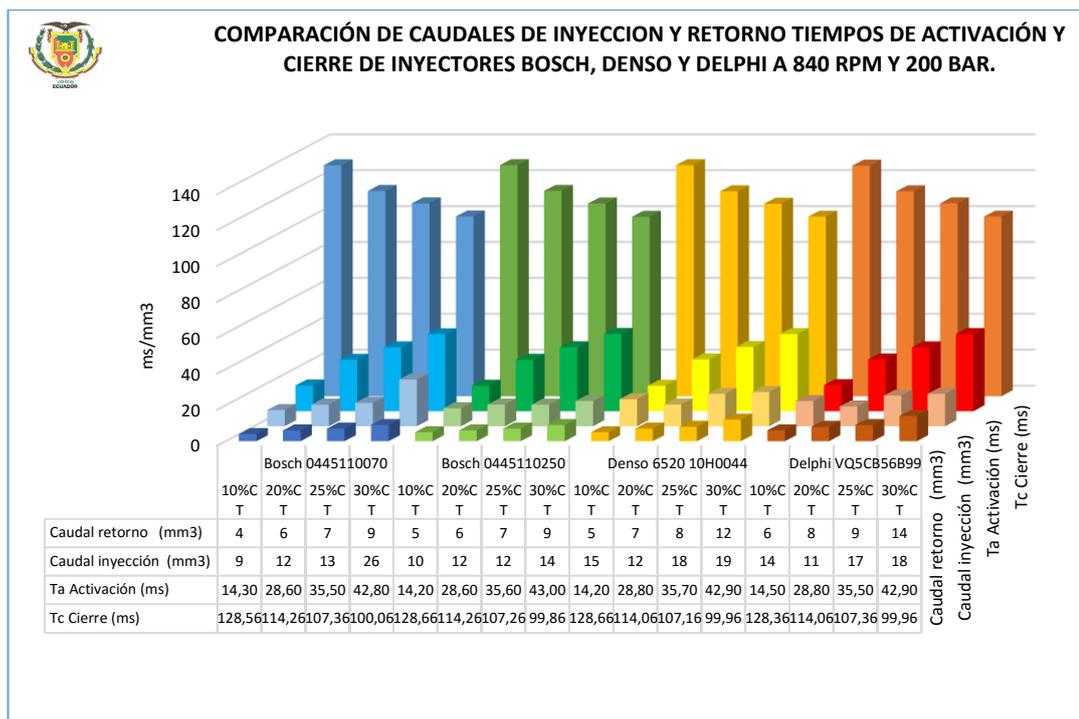


Figura 119: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 200 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Denso 652010H044 del vehículo Hino dutro para cada una de las pruebas, el menor caudal de retorno se muestra en el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, se tiene un periodo de 142, 8 ms que tarda en abrir y cerrar la aguja del inyector a ralentí.

Análisis y conclusiones

- Las pruebas a 200 bar, a 840 rpm del motor, con variaciones de ciclo de trabajo entre 10 a 30% de apertura del inyector, obteniendo una relación de 2 a 1 en caudal de inyección y retorno.
- En prueba a 200 bar se observa que al 10 % de ciclo de trabajo se obtiene un tiempo de activación de 14,30 milisegundos y un caudal de inyección de 9 ml en comparación al 30 % de ciclo de trabajo se consigue un tiempo de 42,8 milisegundos con un caudal de inyección de 26 ml, hay una diferencia entre el (10 y 30) % de 28,5 milisegundos y una proporción de caudal de inyección 17 ml.
- Se puede controlar el tiempo de apertura de los inyectores, se observa que los 4 inyectores a prueba presentan similares características en tiempos de activación, tiempos de cierre, el caudal de retorno y caudal de inyección varía de acuerdo al ciclo de trabajo.

Tabla 33.

Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 400 bar de presión a 840 rpm.

	Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
	(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
Bosch 0445110070	400	300	21	5	9,74	16	11	6,5	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
	400	250	37	9	9,74	15	11,5	7	29,70	1	21,5	113,16	142,9	7	840	20	8
	400	225	42	10	9,74	14	11	7,5	35,40	1	21,2	107,46	142,9	7	840	25	8
	400	200	47	12	9,74	14	11	7,5	42,20	1	21	100,66	142,9	7	840	30	8
Bosch 0445110250	400	310	16	5	9,42	14	11	6	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
	400	250	27	7	9,42	14	10,5	5,5	28,50	1	21,8	114,36	142,9	7	840	20	8
	400	230	29	9	9,42	14	10	5,5	35,60	1	20,7	107,26	142,9	7	840	25	8
	400	200	31	10	9,42	14	10	5,5	42,50	1	21,4	100,36	142,9	7	840	30	8
Denso 6520 10H0044	400	260	21	6	9,3	8	10	7	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
	400	200	36	7	9,3	8	10	7	28,50	1	21,2	114,36	142,9	7	840	20	8
	400	190	43	12	9,3	8	10	7	35,40	1	22,1	107,46	142,9	7	840	25	8
	400	180	38	12	9,3	8	10	7	42,90	1	21,5	99,96	142,9	7	840	30	8
Delphi VQ5CB56B99	400	250	20	8	9,06	8	10	7	14,50	0,5	14	128,36	142,9	7	840	10	8
	400	190	35	9	9,06	8	10	7	27,50	0,5	20,7	115,36	142,9	7	840	20	8
	400	180	42	13	9,06	8	10	7	34,90	0,5	21,6	107,96	142,9	7	840	25	8
	400	170	37	14	9,06	8	10	7	42,90	0,5	22,5	99,96	142,9	7	840	30	8

En la tabla 33 la presión de prueba es de 400 bar a 840 rpm, para el análisis de los 4 inyectores, los ángulos de pulverización varían por cada inyector, el tiempo de activación se mantiene para los cuatro tipos de inyectores, de acuerdo al ciclo de trabajo y es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector.

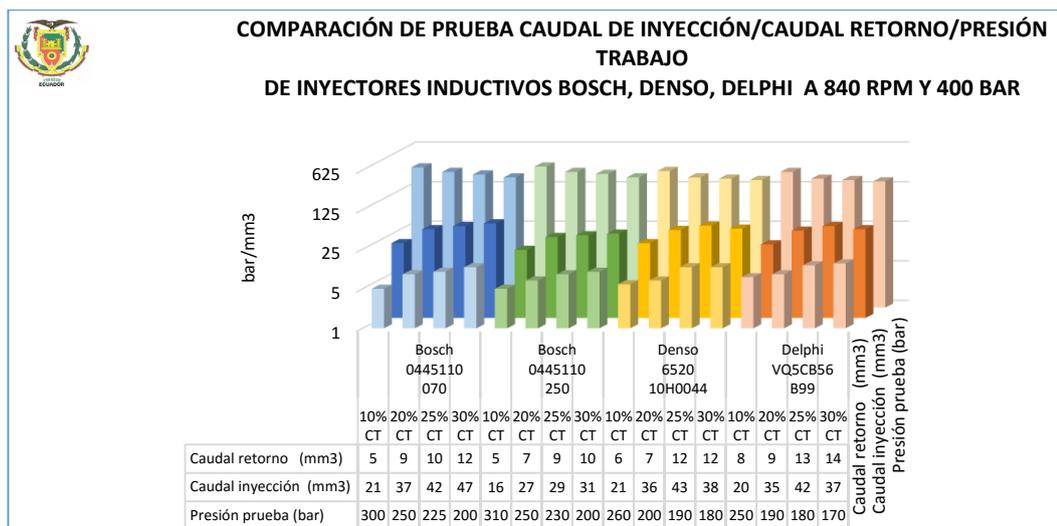


Figura 120: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 400 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, al 30% de ciclo duty y un mayor retorno en el inyector Delphi con 14 ml al 30% de apertura de la aguja, en los ensayos se observa una variación en la presión por el inicio de inyección para cada ciclo de trabajo.

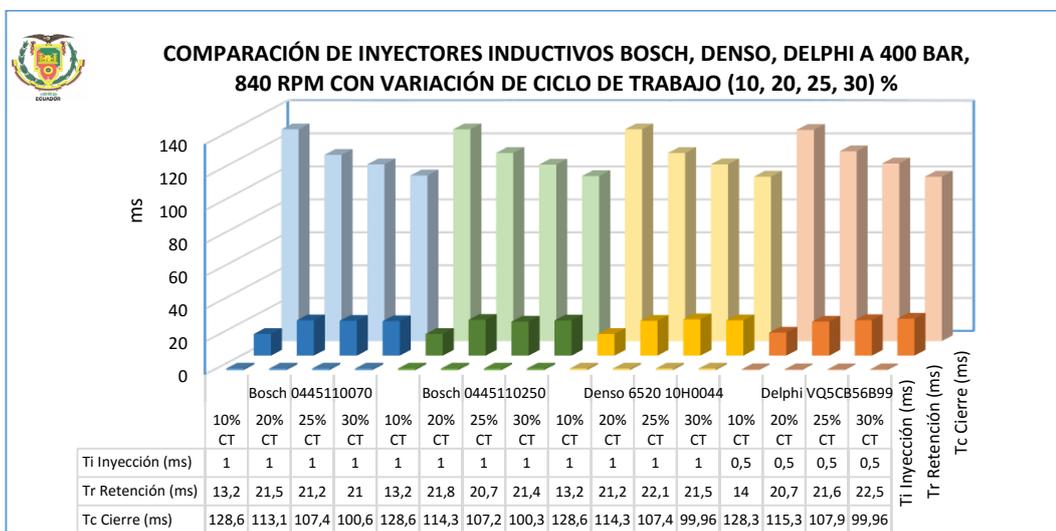


Figura 121: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 400 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

El inyector Delphi presenta un tiempo de inyección de 0,5 milisegundo, a diferencia de los otros 3 inyectores que tienen un tiempo de apertura de la aguja del inyector de 1 milisegundo el ciclo de trabajo es directamente proporcional al tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector.

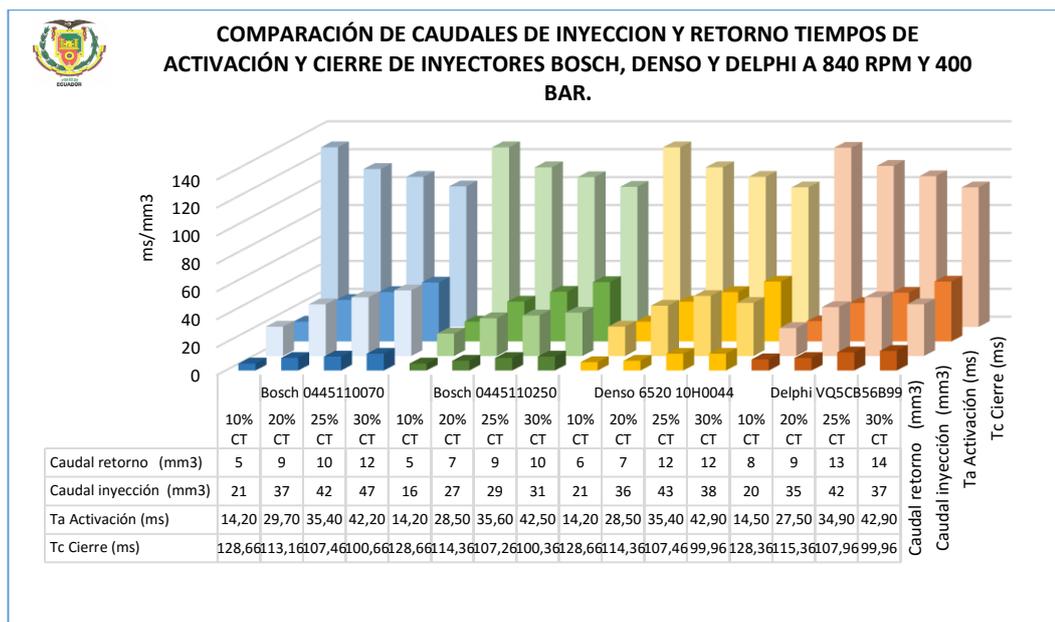


Figura 122: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 400 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Denso 652010H044 del vehículo Hino dutro para cada una de las pruebas, el menor caudal de retorno se muestra en el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, se tiene un periodo de 142, 8 ms que tarda en abrir y cerrar la aguja del inyector a ralentí.

Análisis y conclusiones

- Las pruebas a 400 bar, a 840 rpm del motor, con variaciones de ciclo de trabajo entre 10 a 30% de apertura del inyector, obteniendo una relación de 3 a 1 en caudal de inyección y retorno.
- En prueba a 400 bar se observa que al 10 % de ciclo de trabajo se obtiene un tiempo de activación de 14,30 milisegundos y un caudal de inyección de 21 ml en comparación al 30 % de ciclo de trabajo se consigue un tiempo de 42,8 milisegundos con un caudal de inyección de 47 ml, hay una diferencia entre el (10 y 30) % de 28,5 milisegundos y una proporción de caudal de inyección 26 ml.
- Se puede controlar el tiempo de apertura de los inyectores, se observa que los 4 inyectores a prueba presentan similares características en tiempos de activación, tiempos de cierre, el caudal de retorno y caudal de inyección varía de acuerdo al ciclo de trabajo.

Tabla 34.

Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 600 bar de presión a 840 rpm.

	Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
	(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
	600	425	37	7	9,74	15	10,5	6a3	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
	600	325	42	10	9,74	13	11	7a3	28,70	1	18,5	114,16	142,9	7	840	20	8
Bosch 0445110070	600	300	61	16	9,74	14	11	6a3	34,71	1	19,3	108,15	142,9	7	840	25	8
	600	250	68	18	9,74	12	11	7a2	42,10	1	19,8	100,76	142,9	7	840	30	8
	600	450	20	6	9,42	14	10	5	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
	600	350	34	9	9,42	14	10	5	28,80	1	21,8	114,06	142,9	7	840	20	8
Bosch 0445110250	600	320	38	10	9,42	14	10,5	5,5	35,40	1	21,1	107,46	142,9	7	840	25	8
	600	300	42	13	9,42	13	10	5,5	43,10	1	20,8	99,76	142,9	7	840	30	8
	600	380	27	8	9,3	9	10	7	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
	600	300	46	10	9,3	8,25	10	7	28,60	1	22,2	114,26	142,9	7	840	20	8
Denso 6520 10H0044	600	250	51	11	9,3	8,5	10	7	35,50	1	21,9	107,36	142,9	7	840	25	8
	600	230	55	14	9,3	8,25	10	7	42,90	1	22,5	99,96	142,9	7	840	30	8
	600	370	26	9	9,06	9	10	7	14,50	0,5	14	128,36	142,9	7	840	10	8
	600	290	45	11	9,06	8,25	10	7	26,60	0,5	20,7	116,26	142,9	7	840	20	8
Delphi VQ5CB56B99	600	250	50	12	9,06	8,5	10	7	34,50	0,5	21,4	108,36	142,9	7	840	25	8
	600	220	54	15	9,06	8,25	10	7	42,40	0,5	22,2	100,46	142,9	7	840	30	8

En la tabla 34 la presión de prueba es de 400 bar a 840 rpm, para el análisis de los 4 inyectores, los ángulos de pulverización varían por cada inyector, el tiempo de activación se mantiene para los cuatro tipos de inyectores, de acuerdo al ciclo de trabajo y es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector.

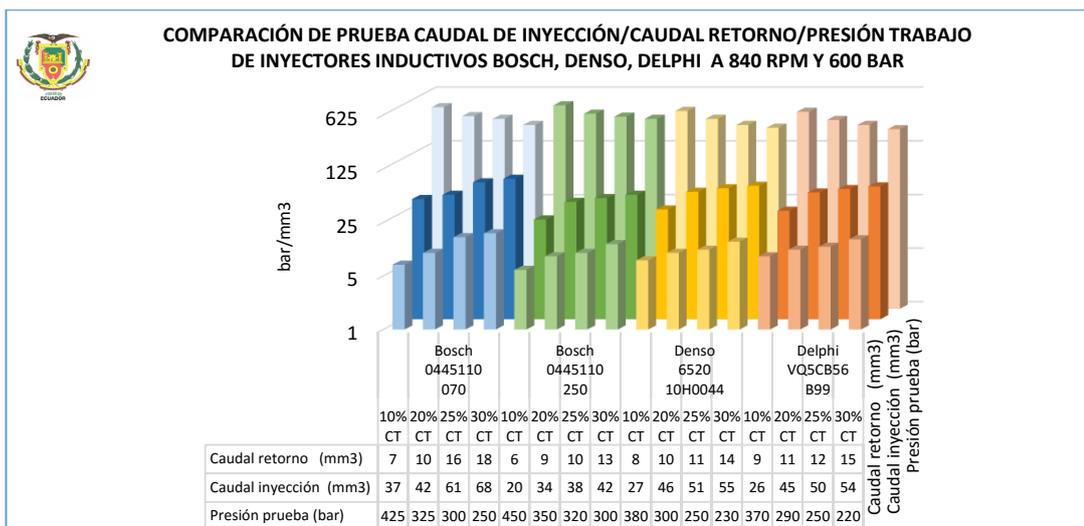


Figura 123: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 600 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, al 30% de ciclo duty y un mayor retorno en el inyector Delphi con 14 ml al 30% de apertura de la aguja, en los ensayos se observa una variación en la presión por el inicio de inyección para cada ciclo de trabajo.

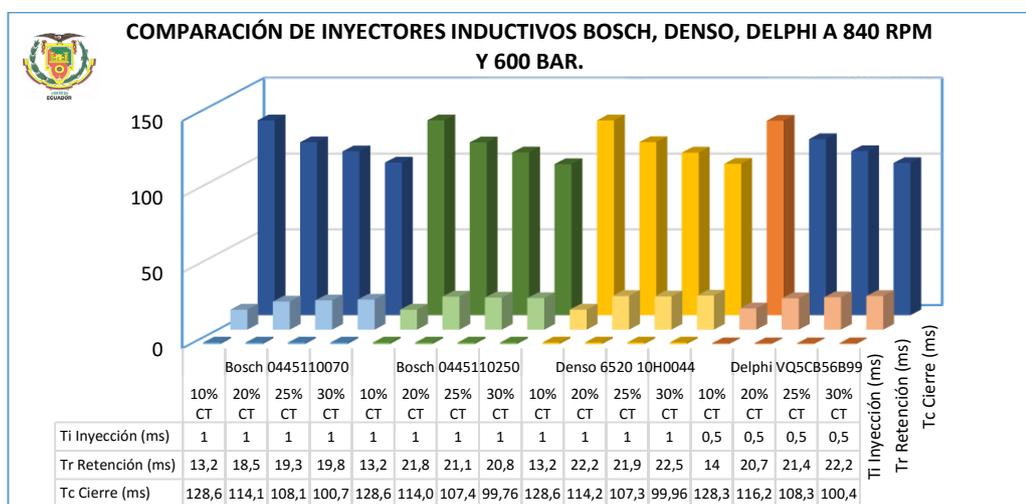


Figura 124: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 600 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

El inyector Delphi presenta un tiempo de inyección de 0,5 milisegundo, a diferencia de los otros 3 inyectores que tienen un tiempo de apertura de la aguja del inyector de 1 milisegundo el ciclo de trabajo es directamente proporcional al tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector.

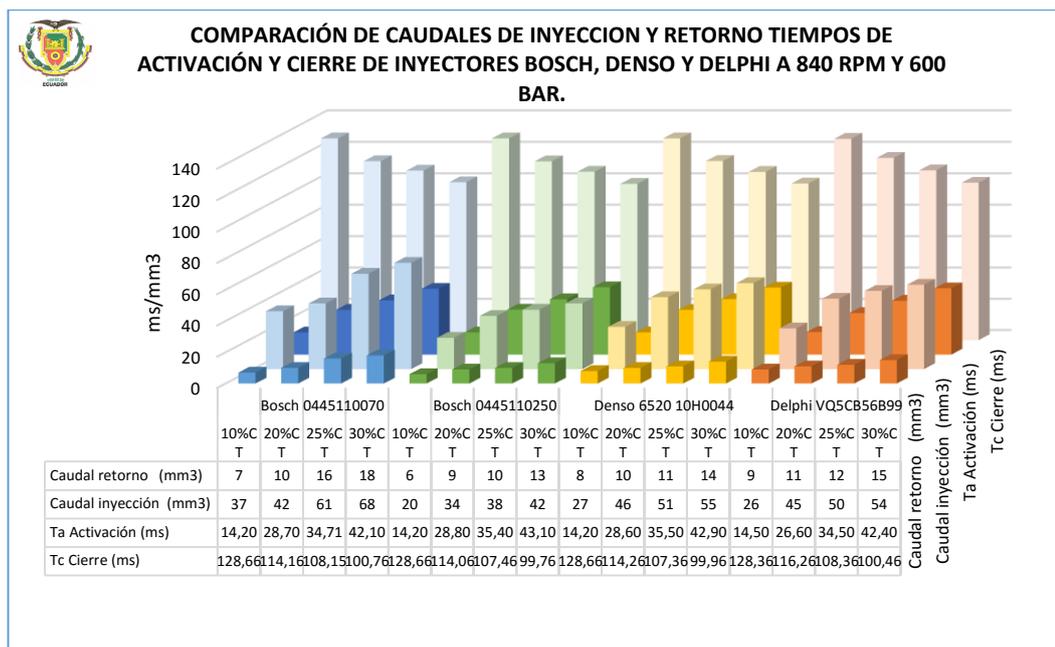


Figura 125: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 600 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Denso 652010H044 del vehículo Hino dutro para cada una de las pruebas, el menor caudal de retorno se muestra en el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, se tiene un periodo de 142, 8 ms que tarda en abrir y cerrar la aguja del inyector a ralentí.

Análisis y conclusiones

- Las pruebas a 600 bar, a 840 rpm del motor, con variaciones de ciclo de trabajo entre 10 a 30% de apertura del inyector, obteniendo una relación de 2 a 1 en caudal de inyección y retorno.
- En prueba a 600 bar se observa que al 10 % de ciclo de trabajo se obtiene un tiempo de activación de 14,20 milisegundos y un caudal de inyección de 37 ml en comparación al 30 % de ciclo de trabajo se consigue un tiempo de 42,8 milisegundos con un caudal de inyección de 68 ml, hay una diferencia entre el (10 y 30) % de 28,5 milisegundos y una proporción de caudal de inyección 31 ml.
- Se puede controlar el tiempo de apertura de los inyectores, se observa que los 4 inyectores a prueba presentan similares características en tiempos de activación, tiempos de cierre, el caudal de retorno y caudal de inyección varía de acuerdo al ciclo de trabajo.

Tabla 35.

Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 800 bar de presión a 840 rpm.

	Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
	(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
	800	550	26	11	9,74	15	11	7a3,5	14,30	1	13,3	128,56	142,9	7	840	10	8
	800	450	43	12	9,74	14	11	7a2,5	28,60	1	21	114,26	142,9	7	840	20	8
Bosch 0445110070	800	400	55	15	9,74	14	11	7a2	34,80	1	19,9	108,06	142,9	7	840	25	8
	800	350	64	31	9,74	15	11	6a1,5	41,20	1	20,2	101,66	142,9	7	840	30	8
	800	550	25	9	9,42	12	10	5	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
	800	450	38	11	9,42	12	10,5	5,5	28,50	1	21,8	114,36	142,9	7	840	20	8
Bosch 0445110250	800	400	46	12	9,42	12	10	5	35,70	1	20,8	107,16	142,9	7	840	25	8
	800	350	51	13	9,42	12	10	5	43,50	1	21,8	99,36	142,9	7	840	30	8
	800	500	30	10	9,3	9	10	7	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
	800	350	50	11	9,3	8,25	10	7	28,40	1	22,2	114,46	142,9	7	840	20	8
Denso 6520 10H0044	800	300	54	13	9,3	8,25	10	7	35,60	1	22,5	107,26	142,9	7	840	25	8
	800	280	61	15	9,3	8,25	10	7	42,90	1	23	99,96	142,9	7	840	30	8
	800	490	29	11	9,06	9	10	7	14,50	0,5	14	128,36	142,9	7	840	10	8
	800	340	49	12	9,06	8,25	10	7	26,40	0,5	20,7	116,46	142,9	7	840	20	8
Delphi VQ5CB56B99	800	290	53	14	9,06	8,25	10	7	34,20	0,5	21,6	108,66	142,9	7	840	25	8
	800	270	60	16	9,06	8,25	10	7	43,10	0,5	22,4	99,76	142,9	7	840	30	8

En la tabla 35 la presión de prueba es de 800 bar a 840 rpm, para el análisis de los 4 inyectores, los ángulos de pulverización varían por cada inyector, el tiempo de activación se mantiene para los cuatro tipos de inyectores, de acuerdo al ciclo de trabajo y es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector.

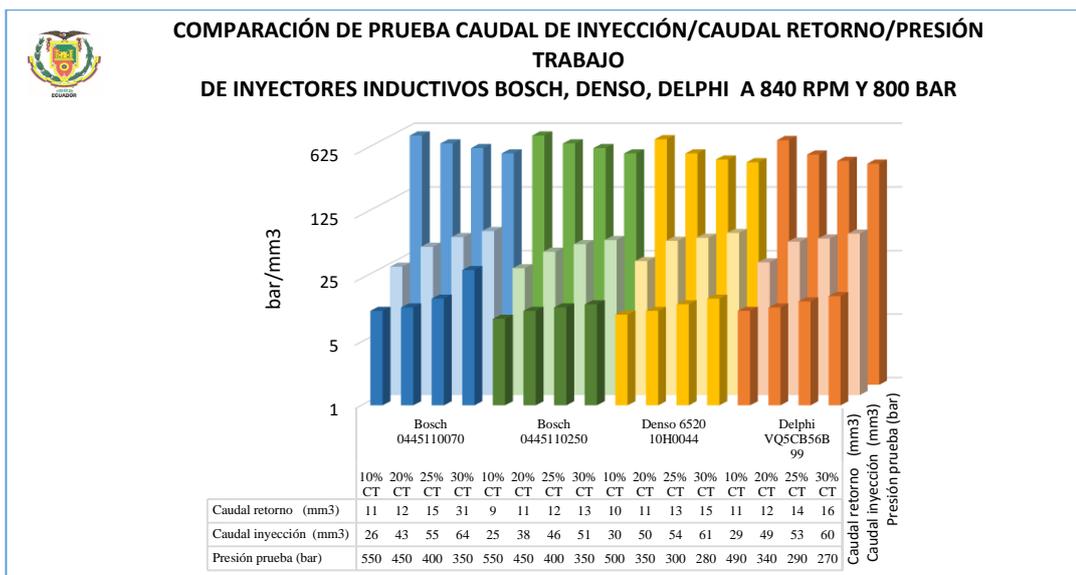


Figura 126: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 800 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, al 30% de ciclo duty y un mayor retorno en el inyector Delphi con 14 ml al 30% de apertura de la aguja, en los ensayos se observa una variación en la presión por el inicio de inyección para cada ciclo de trabajo.

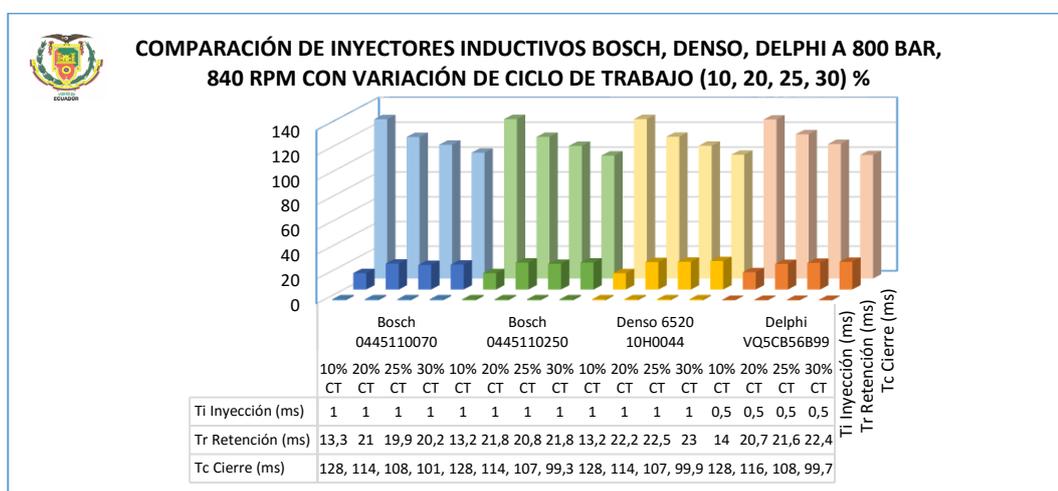


Figura 127: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 800 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

El inyector Delphi presenta un tiempo de inyección de 0,5 milisegundo, a diferencia de los otros 3 inyectores que tienen un tiempo de apertura de la aguja del inyector de 1 milisegundo el ciclo de trabajo es directamente proporcional al tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector.

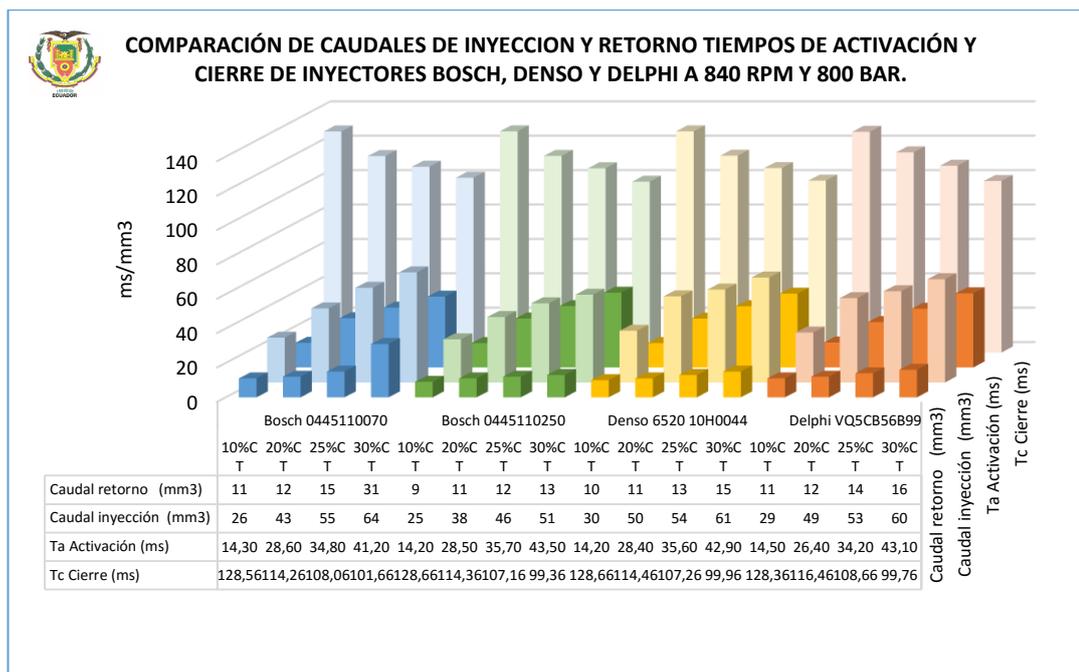


Figura 128: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 800 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Denso 652010H044 del vehículo Hino dutro para cada una de las pruebas, el menor caudal de retorno se muestra en el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, se tiene un periodo de 142, 8 ms que tarda en abrir y cerrar la aguja del inyector a ralentí.

Análisis y conclusiones

- Las pruebas a 800 bar, a 840 rpm del motor, con variaciones de ciclo de trabajo entre 10 a 30% de apertura del inyector, obteniendo una relación de 3 a 1 en caudal de inyección y retorno.
- En prueba a 800 bar se observa que al 10 % de ciclo de trabajo se obtiene un tiempo de activación de 14,30 milisegundos y un caudal de inyección de 26 ml en comparación al 30 % de ciclo de trabajo se consigue un tiempo de 42,8 milisegundos con un caudal de inyección de 64 ml, hay una diferencia entre el (10 y 30) % de 28,5 milisegundos y una proporción de caudal de inyección 38 ml.
- Se puede controlar el tiempo de apertura de los inyectores, se observa que los 4 inyectores a prueba presentan similares características en tiempos de activación, tiempos de cierre, el caudal de retorno y caudal de inyección varía de acuerdo al ciclo de trabajo.

Tabla 36.

Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 1000 bar de presión a 840 rpm.

	Presión	Presión	Caudal	Caudal	ángulo	Corrient	Voltaje	Voltaje	Ta	Ti	Tr	Tc	Período	Frecuenci	RPM	Cicle	tiempo
	(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	Mantenimient	Activació	Inyecció	Retenció	Cierre	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
	1000	700	15	8	9,74	16	11	7a3,5	14,30	1	13,3	128,56	142,9	7	840	10	8
	1000	500	45	13	9,74	16	11	7a2,5	28,50	1	20,5	114,36	142,9	7	840	20	8
Bosch 0445110070	1000	450	55	15	9,74	15	11	7a2	35,20	1	20,8	107,66	142,9	7	840	25	8
	1000	400	63	16	9,74	14	11	7a2	40,90	1	20,1	101,96	142,9	7	840	30	8
	1000	750	27	8	9,42	13	10	5	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
	1000	600	45	10	9,42	12	10	5	28,30	1	21,5	114,56	142,9	7	840	20	8
Bosch 0445110250	1000	550	53	12	9,42	6	10	5	35,50	1	22,2	107,36	142,9	7	840	25	8
	1000	450	63	14	9,42	15	12	8	43,20	1	21,8	99,66	142,9	7	840	30	8
	1000	600	38	10	9,3	8,75	10	7	14,20	1	13,2	128,66	142,9	7	840	10	8
	1000	450	50	12	9,3	8,25	10	7	28,50	1	22,2	114,36	142,9	7	840	20	8
Denso 6520 10H0044	1000	400	55	13	9,3	8,25	10	7	35,60	1	22,5	107,26	142,9	7	840	25	8
	1000	310	75	14	9,3	8,25	10	7	42,90	1	22,9	99,96	142,9	7	840	30	8
	1000	590	37	11	9,06	8,75	10	7	14,50	0,5	14	128,36	142,9	7	840	10	8
	1000	440	49	13	9,06	8,25	10	7	26,40	0,5	20,6	116,46	142,9	7	840	20	8
Delphi VQ5CB56B99	1000	390	54	14	9,06	8,25	10	7	34,00	0,5	21,4	108,86	142,9	7	840	25	8
	1000	300	75	15	9,06	8,25	10	7	43,00	0,5	22,5	99,86	142,9	7	840	30	8

En la tabla 36 la presión de prueba es de 1000 bar a 840 rpm, para el análisis de los 4 inyectores, los ángulos de pulverización varían por cada inyector, el tiempo de activación se mantiene para los cuatro tipos de inyectores, de acuerdo al ciclo de trabajo y es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector.

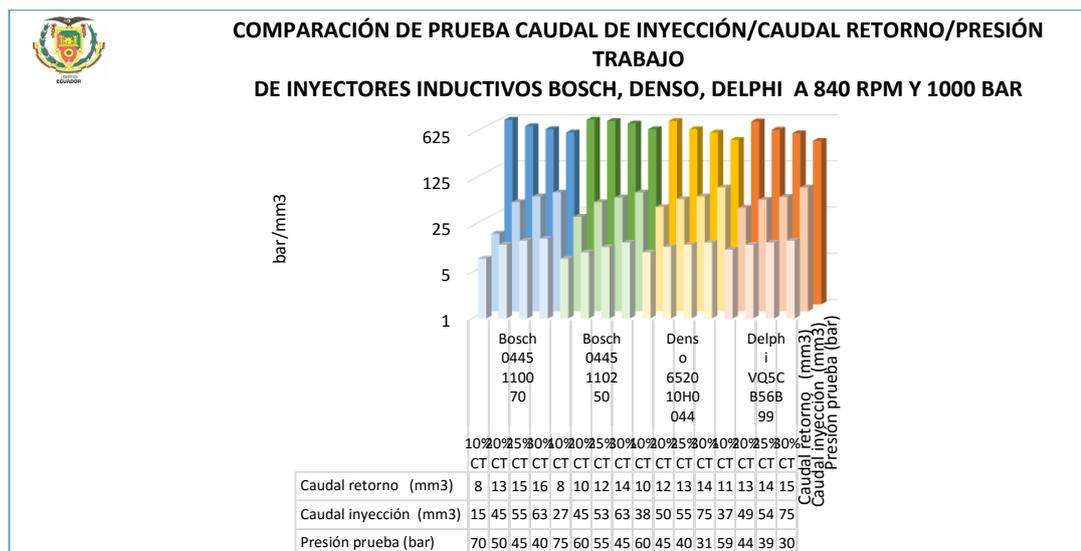


Figura 129: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 1000 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, al 30% de ciclo duty y un mayor retorno en el inyector Delphi con 14 ml al 30% de apertura de la aguja, en los ensayos se observa una variación en la presión por el inicio de inyección para cada ciclo de trabajo.

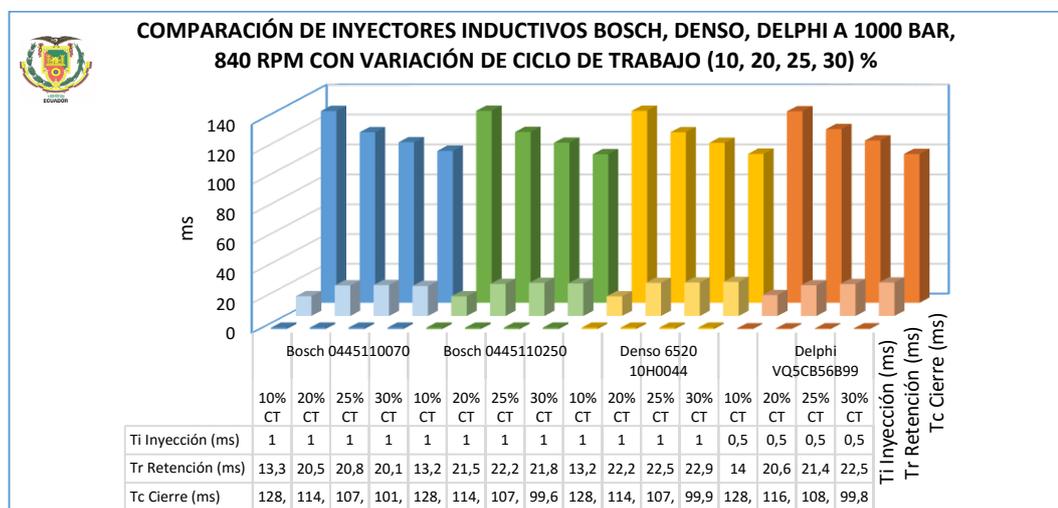


Figura 130: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 1000 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

El inyector Delphi presenta un tiempo de inyección de 0,5 milisegundo, a diferencia de los otros 3 inyectores que tienen un tiempo de apertura de la aguja del inyector de 1 milisegundo el ciclo de trabajo es directamente proporcional al tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector.

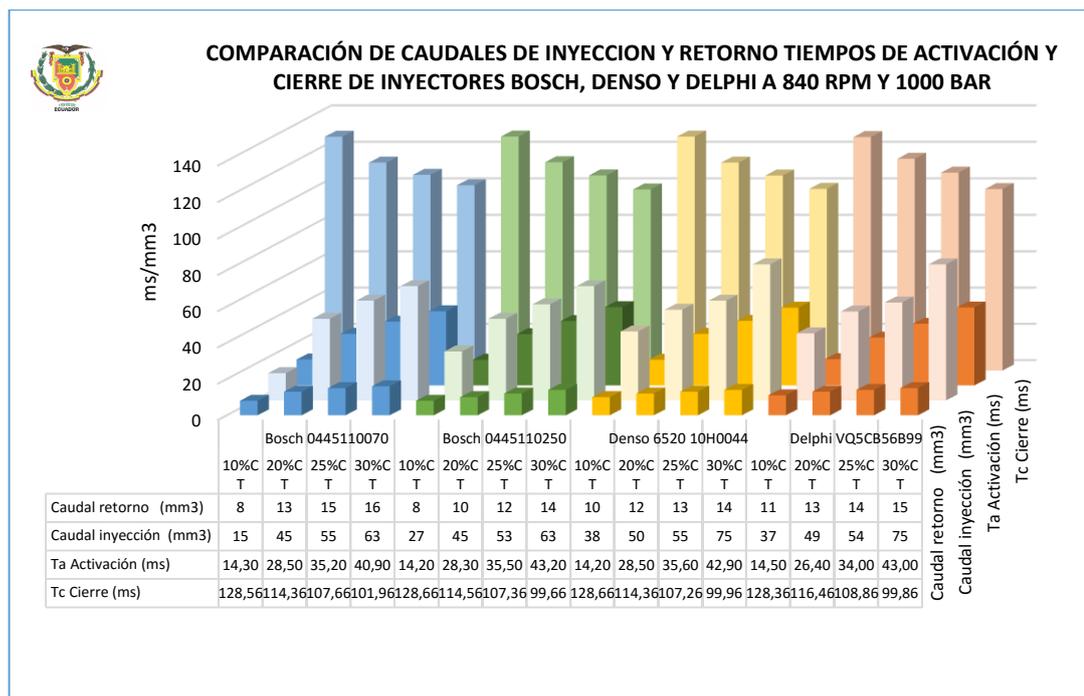


Figura 131: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 1000 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Denso 652010H044 del vehículo Hino dutro para cada una de las pruebas, el menor caudal de retorno se muestra en el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, se tiene un periodo de 142, 8 ms que tarda en abrir y cerrar la aguja del inyector a ralentí.

Análisis y conclusiones

- Las pruebas a 1000 bar, a 840 rpm del motor, con variaciones de ciclo de trabajo entre 10 a 30% de apertura del inyector, obteniendo una relación de 3 a 1 en caudal de inyección y retorno.
- En prueba a 1000 bar se observa que al 10 % de ciclo de trabajo se obtiene un tiempo de activación de 14,30 milisegundos y un caudal de inyección de 15 ml en comparación al 30 % de ciclo de trabajo se consigue un tiempo de 42,8 milisegundos con un caudal de inyección de 63 ml, hay una diferencia entre el (10 y 30) % de 28,5 milisegundos y una proporción de caudal de inyección 48 ml.
- Se puede controlar el tiempo de apertura de los inyectores, se observa que los 4 inyectores a prueba presentan similares características en tiempos de activación, tiempos de cierre, el caudal de retorno y caudal de inyección varía de acuerdo al ciclo de trabajo.

4.7. Pruebas de inyectores inductivos crdi a 1560 RPM, a (200,400,600,800,1000) Bar.

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ ESPE LATACUNGA INFORME DE PRÁCTICA DEL EQUIPO DE DIAGNÓSTICO		
Cristian Morán Rodrigo Passo	Práctica N° 03	2016/
Tema: Cálculos y medición de ciclo de trabajo a media carga 1560 Rpm.		Asignatura: Autotrónica III

Objetivos

- Conocer y verificar cada uno de los tiempos de activación y cierre mediante cálculos a 1560 rpm, y con variaciones de ciclos de trabajo entre (10, 20, 25, 30) % de cycle duty y comparar gráficamente mediante el osciloscopio.
- Obtener curvas características de corriente y voltaje para analizar los tiempos de activación de cada inyector.
- Realizar tablas de mediciones en hojas de cálculo de Excel para poder realizar una comparación a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.
- Realizar graficas en Excel mediante las tablas obtenidas a los diferentes ensayos de presiones y ciclos de trabajo.

Equipo

- Banco de comprobación de inyectores.
- Multímetro.
- Inyectores.
- Caja de herramientas.
- Osciloscopio
- Pinza amperimétrica amperimétrica
- Equipo de seguridad para manipular maquinaria (guantes, gafas mandil, zapatos industriales).
- Computador instalado el programa Owon.

Desarrollo de la Práctica

Realizar grupos de trabajo para la práctica de cálculos y medición de tiempos de apertura y cierre de los distintos inyectores inductivos crdi, el equipo se puede realizar la prueba de un inyector CRDI a la vez.

Todos los integrantes del equipo deben de poseer los respectivos implementos de seguridad, para realizar la práctica ya que están manipulando maquinaria a elevadas presiones y voltajes altos.

4.7.1. Cálculo de prueba a media carga

Datos:

$N = 1560 \text{ Rpm}$

$$N = \frac{120000}{T}$$

$$1560 = \frac{120000}{T}$$

$$T = 76,92 \text{ ms}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = 13 \text{ Hz}$$

4.7.2. Cálculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo (cicle duty 10%)

$CT = 10 \%$

$$CT = \frac{T_i}{T_i + T_c} \times 100$$

$$10 \% = \frac{T_i}{76,92 \text{ ms}} \times 100$$

$$T_i = 7,69 \text{ ms}$$

$$T_c = 69,23 \text{ ms}$$

4.7.3. Cálculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo (cicle duty 20%)

$CT = 20 \%$

$$CT = \frac{T_i}{T_i + T_c} \times 100$$

$$20 \% = \frac{T_i}{76,92 \text{ ms}} \times 100$$

$$T_i = 15,38 \text{ ms}$$

$$T_c = 61,54 \text{ ms}$$

4.7.4. Cálculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo (cicle duty 25%)

$$CT = 25 \%$$

$$CT = \frac{T_i}{T_i + T_c} \times 100$$

$$25 \% = \frac{T_i}{76,92 \text{ ms}} \times 100$$

$$T_i = 19,23 \text{ ms}$$

$$T_c = 57,69 \text{ ms}$$

4.7.5. Cálculo de tiempos de apertura y cierre a un ciclo de trabajo (cicle duty 30%)

$$CT = 30 \%$$

$$CT = \frac{T_i}{T_i + T_c} \times 100$$

$$30 \% = \frac{T_i}{76,92 \text{ ms}} \times 100$$

$$T_i = 23,08 \text{ ms}$$

$$T_c = 53,84 \text{ ms}$$

4.7.6. Cálculo de ángulos de inyección

a) Inyector inductivo Bosch

Número de serie: 0445110070

Vehículo: Terracan 2.0

Resistencia: 0,5 Ohmios

Escala osciloscopio: Pinza Amperimétrica amperimétrica cada 100mv/1A; puntas de osciloscopio x10V.

Ángulo de disparo

$$I_T \quad \alpha = 9,23^\circ$$

Ángulo de dispersión

$$\gamma_T \quad \beta = 9,74^\circ$$

Tabla 37.

Prueba de inyector Bosch 0445110070 a 1560 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones (200, 400, 600, 800, 1000) bar.

Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Cycle Duty	tiempo de prueba
(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
200	180	13	4	9,74	17	11	7	7,8	1	6,8	69,12	76,9	13	1560	10	8
200	150	25	7	9,74	15	11	7	15,4	1	14,4	61,52	76,9	13	1560	20	8
200	140	30	9	9,74	14	11	7	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
200	130	41	11	9,74	14	11	7,3	22,1	1	21,1	54,82	76,9	13	1560	30	8
400	300	20	5	9,74	16	11	7	7,8	1	6,8	69,12	76,9	13	1560	10	8
400	240	36	9	9,74	15	11	7	15,4	1	14,4	61,52	76,9	13	1560	20	8
400	200	38	10	9,74	15	11	7	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
400	190	77	18	9,74	14	11	7,5	22,3	1	21,3	54,62	76,9	13	1560	30	8
600	450	23	7	9,74	15	11	7,5 a 5	7,8	1	6,8	69,12	76,9	13	1560	10	8
600	330	42	10	9,74	14	11	7 a 3,5	15,3	1	14,3	61,62	76,9	13	1560	20	8
600	290	51	11	9,74	14	11	7 a 3,5	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
600	250	53	13	9,74	13	11	8 a 4	22,5	1	21,5	54,42	76,9	13	1560	30	8
800	550	31	7	9,74	16	11	6,5	7,8	1	6,8	69,12	76,9	13	1560	10	8
800	400	48	11	9,74	15	11	6	15,3	1	14,3	61,62	76,9	13	1560	20	8
800	350	53	13	9,74	15	11	6,5	19,1	1	18,1	57,82	76,9	13	1560	25	8
800	300	58	15	9,74	14	10	6,5	22	1	21	54,92	76,9	13	1560	30	8
1000	700	29	7	9,74	16	10,5	6,5	7,8	1	6,8	69,12	76,9	13	1560	10	8
1000	500	55	13	9,74	15	11	7	15,4	1	14,4	61,52	76,9	13	1560	20	8
1000	440	61	15	9,74	15	10	6,5	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
1000	400	67	13	9,74	15	10	6,5	22,7	1	21,7	54,22	76,9	13	1560	30	8

En la tabla 37 se observa la variación de presión para cada una de las pruebas, el ciclo de trabajo es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector con voltaje de consumo promedio de 11 Voltios y corriente de consumo promedio de 15 Amperios.

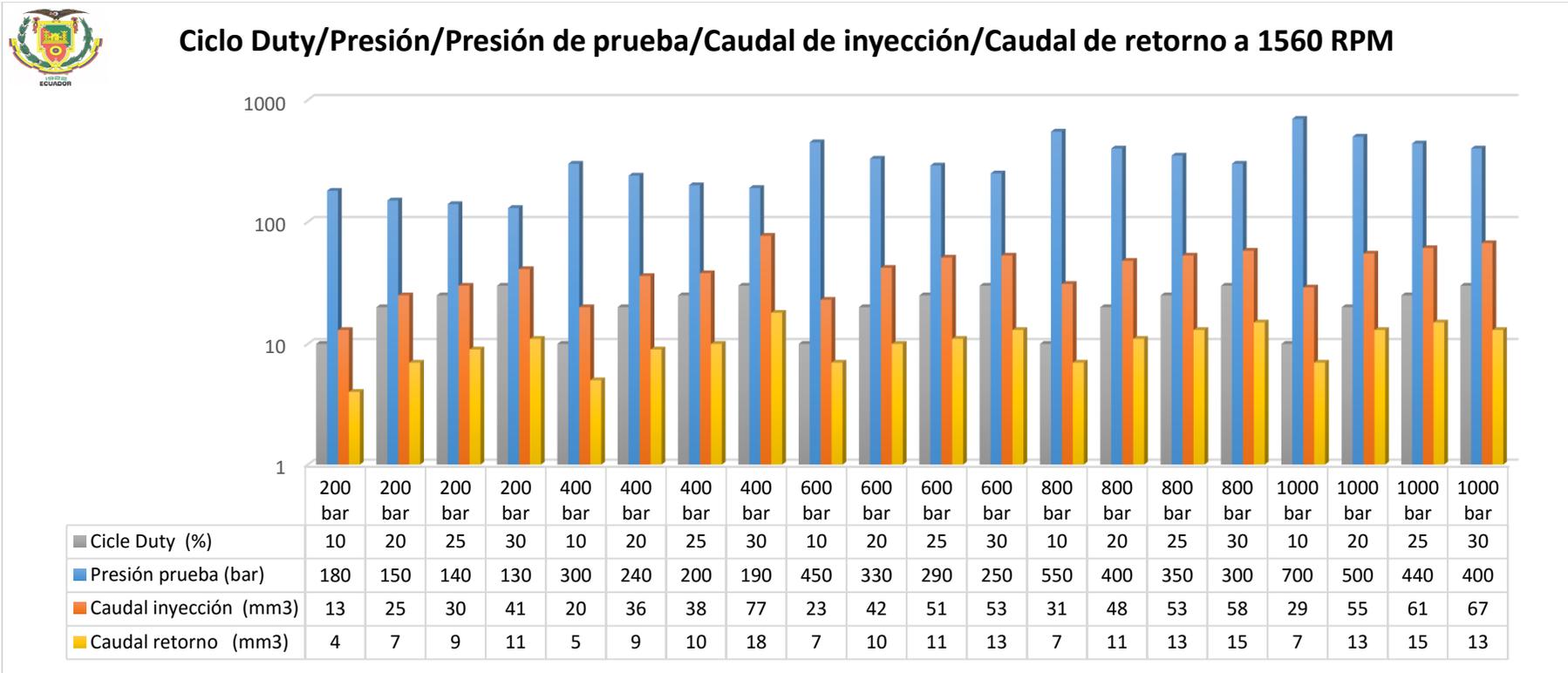


Figura 132: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110070 a 1560 rpm.

La figura 132 se observa una variación de la presión de prueba por el efecto de la apertura del inyector, el valor más alto de caudal de inyección y retorno se encuentra en la prueba 4 a 400 bar y un ciclo de trabajo del 30% con 77 y 18 ml, los valores están tabulados en la tabla 37, el caudal de inyección y retorno son directamente proporcionales al ciclo de trabajo y tiene una relación de 4 a 1 en cada presión de prueba, el tiempo que se realizó el ensayo es de 8 seg.

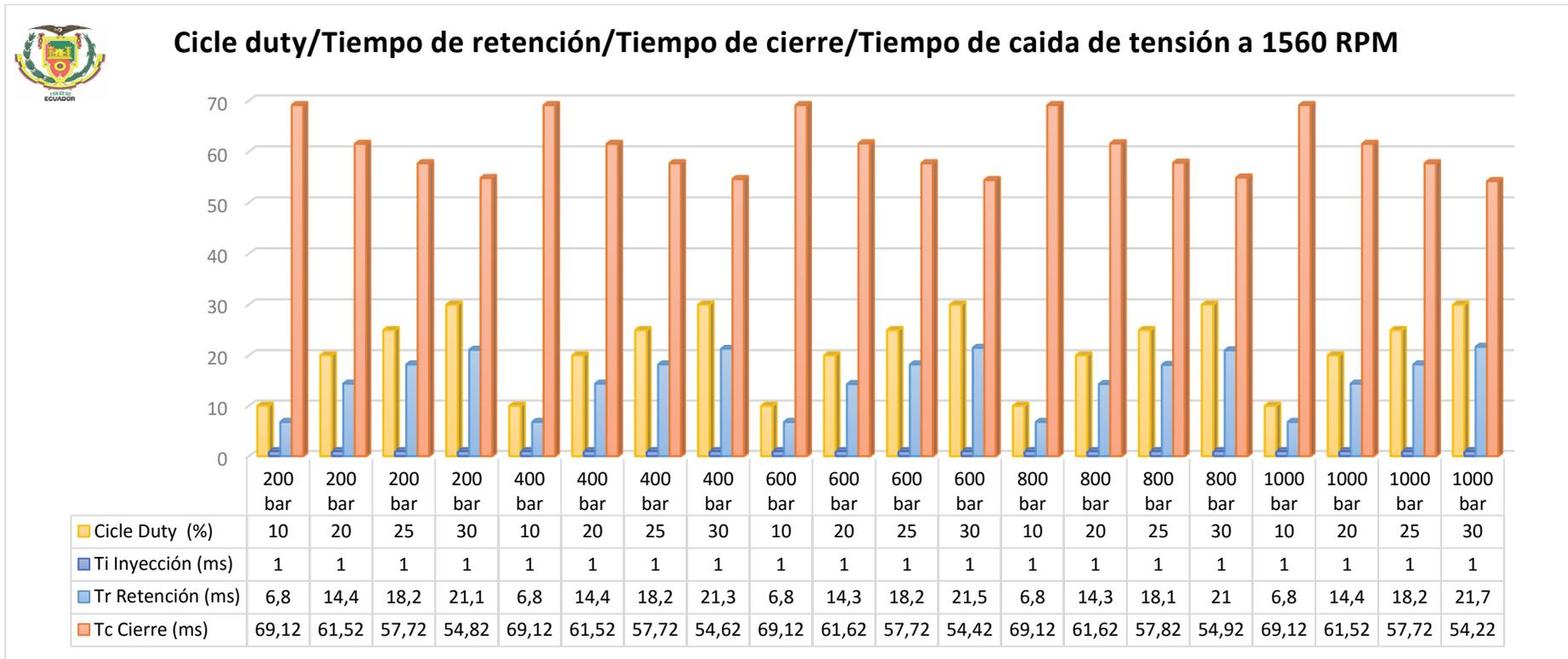


Figura 133: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Bosch 0445110070 a 1560 rpm.

En la figura 133 se observa que el tiempo de inyección es constante para todas las pruebas que está sujeto el inyector, tanto así el tiempo de cierre decae a medida que se aumenta el ciclo de trabajo, se puede apreciar que el tiempo de retención es el mismo en el ciclo de trabajo, sea para 200 o 1000 bares de presión, de igual manera sucede con el tiempo de cierre, es proporcional al ciclo de trabajo y la presión es independiente al control de inyección.

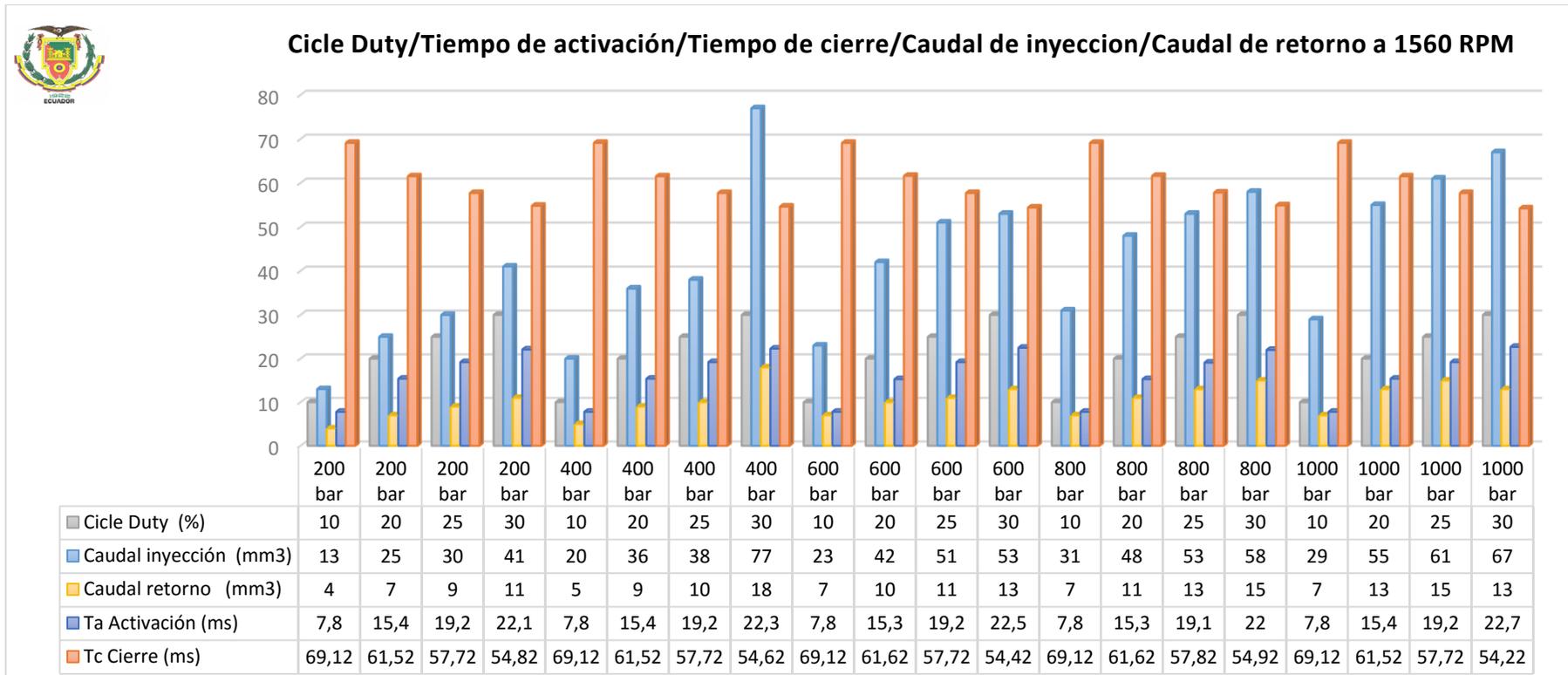


Figura 134: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110070 a 1560 rpm.

En la figura 134 se puede apreciar que el caudal de inyección y retorno es directamente proporcional a la presión, el tiempo de activación es directamente proporcional al ciclo de trabajo, e inversamente proporcional al tiempo de cerrado del inyector a cada prueba de trabajo, en la prueba 4 a 400 bar y con un ciclo de trabajo de 30% se tiene el mayor caudal de inyección y retorno con 77 y 18 ml y en tiempo de activación se tiene en la prueba 4 a 1000 bares, a 30% de ciclo de trabajo con 22,70 ms y un menor tiempo de cierre de 54,22 ms.

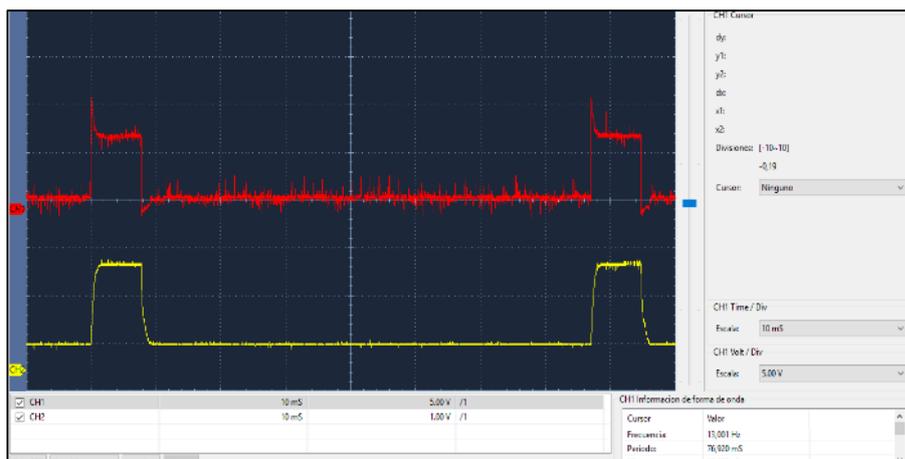


Figura 135: Curvas de Voltaje y corriente, 13Hz, ciclo duty 10% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 1560 rpm.

En la figura 135 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 6,8 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 10% de y a 1560 rpm en un período de 76,9 milisegundos, con una apertura de 7,8 milisegundos y un tiempo de cierre de 69,12 milisegundos.

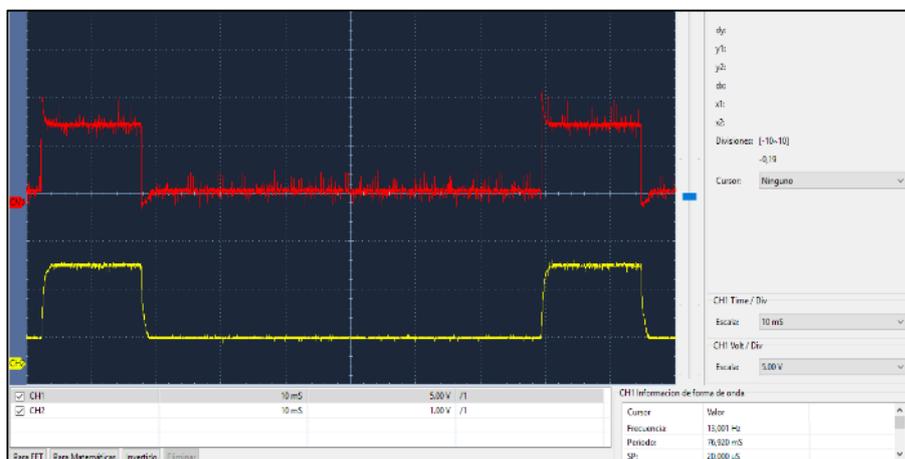


Figura 136: Curvas de Voltaje y corriente, 13Hz, ciclo duty 20% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 1560 rpm.

En la figura 136 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 14,4 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 20% y a 1560 rpm en un período de 76,90 milisegundos, con una apertura de 15,4 milisegundos y un tiempo de cierre de 61,52 milisegundos.

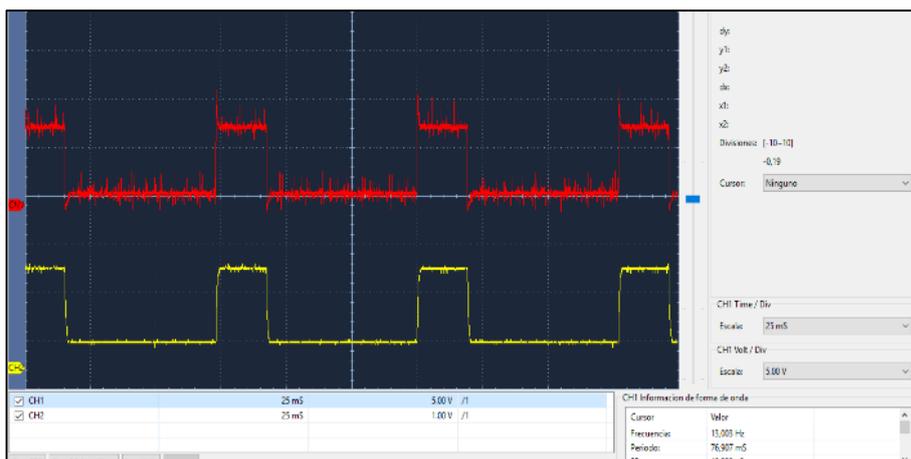


Figura 137: Curvas de Voltaje y corriente, 13Hz, ciclo duty 25% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 1560 rpm.

En la figura 137 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 18,20 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 25% y a 1560 rpm en un período de 76,90 milisegundos, con una apertura de 19,20 milisegundos y un tiempo de cierre de 57,72 milisegundos.

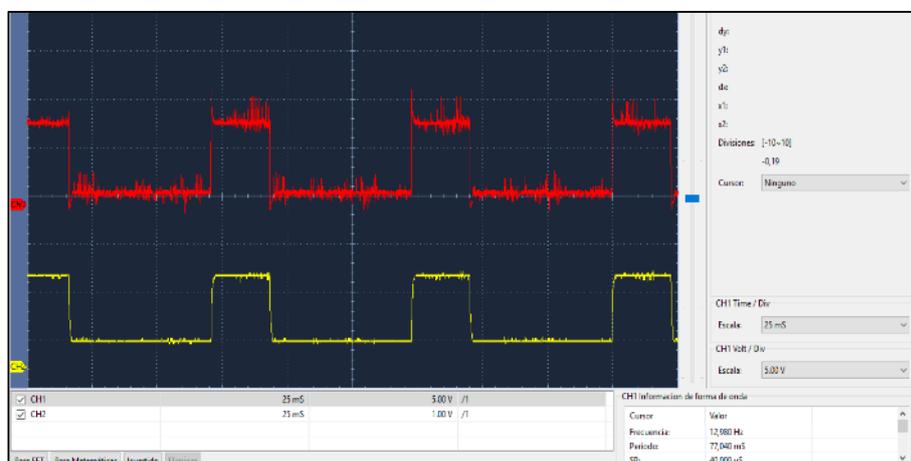


Figura 138: Curvas de Voltaje y corriente, 13Hz, ciclo duty 30% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 1560 rpm.

En la figura 138 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 21,1 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 30% y a 1560 rpm en un período de 76,90 milisegundos, con una apertura de 22,10 milisegundos y un tiempo de cierre de 54,82 milisegundos.

b) Inyector inductivo Bosch**Número de serie:** 0445110250**Vehículo:** Mazda BT 50 2.5**Resistencia:** 0,3 Ohmios**Escala osciloscopio:** Pinza amperimétrica amperimétrica cada 100mv/1A; puntas de osciloscopio x10V.**Ángulo de disparo**

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

$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{10}{40}\right)$$

$$I_T = 14,04^\circ$$

Ángulo de dispersión

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

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{7 + 6,5}{40}\right) - \arctan\left(\frac{6,5}{40}\right)$$

$$\gamma_T \quad \beta = 18,65^\circ - 9,23^\circ$$

$$\gamma_T \quad \beta = 9,42^\circ$$

Tabla 38.

Prueba de Inyector Bosch 0445110250 a 1560 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.

Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Cicle Duty	tiempo de prueba
(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
200	170	9	5	9,42	8	11	5	7,7	1	6,7	69,22	76,9	13	1560	10	8
200	150	17	6	9,42	8	10	5	15,3	1	14,3	61,62	76,9	13	1560	20	8
200	140	20	8	9,42	16	10	5,5	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
200	130	22	9	9,42	16	10	5,5	22,9	1	21,9	54,02	76,9	13	1560	30	8
400	310	16	5	9,42	14	10	5	7,7	1	6,7	69,22	76,9	13	1560	10	8
400	250	29	8	9,42	16	10	5,5	15,2	1	14,2	61,72	76,9	13	1560	20	8
400	220	33	10	9,42	14	10	6	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
400	200	37	10	9,42	14	10	5,5	23,1	1	22,1	53,82	76,9	13	1560	30	8
600	450	19	6	9,42	14	10	5	7,7	1	6,7	69,22	76,9	13	1560	10	8
600	350	36	9	9,42	14	10	6	15,3	1	14,3	61,62	76,9	13	1560	20	8
600	310	43	11	9,42	13	10	5	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
600	290	45	12	9,42	13	10	5,5	23,1	1	22,1	53,82	76,9	13	1560	30	8
800	600	23	6	9,42	13	10	5,5	7,7	1	6,7	69,22	76,9	13	1560	10	8
800	450	43	10	9,42	14	12	8	15,1	1	14,1	61,82	76,9	13	1560	20	8
800	400	50	11	9,42	12	10	5,5	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
800	350	55	13	9,42	14	10	6	22,9	1	21,9	54,02	76,9	13	1560	30	8
1000	750	29	9	9,42	17	10	5,5	7,7	1	6,7	69,22	76,9	13	1560	10	8
1000	580	49	11	9,42	12	10	5,5	15,3	1	14,3	61,62	76,9	13	1560	20	8
1000	520	58	13	9,42	12	10	5,5	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
1000	480	62	14	9,42	12	12	5,5	23,1	1	22,1	53,82	76,9	13	1560	30	8

En la tabla 38 se observa la variación de presión para cada una de las pruebas, el ciclo de trabajo es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector con voltaje de consumo promedio de 10,5 Voltios y corriente de consumo promedio de 11 Amperios.



Ciclo Duty/Presión/Presión de prueba/Caudal de inyección/Caudal de retorno a 1560 RPM

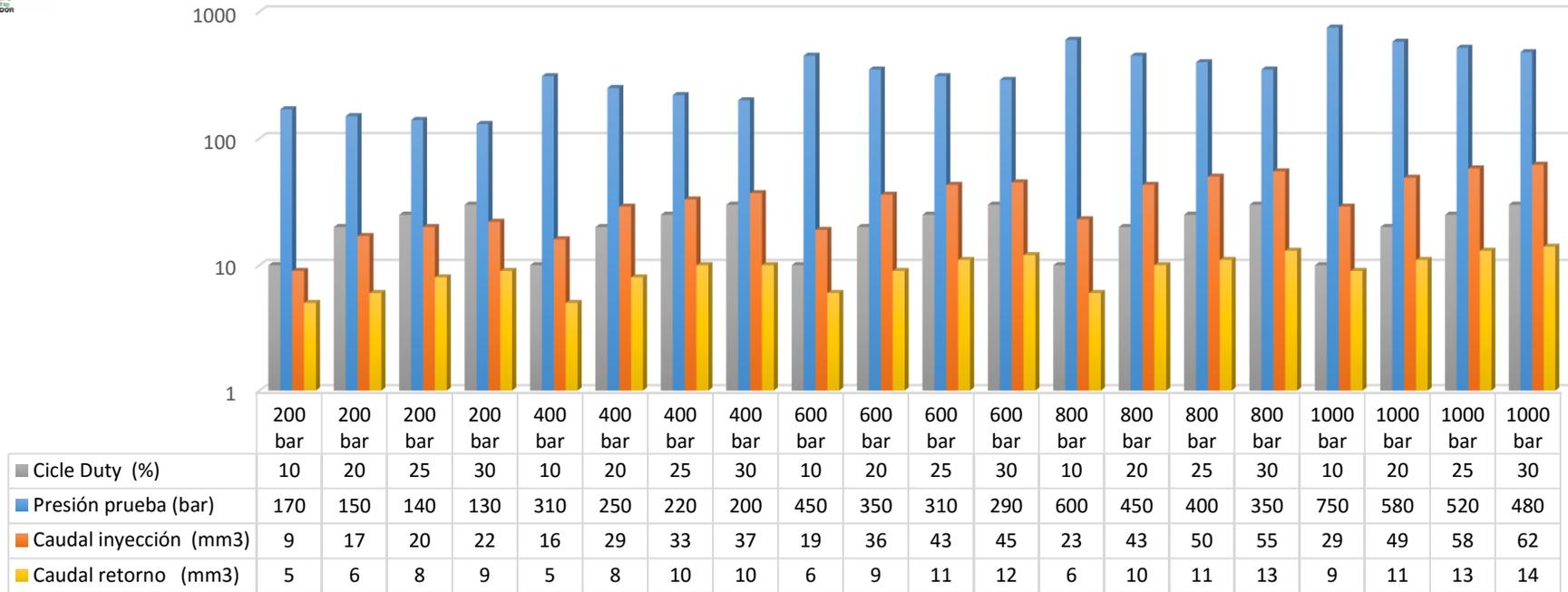


Figura 139: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110250 a 1560 rpm.

La figura 139 se observa una variación de la presión de prueba por el efecto de la apertura del inyector, el valor más alto de caudal de inyección y retorno se encuentra en la prueba 4 a 1000 bar y un ciclo de trabajo del 30% con 62 y 14 ml, los valores están tabulados en la tabla 38, el caudal de inyección y retorno son directamente proporcionales al ciclo de trabajo y tiene una relación de 3 a 1 en cada presión de prueba, el tiempo que se realizó el ensayo es de 8 seg.

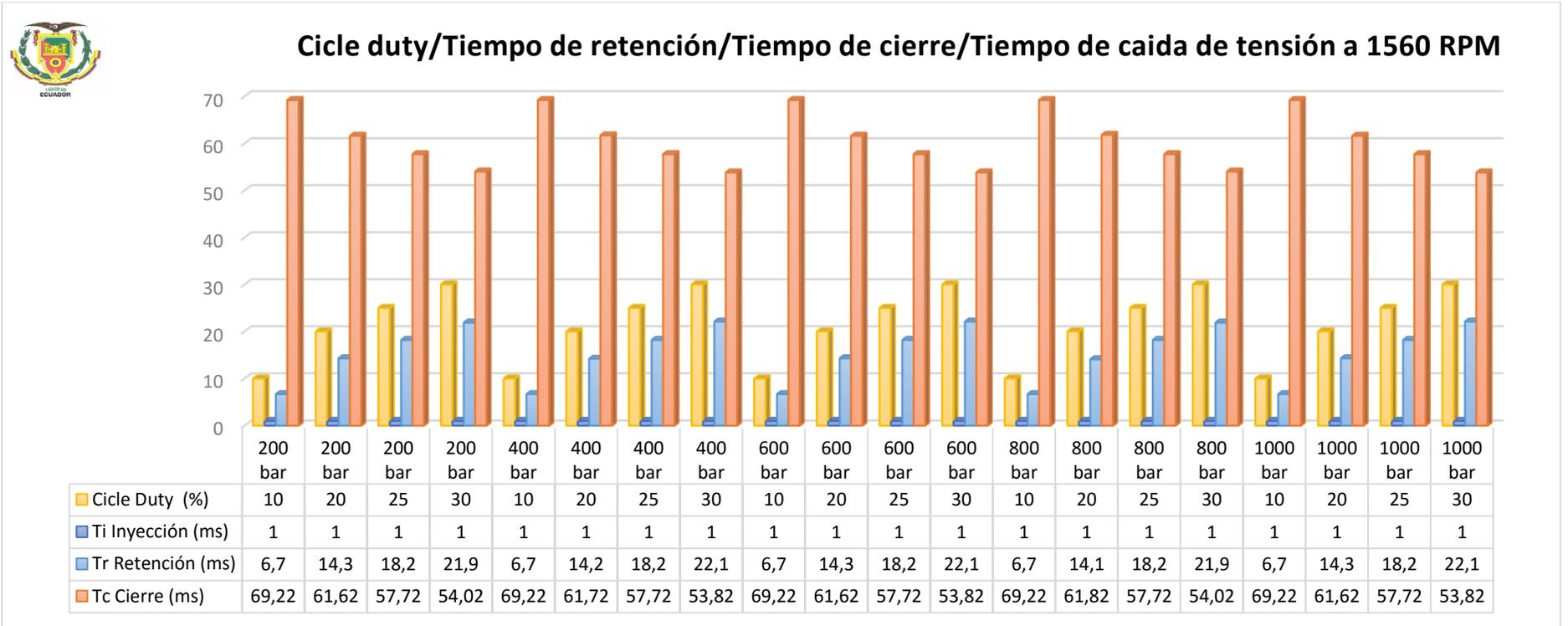


Figura 140: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Bosch 0445110250 a 1560 rpm.

En la figura 140 se observa que el tiempo de inyección es constante para todas las pruebas que está sujeto el inyector, tanto así el tiempo de cierre decae a medida que se aumenta el ciclo de trabajo, se puede apreciar que el tiempo de retención es el mismo en el ciclo de trabajo, sea para 200 o 1000 bares de presión, de igual manera sucede con el tiempo de cierre, es proporcional al ciclo de trabajo y la presión es independiente al control de inyección.

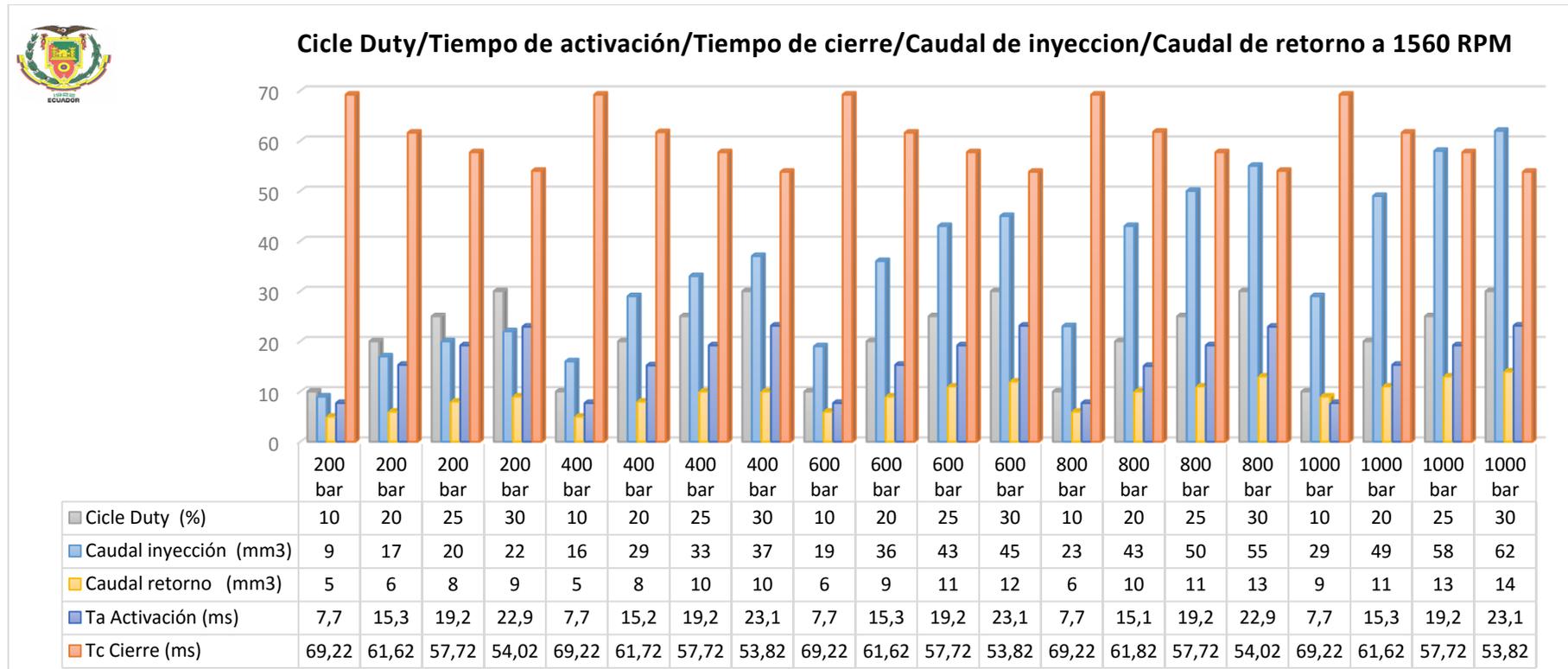


Figura 141: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110250 a 1560 rpm.

En la figura 141 se puede apreciar que el caudal de inyección y retorno es directamente proporcional a la presión, el tiempo de activación es directamente proporcional al ciclo de trabajo, e inversamente proporcional al tiempo de cerrado del inyector a cada prueba de trabajo, en la prueba 4 a 1000 bar y con un ciclo de trabajo de 30% se tiene el mayor caudal de inyección y retorno con 62 y 14 ml y en tiempo de activación se tiene a 30% de ciclo de trabajo que oscila entre 22,90 y 23,10 ms y un menor tiempo de cierre de 53,82 ms.

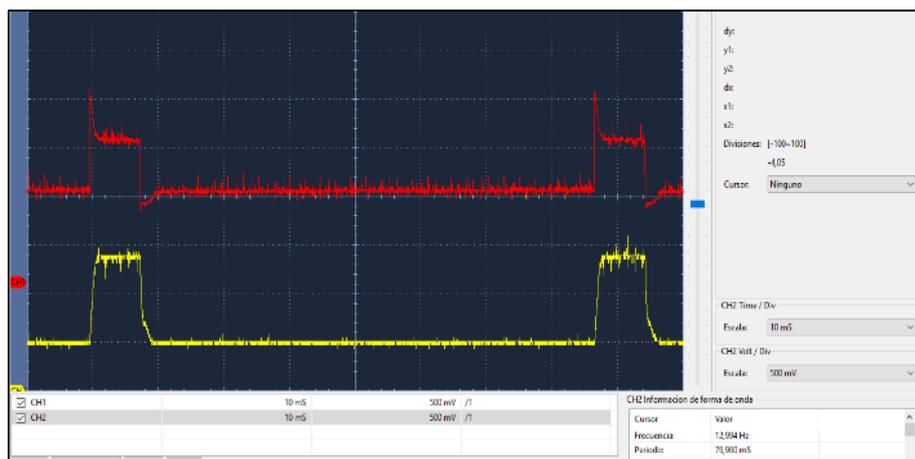


Figura 142: Curvas de voltaje y corriente, 13Hz, ciclo duty 10% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 1560 rpm.

En la figura 142 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 6,7 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 10% de y a 1560 rpm en un período de 76,9 milisegundos, con una apertura de 7,7 milisegundos y un tiempo de cierre de 69,22 milisegundos.

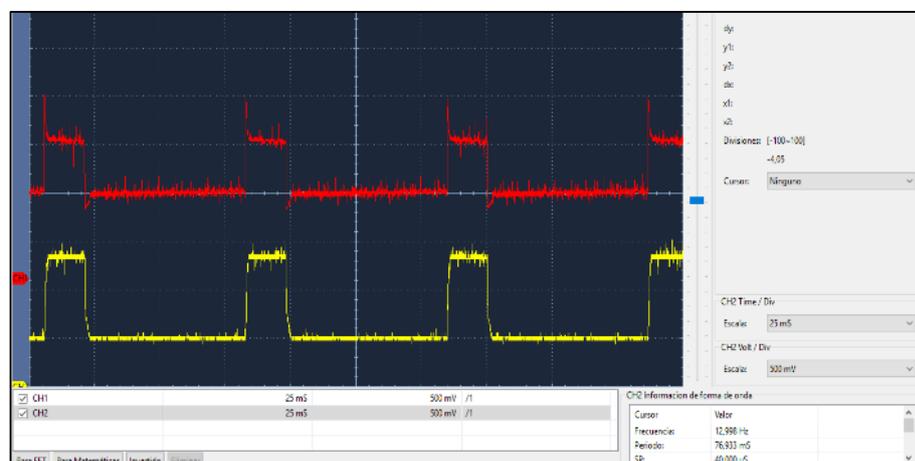


Figura 143: Curvas de voltaje y corriente, 13Hz, ciclo duty 20% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 1560 rpm.

En la figura 143 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 14,3 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 20% y a 1560 rpm en un período de 76,90 milisegundos, con una apertura de 15,3 milisegundos y un tiempo de cierre de 61,62 milisegundos.

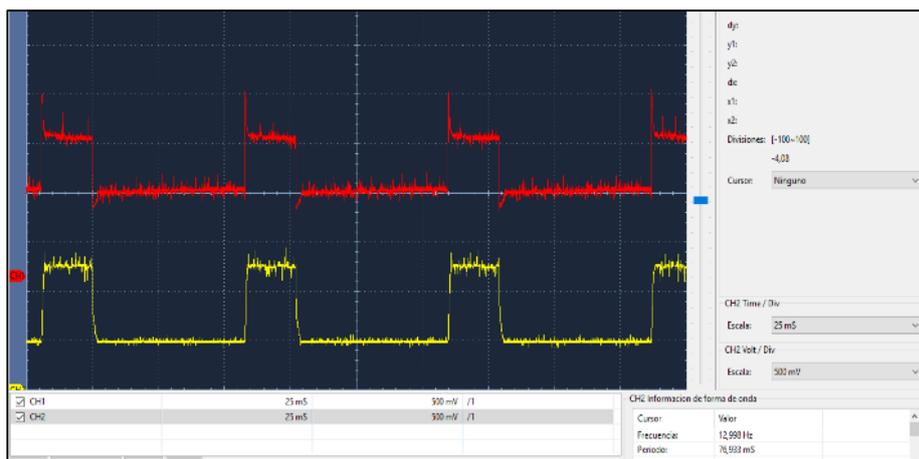


Figura 144: Curvas de voltaje y corriente, 13Hz, ciclo duty 25% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 1560 rpm.

En la figura 144 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 18,20 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 25% y a 1560 rpm en un período de 76,90 milisegundos, con una apertura de 19,20 milisegundos y un tiempo de cierre de 57,72 milisegundos.



Figura 145: Curvas de voltaje y corriente, 13Hz, 30% ciclo duty inyector inductivo Bosch 0445110250 a 1560 rpm.

En la figura 145 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 21,90 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 30% y a 1560 rpm en un período de 76,90 milisegundos, con una apertura de 22,90 milisegundos y un tiempo de cierre de 54,02 milisegundos.

c) Denso inductivo**Número de serie:** 6520 10H0044**Vehículo:** Hino dutro**Resistencia:** 0,4 Ohmios**Escala osciloscopio:** Pinza amperimétrica amperimétrica cada 100mv/1A; puntas de osciloscopio x10V.**Ángulo de disparo**

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

$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{8}{40}\right)$$

$$I_T \quad \alpha = 11,31^\circ$$

Ángulo de dispersión

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

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{7 + 7,5}{40}\right) - \arctan\left(\frac{7,5}{40}\right)$$

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

$$\gamma_T \quad \beta = 9,30^\circ$$

Tabla 39.

Prueba de inyector Denso 6520 10H0044 a 1560 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.

Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Cycle Duty	tiempo de prueba
(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
200	180	14	8	9,3	8	10	7	7,7	1	6,7	69,22	76,9	13	1560	10	8
200	150	24	9	9,3	8	10	7	15,2	1	14,2	61,72	76,9	13	1560	20	8
200	130	26	12	9,3	7,5	10	7,25	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
200	120	28	14	9,3	8,5	10	7,25	23,1	1	22,1	53,82	76,9	13	1560	30	8
400	260	23	7	9,3	9	10	7	7,7	1	6,7	69,22	76,9	13	1560	10	8
400	200	40	9	9,3	8	10	7,25	15,2	1	14,2	61,72	76,9	13	1560	20	8
400	190	44	10	9,3	8	10	7	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
400	180	48	12	9,3	7,5	10	7	23,1	1	22,1	53,82	76,9	13	1560	30	8
600	380	28	8	9,3	8,75	10	7	7,7	1	6,7	69,22	76,9	13	1560	10	8
600	300	51	11	9,3	8,5	11	7	15,2	1	14,2	61,72	76,9	13	1560	20	8
600	250	53	13	9,3	8,25	10	7	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
600	230	60	14	9,3	8	10	7	23,1	1	22,1	53,82	76,9	13	1560	30	8
800	500	34	9	9,3	9	10	7	7,7	1	6,7	69,22	76,9	13	1560	10	8
800	350	52	13	9,3	9	10,5	7,5	15,2	1	14,2	61,72	76,9	13	1560	20	8
800	300	63	15	9,3	8,25	10	7	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
800	280	65	16	9,3	8,25	10	7	23,1	1	22,1	53,82	76,9	13	1560	30	8
1000	600	39	12	9,3	9	10	7	7,7	1	6,7	69,22	76,9	13	1560	10	8
1000	450	57	15	9,3	9	10	7,5	15,2	1	14,2	61,72	76,9	13	1560	20	8
1000	400	68	17	9,3	8,25	10	7,25	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
1000	310	72	18	9,3	8,25	10	7	23,1	1	22,1	53,82	76,9	13	1560	30	8

En la tabla 39 se observa la variación de presión para cada una de las pruebas, el ciclo de trabajo es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector con voltaje de consumo promedio de 10 Voltios y corriente de consumo promedio de 8 Amperios.

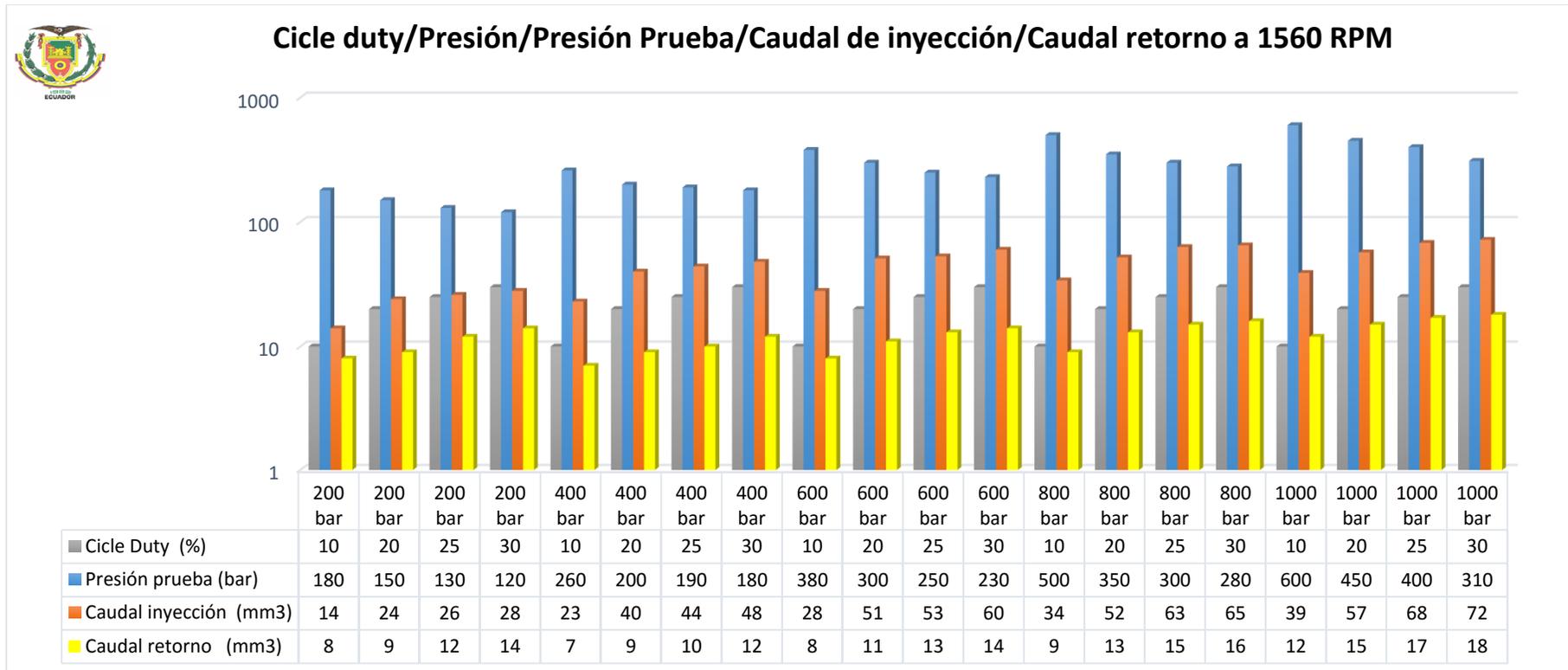


Figura 146: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 1560 rpm.

En la figura 146 se observa una variación de la presión de prueba por el efecto de la apertura del inyector, el valor más alto de caudal de inyección y retorno se encuentra en la prueba 4 a 1000 bar y un ciclo de trabajo del 30% con 72 y 18 ml, los valores están tabulados en la tabla 37, el caudal de inyección y retorno son directamente proporcionales al ciclo de trabajo y tiene una relación de 3 a 1 en cada presión de prueba, el tiempo que se realizó el ensayo es de 8 seg.

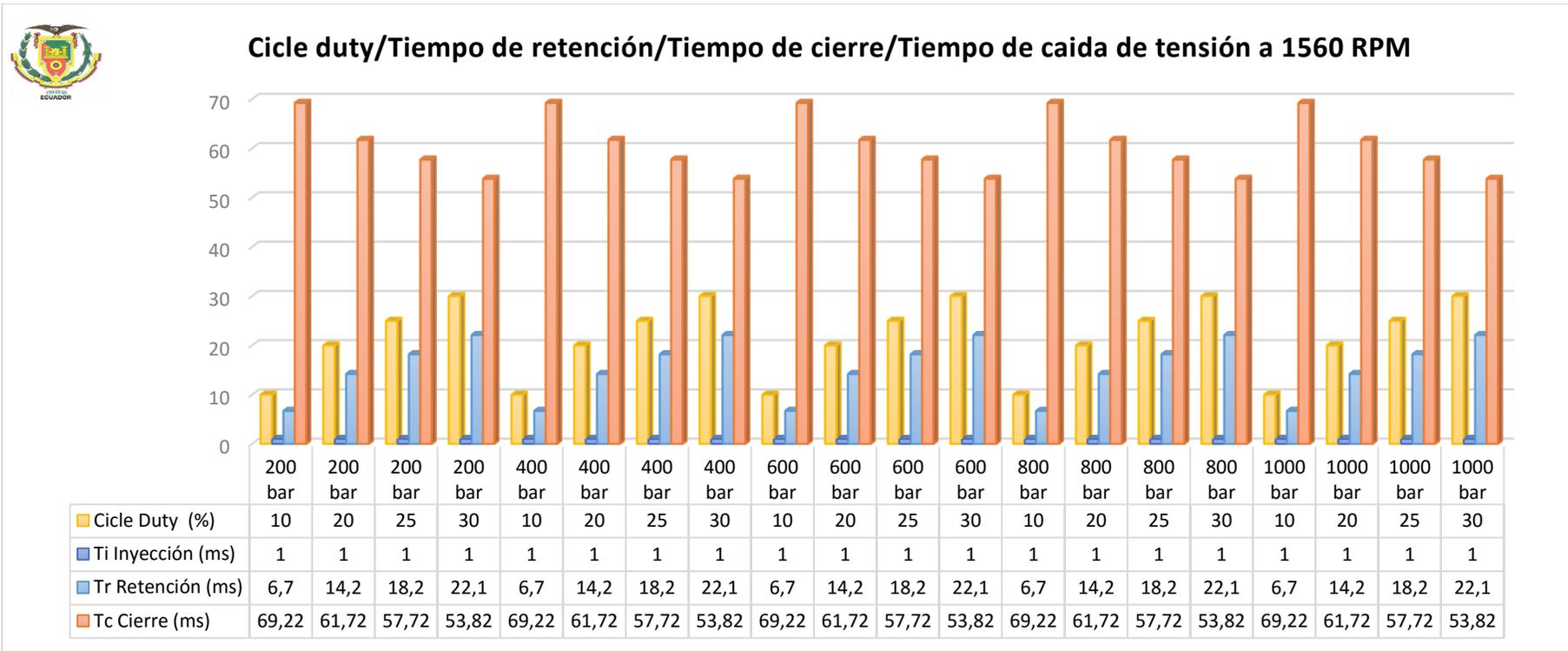


Figura 147: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 1560 rpm.

En la figura 147 se observa que el tiempo de inyección es constante para todas las pruebas que está sujeto el inyector, tanto así el tiempo de cierre decae a medida que se aumenta el ciclo de trabajo, se puede apreciar que el tiempo de retención es el mismo en el ciclo de trabajo, sea para 200 o 1000 bares de presión, de igual manera sucede con el tiempo de cierre, es proporcional al ciclo de trabajo y la presión es independiente al control de inyección.

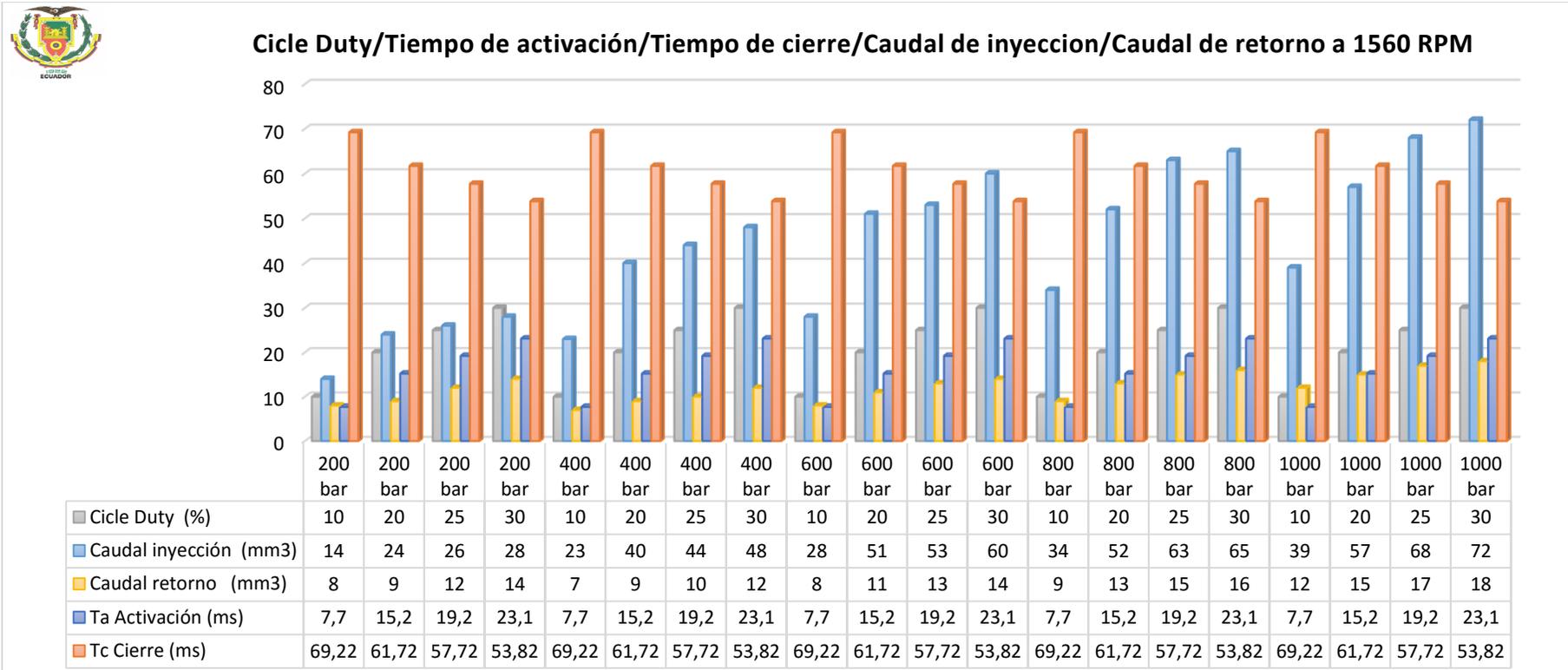


Figura 148: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 1560 rpm.

En la figura 134 se puede apreciar que el caudal de inyección y retorno es directamente proporcional a la presión, el tiempo de activación es directamente proporcional al ciclo de trabajo, e inversamente proporcional al tiempo de cerrado del inyector a cada prueba de trabajo, en la prueba 4 a 1000 bar y con un ciclo de trabajo de 30% se tiene el mayor caudal de inyección y retorno con 72 y 18 ml y en tiempo de activación se tiene en la prueba 4 a 30% de ciclo de trabajo a cualquier prueba de presión, un 23,10 ms y un menor tiempo de cierre de 53,82 ms.

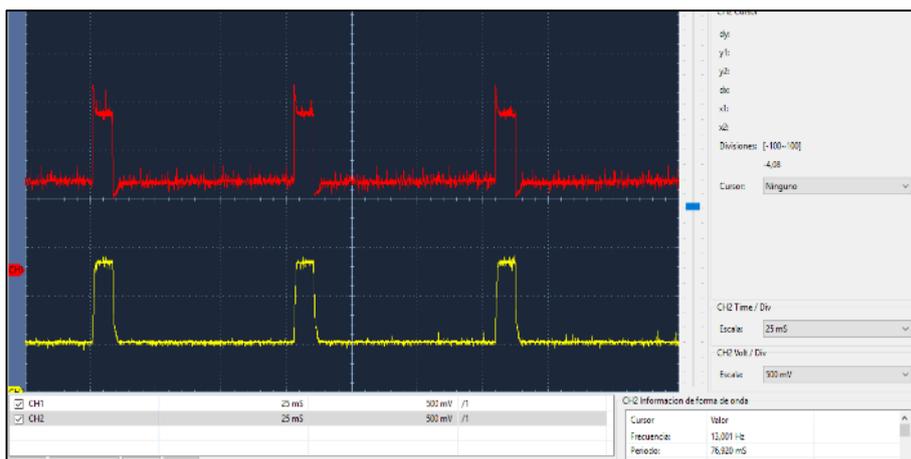


Figura 149: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 1560 rpm.

En la figura 149 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 6,7 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 10% de y a 1560 rpm en un período de 76,9 milisegundos, con una apertura de 7,7 milisegundos y un tiempo de cierre de 69,22 milisegundos.

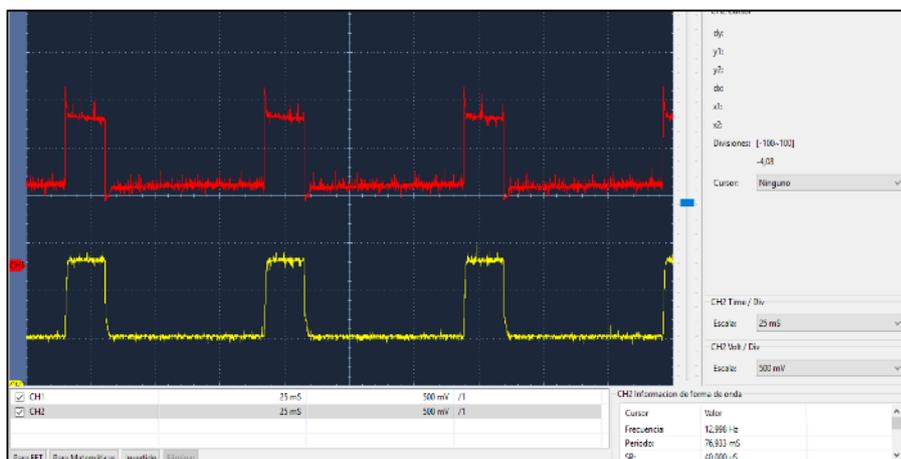


Figura 150: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 1560 rpm.

En la figura 150 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 14,2 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 20% y a 1560 rpm en un período de 76,90 milisegundos, con una apertura de 15,2 milisegundos y un tiempo de cierre de 61,72 milisegundos.

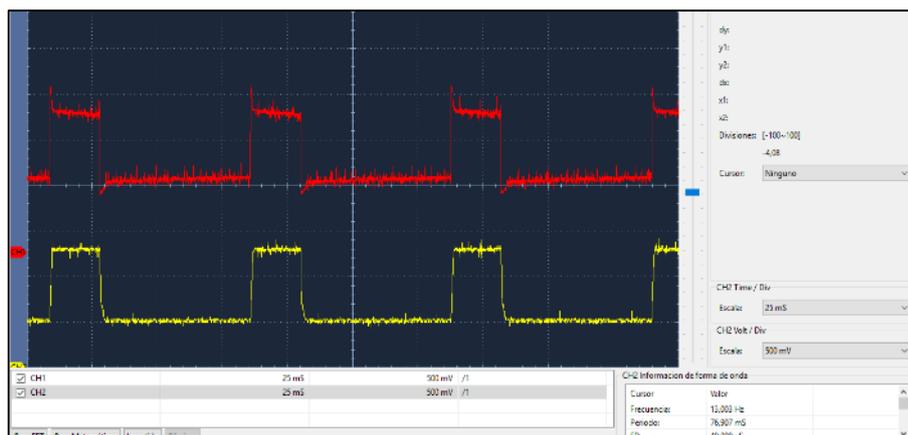


Figura 151. Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 1560 rpm.

En la figura 151 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 18,20 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 25% y a 1560 rpm en un período de 76,90 milisegundos, con una apertura de 19,20 milisegundos y un tiempo de cierre de 57,72 milisegundos.

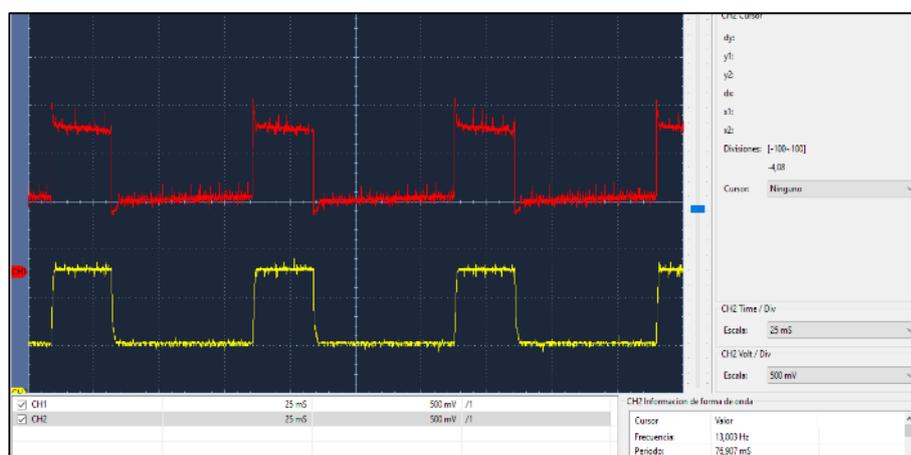


Figura 152. Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 1560 rpm.

En la figura 152 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 22,1 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 30% y a 1560 rpm en un período de 76,90 milisegundos, con una apertura de 23,10 milisegundos y un tiempo de cierre de 53,82 milisegundos.

d) Delphi inductivo**Número de serie:** VQ5CB56B99**Vehículo:****Resistencia:** 0,5 Ohmios**Escala osciloscopio:** Pinza Amperimétrica Amperimétrica cada 100mv/1A; Puntas de Osciloscopio x10V.**Ángulo de disparo**

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

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

$$I_T \quad \alpha = 9.23^\circ$$

Ángulo de dispersión

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

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{7 + 3}{40}\right) - \arctan\left(\frac{3}{40}\right)$$

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

$$\gamma_T \quad \beta = 9,06^\circ$$

Tabla 40.

Prueba de inyector Delphi VQ5CB56B99 a 1560 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.

Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
(bar)	(bar)	(mm ³)	(mm ³)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
200	180	13	8	9,06	8	10	7	7,8	0,5	7,3	69,12	76,9	13	1560	10	8
200	150	23	10	9,06	8	10	7	15,2	0,5	14,7	61,72	76,9	13	1560	20	8
200	130	25	13	9,06	7,5	10	7,25	19,2	0,5	18,7	57,72	76,9	13	1560	25	8
200	120	27	15	9,06	8,5	10	7,25	23	0,5	22,5	53,92	76,9	13	1560	30	8
400	260	22	8	9,06	9	10	7	7,8	0,5	7,3	69,12	76,9	13	1560	10	8
400	200	39	10	9,06	8	10	7,25	15,2	0,5	14,7	61,72	76,9	13	1560	20	8
400	190	43	11	9,06	8	10	7	19,2	0,5	18,7	57,72	76,9	13	1560	25	8
400	180	47	13	9,06	7,5	10	7	23,3	0,5	22,8	53,62	76,9	13	1560	30	8
600	380	27	9	9,06	8,75	10	7	7,8	0,5	7,3	69,12	76,9	13	1560	10	8
600	300	50	12	9,06	8,5	11	7	15,2	0,5	14,7	61,72	76,9	13	1560	20	8
600	250	52	14	9,06	8,25	10	7	19,2	0,5	18,7	57,72	76,9	13	1560	25	8
600	230	59	15	9,06	8	10	7	23,3	0,5	22,8	53,62	76,9	13	1560	30	8
800	500	33	10	9,06	9	10	7	7,8	0,5	7,3	69,12	76,9	13	1560	10	8
800	350	51	14	9,06	9	10,5	7,5	15,2	0,5	14,7	61,72	76,9	13	1560	20	8
800	300	62	16	9,06	8,25	10	7	19,2	0,5	18,7	57,72	76,9	13	1560	25	8
800	280	64	17	9,06	8,25	10	7	23,3	0,5	22,8	53,62	76,9	13	1560	30	8
1000	600	38	13	9,06	9	10	7	7,8	0,5	7,3	69,12	76,9	13	1560	10	8
1000	450	56	16	9,06	9	10	7,5	15,2	0,5	14,7	61,72	76,9	13	1560	20	8
1000	400	67	18	9,06	8,25	10	7,25	19,2	0,5	18,7	57,72	76,9	13	1560	25	8
1000	310	71	19	9,06	8,25	10	7	23,3	0,5	22,8	53,62	76,9	13	1560	30	8

En la tabla 40 se observa la variación de presión para cada una de las pruebas, el ciclo de trabajo es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector con voltaje de consumo promedio de 10 Voltios y corriente de consumo promedio de 8,25 Amperios.



Cicle duty/Presión/Presión Prueba/Caudal de inyección/Caudal retorno a 1560 RPM

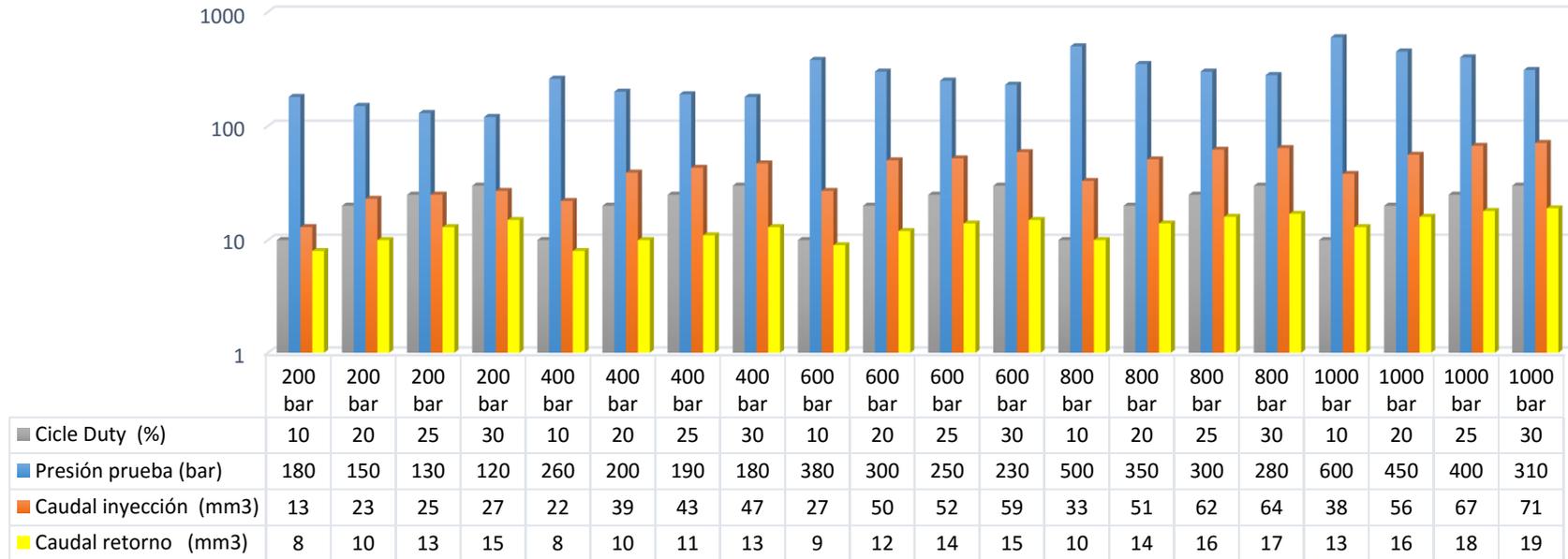


Figura 153: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo inyector Delphi VQ5CB56B99 a 1560 rpm.

La figura 153 se observa una variación de la presión de prueba por el efecto de la apertura del inyector, el valor más alto de caudal de inyección y retorno se encuentra en la prueba 4 a 1000 bar y un ciclo de trabajo del 30% con 71 y 19 ml, los valores están tabulados en la tabla 37, el caudal de inyección y retorno son directamente proporcionales al ciclo de trabajo y tiene una relación de 3 a 1 en cada presión de prueba, el tiempo que se realizó el ensayo es de 8 seg.

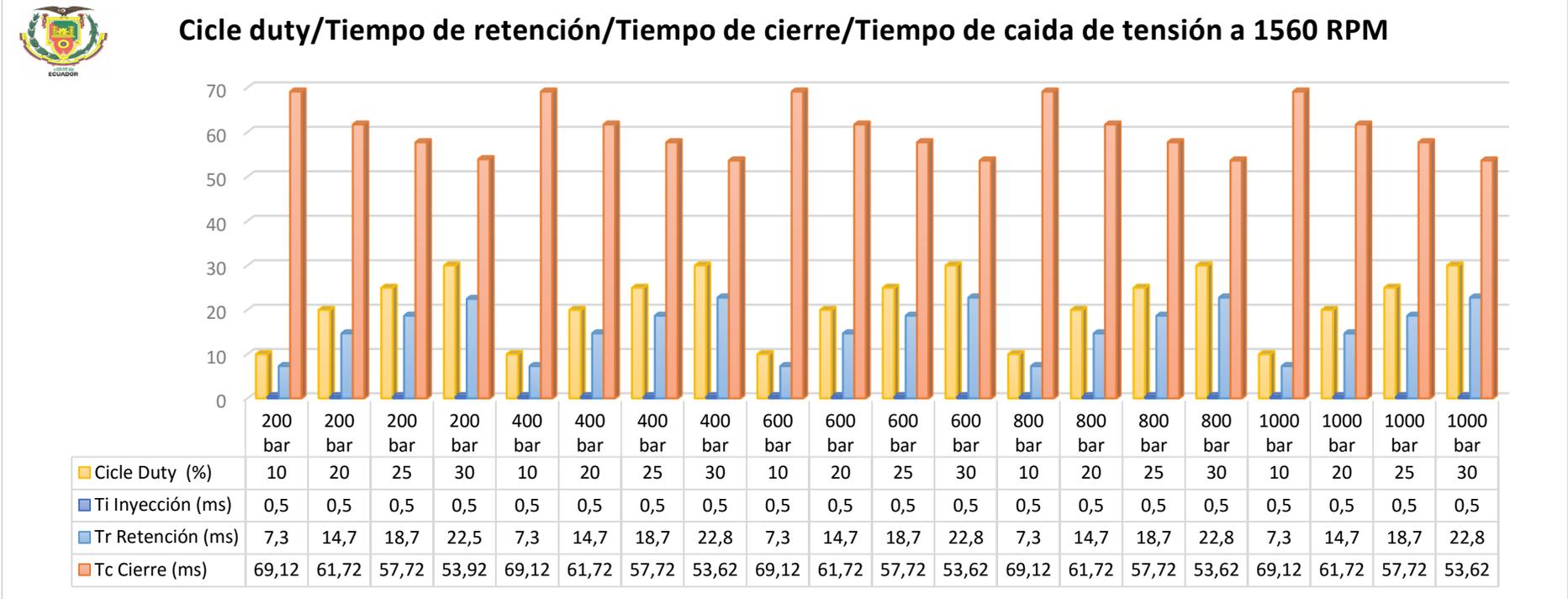


Figura 154: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 1560 rpm.

En la gráfica 154 se observa que el tiempo de inyección es constante para todas las pruebas que está sujeto el inyector, tanto así el tiempo de cierre decae a medida que se aumenta el ciclo de trabajo, se puede apreciar que el tiempo de retención es el mismo en el ciclo de trabajo, sea para 200 o 1000 bares de presión, de igual manera sucede con el tiempo de cierre, es proporcional al ciclo de trabajo y la presión es independiente al control de inyección.



Cicle Duty/Tiempo de activación/Tiempo de cierre/Caudal de inyeccion/Caudal de retorno a 1560 RPM

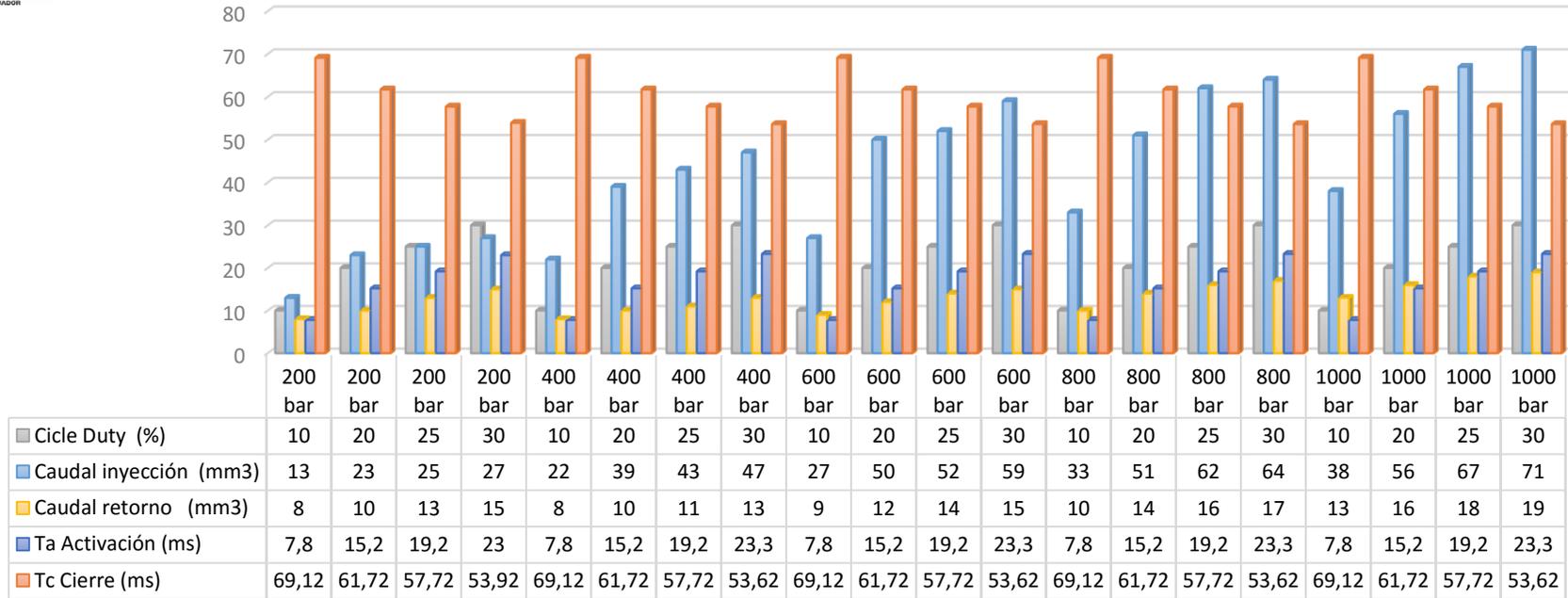


Figura 155: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 1560 rpm.

En la figura 155 se puede apreciar que el caudal de inyección y retorno es directamente proporcional a la presión, el tiempo de activación es directamente proporcional al ciclo de trabajo, e inversamente proporcional al tiempo de cerrado del inyector a cada prueba de trabajo, en la prueba 4 a 1000 bar y con un ciclo de trabajo de 30% se tiene el mayor caudal de inyección y retorno con 71 y 19 ml y en tiempo de activación se tiene en la prueba 4, a 30% de ciclo de trabajo a cada una de las presiones de trabajo con 23,30 ms y un menor tiempo de cierre de 53,62 ms.

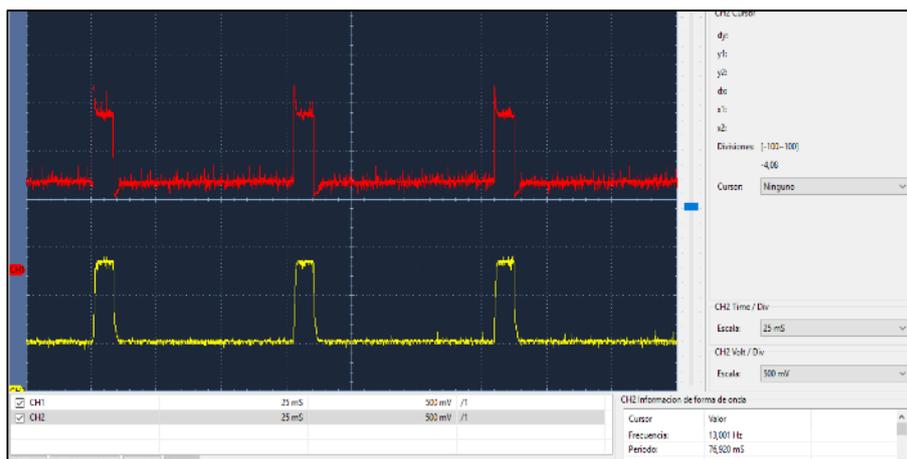


Figura 156: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 1560 rpm.

En la figura 156 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 6,8 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 10% de y a 1560 rpm en un período de 76,9 milisegundos, con una apertura de 7,8 milisegundos y un tiempo de cierre de 69,12 milisegundos.

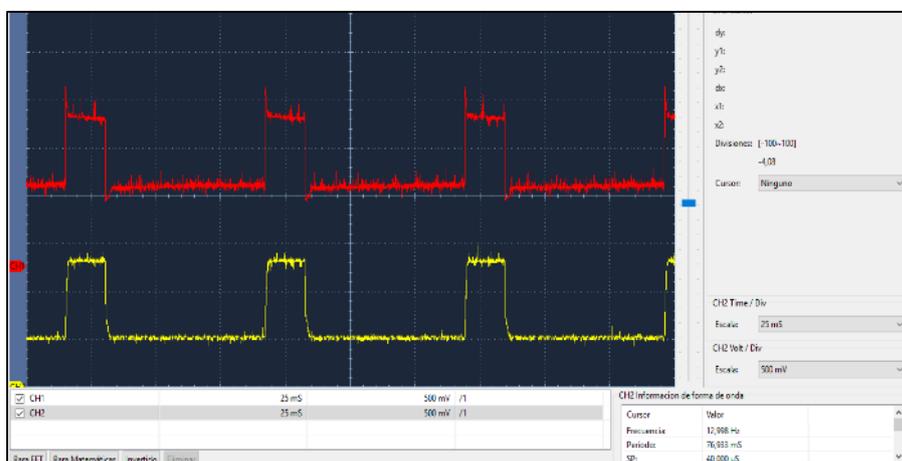


Figura 157: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 1560 rpm.

En la figura 157 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 14,2 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 20% y a 1560 rpm en un período de 76,90 milisegundos, con una apertura de 15,2 milisegundos y un tiempo de cierre de 61,72 milisegundos.

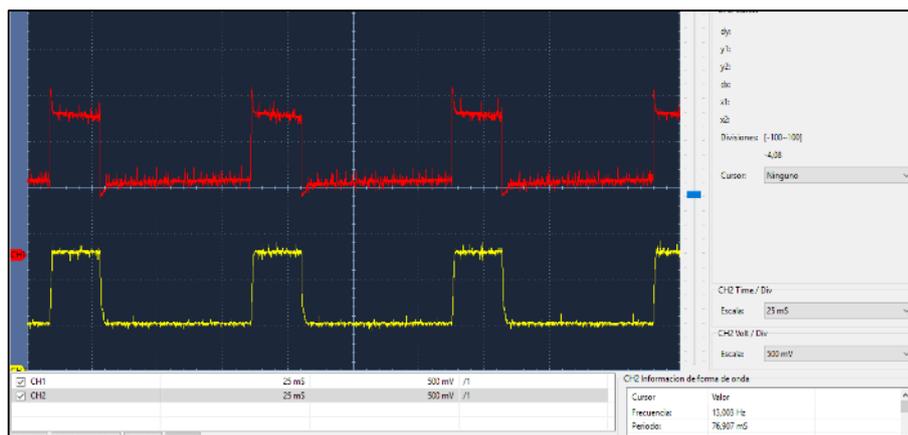


Figura 158: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 1560 rpm.

En la figura 158 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 18,20 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 25% y a 1560 rpm en un período de 76,90 milisegundos, con una apertura de 19,20 milisegundos y un tiempo de cierre de 57,72 milisegundos.

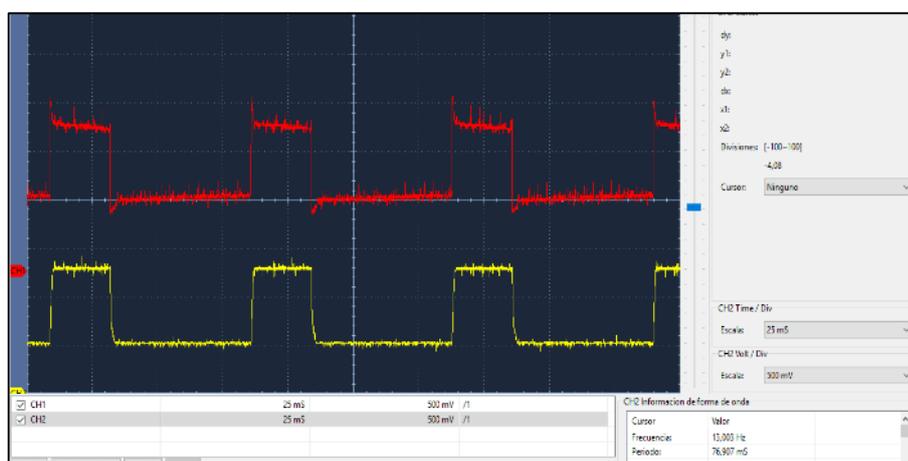


Figura 159: Curvas de Voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 1560 rpm.

En la figura 159 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 22 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 30% y a 1560 rpm en un período de 76,90 milisegundos, con una apertura de 23 milisegundos y un tiempo de cierre de 53,92 milisegundos.

Tabla 41.

Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 200 bar de presión, 1560 Rpm

	Presión	Presión	Caudal	Caudal	ángulo	Corriente	Voltaje	Voltaje	Ta	Ti	Tr	Tc	Período	Frecuencia	RP	Ciclo	tiempo
	(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)	M	Duty	de
				retorno				Mantenimiento	Activación	Inyección	Retención	Cierre				(%)	prueba
				(mm3)													(s)
	200	180	13	4	9,74	17	11	7	7,8	1	6,8	69,12	76,9	13	1560	10	8
	200	150	25	7	9,74	15	11	7	15,5	1	14,5	61,42	76,9	13	1560	20	8
Bosch	200	140	30	9	9,74	14	11	7	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
0445110070	200	130	41	11	9,74	14	11	7,3	22,1	1	21,1	54,82	76,9	13	1560	30	8
	200	170	9	5	9,42	8	11	5	7,8	1	6,8	69,12	76,9	13	1560	10	8
	200	150	17	6	9,42	8	10	5	15,3	1	14,3	61,62	76,9	13	1560	20	8
Bosch	200	140	20	8	9,42	16	10	5,5	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
0445110250	200	130	22	9	9,42	16	10	5,5	22,9	1	21,9	54,02	76,9	13	1560	30	8
	200	180	14	8	9,3	8	10	7	7,8	1	6,8	69,12	76,9	13	1560	10	8
	200	150	24	9	9,3	8	10	7	15,2	1	14,2	61,72	76,9	13	1560	20	8
Denso 6520	200	130	26	12	9,3	7,5	10	7,25	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
10H0044	200	120	28	14	9,3	8,5	10	7,25	23	1	22	53,92	76,9	13	1560	30	8
	200	180	13	8	9,06	8	10	7	7,3	0,5	6,8	69,62	76,9	13	1560	10	8
	200	150	23	10	9,06	8	10	7	14,7	0,5	14,2	62,22	76,9	13	1560	20	8
Delphi	200	130	25	13	9,06	7,5	10	7,25	18,7	0,5	18,2	58,22	76,9	13	1560	25	8
VQ5CB56B9	200	120	27	15	9,06	8,5	10	7,25	22,5	0,5	22	54,42	76,9	13	1560	30	8

En la tabla 41 la presión de prueba es de 200 bar a 1560 rpm, para el análisis de los 4 inyectores, los ángulos de pulverización varían por cada inyector, el tiempo de activación se mantiene para los cuatro tipos de inyectores, de acuerdo al ciclo de trabajo y es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector.

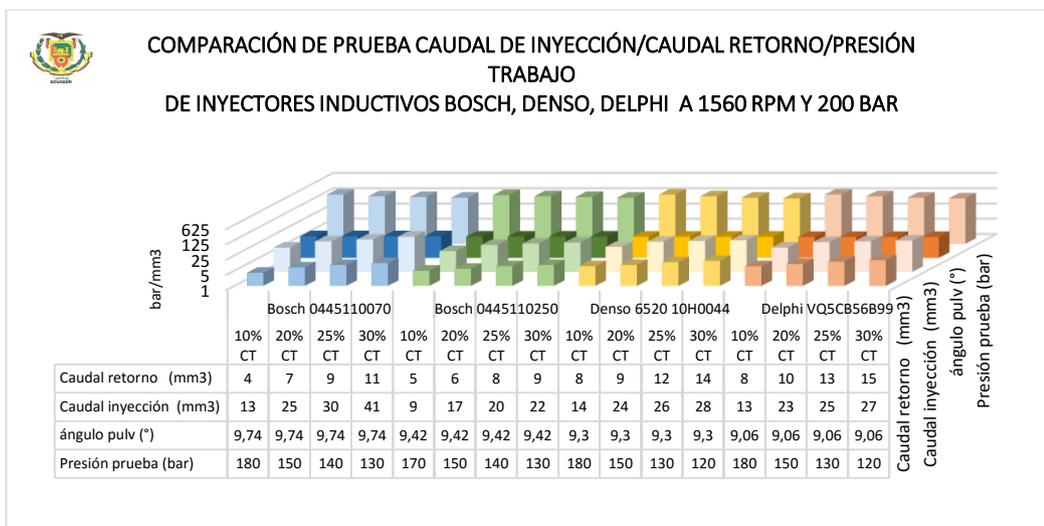


Figura 160: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 200 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, al 30% de ciclo duty y un mayor retorno en el inyector Delphi con 15 ml al 30% de apertura de la aguja, en los ensayos se observa una variación en la presión por el inicio de inyección para cada ciclo de trabajo.

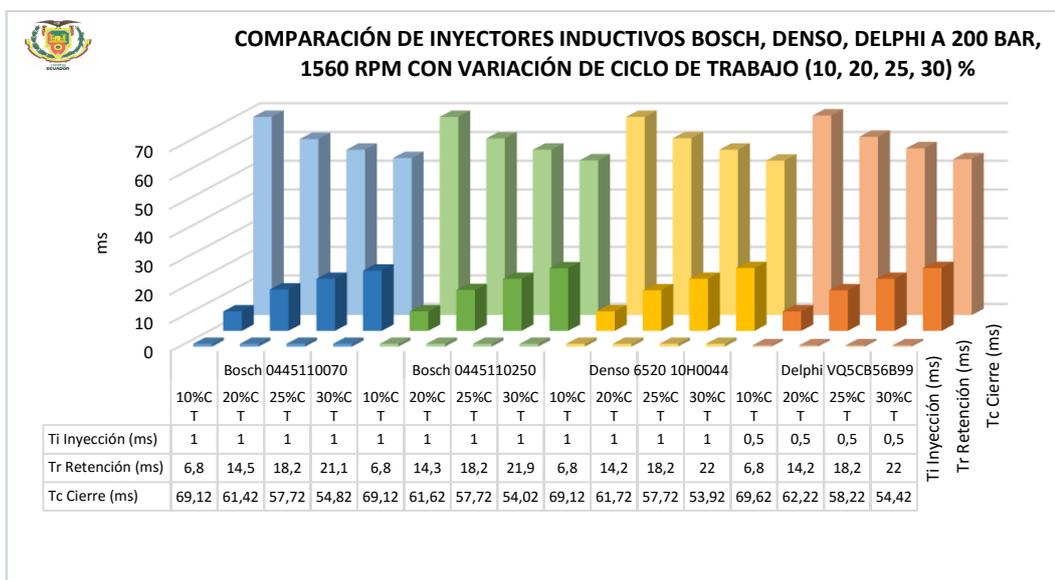


Figura 161: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 200 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

El inyector Delphi presenta un tiempo de inyección de 0,5 milisegundo, a diferencia de los otros 3 inyectores que tienen un tiempo de apertura de la aguja del inyector de 1 milisegundo el ciclo de trabajo es directamente proporcional al tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector.

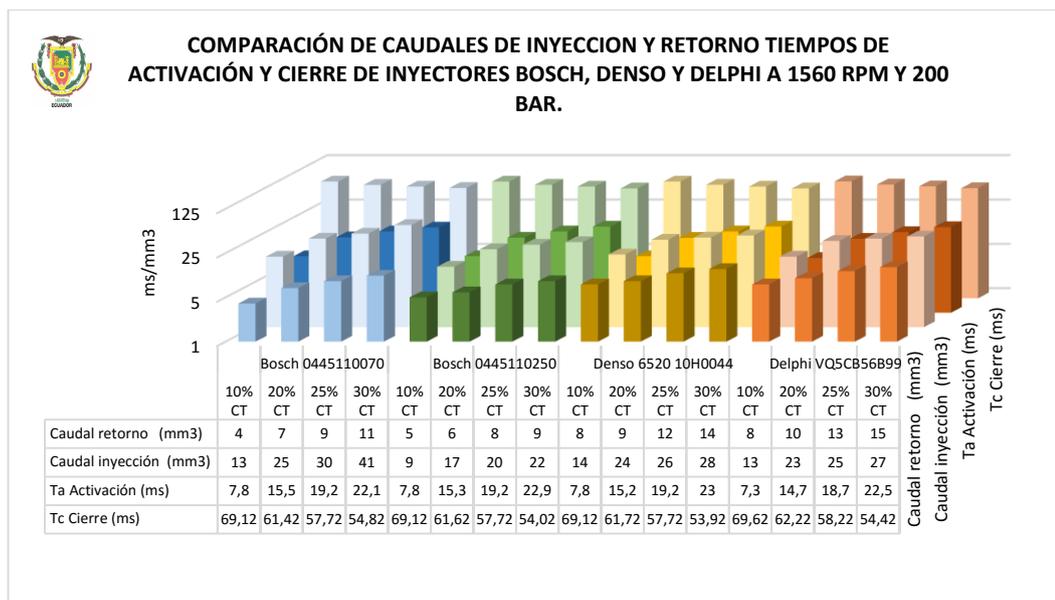


Figura 162: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 200 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Denso 652010H044 del vehículo Hino dutro para cada una de las pruebas, el menor caudal de retorno se muestra en el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, se tiene un periodo de 76,9 ms que tarda en abrir y cerrar la aguja del inyector a ralentí.

Análisis y conclusiones

- Las pruebas a 200 bar, a 1560 rpm del motor, con variaciones de ciclo de trabajo entre 10 a 30% de apertura del inyector, obteniendo una relación de 3 a 1 en caudal de inyección y retorno.
- En prueba a 200 bar se observa que al 10 % de ciclo de trabajo se obtiene un tiempo de activación de 7,8 milisegundos y un caudal de inyección de 13 ml en comparación al 30 % de ciclo de trabajo se consigue un tiempo de 22,1 milisegundos con un caudal de inyección de 26 ml, hay una diferencia entre el (10 y 30) % de 14,3 milisegundos y una proporción de caudal de inyección 13 ml.
- Se puede controlar el tiempo de apertura de los inyectores, se observa que los 4 inyectores a prueba presentan similares características en tiempos de activación, tiempos de cierre, el caudal de retorno y caudal de inyección varía de acuerdo al ciclo de trabajo.

Tabla 42.

Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 400 bar de presión a 1560 rpm.

	Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
	(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
Bosch 0445110070	400	300	20	5	9,74	16	11	7	7,8	1	6,8	69,12	76,9	13	1560	10	8
	400	240	36	9	9,74	15	11	7	15,4	1	14,4	61,52	76,9	13	1560	20	8
	400	200	38	10	9,74	15	11	7	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
	400	190	77	18	9,74	14	11	7,5	22,3	1	21,3	54,62	76,9	13	1560	30	8
Bosch 0445110250	400	310	16	5	9,42	14	10	5	7,8	1	6,8	69,12	76,9	13	1560	10	8
	400	250	29	8	9,42	16	10	5,5	15,2	1	14,2	61,72	76,9	13	1560	20	8
	400	220	33	10	9,42	14	10	6	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
	400	200	37	10	9,42	14	10	5,5	21,9	1	20,9	55,02	76,9	13	1560	30	8
Denso 6520 10H0044	400	260	23	7	9,3	9	10	7	7,8	1	6,8	69,12	76,9	13	1560	10	8
	400	200	40	9	9,3	8	10	7,25	15,2	1	14,2	61,72	76,9	13	1560	20	8
	400	190	44	10	9,3	8	10	7	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
	400	180	48	12	9,3	7,5	10	7	23,1	1	22,1	53,82	76,9	13	1560	30	8
Delphi VQ5CB56B99	400	260	22	8	9,06	9	10	7	7,3	0,5	6,8	69,62	76,9	13	1560	10	8
	400	200	39	10	9,06	8	10	7,25	14,7	0,5	14,2	62,22	76,9	13	1560	20	8
	400	190	43	11	9,06	8	10	7	18,7	0,5	18,2	58,22	76,9	13	1560	25	8
	400	180	47	13	9,06	7,5	10	7	22,6	0,5	22,1	54,32	76,9	13	1560	30	8

En la tabla 42 la presión de prueba es de 400 bar a 1560 rpm, para el análisis de los 4 inyectores, los ángulos de pulverización varían por cada inyector, el tiempo de activación se mantiene para los cuatro tipos de inyectores, de acuerdo al ciclo de trabajo y es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector

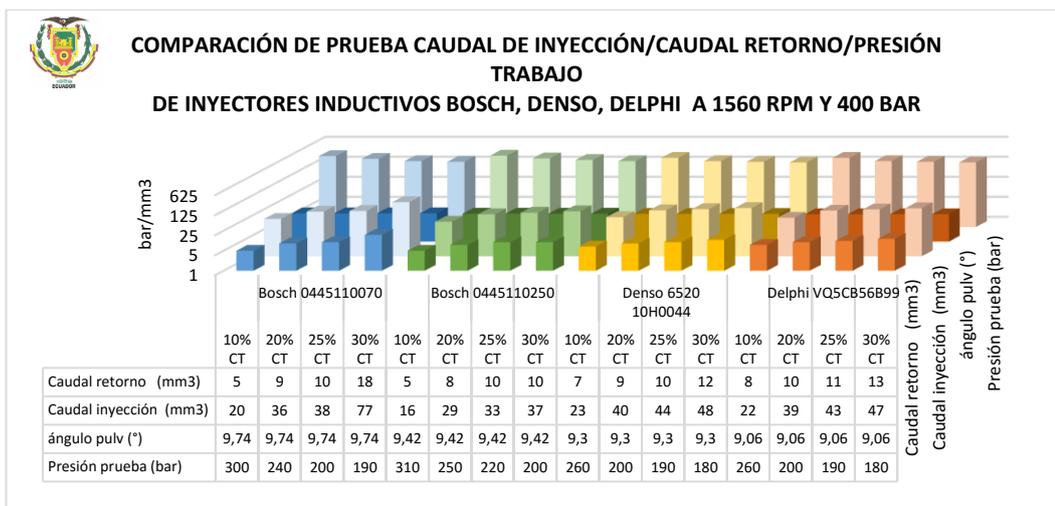


Figura 163: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 400 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, al 30% de ciclo duty y un mayor retorno en el inyector Delphi con 13 ml al 30% de apertura de la aguja, en los ensayos se observa una variación en la presión por el inicio de inyección para cada ciclo de trabajo.

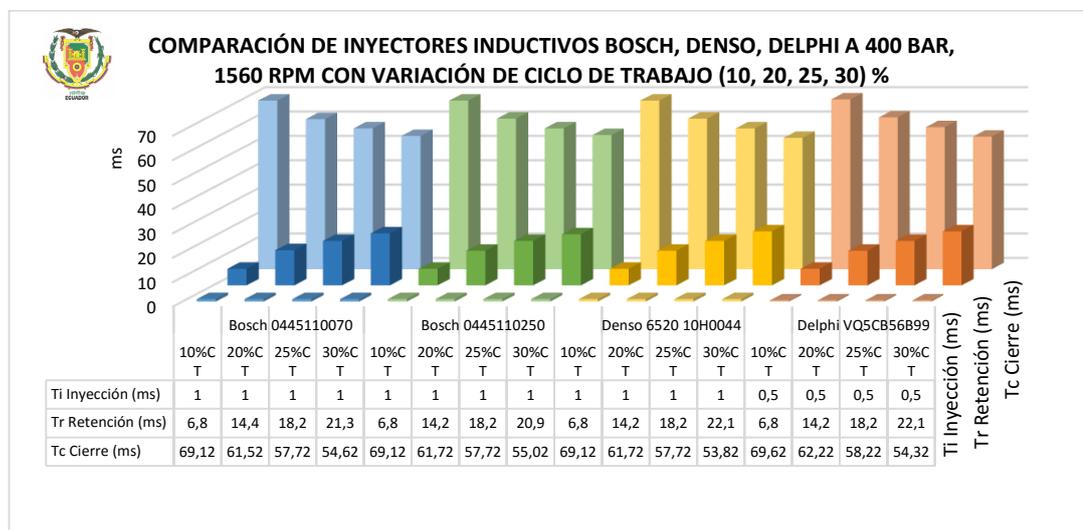


Figura 164: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 400 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

El inyector Delphi presenta un tiempo de inyección de 0,5 milisegundo, a diferencia de los otros 3 inyectores que tienen un tiempo de apertura de la aguja del inyector de 1 milisegundo el ciclo de trabajo es directamente proporcional al tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector.

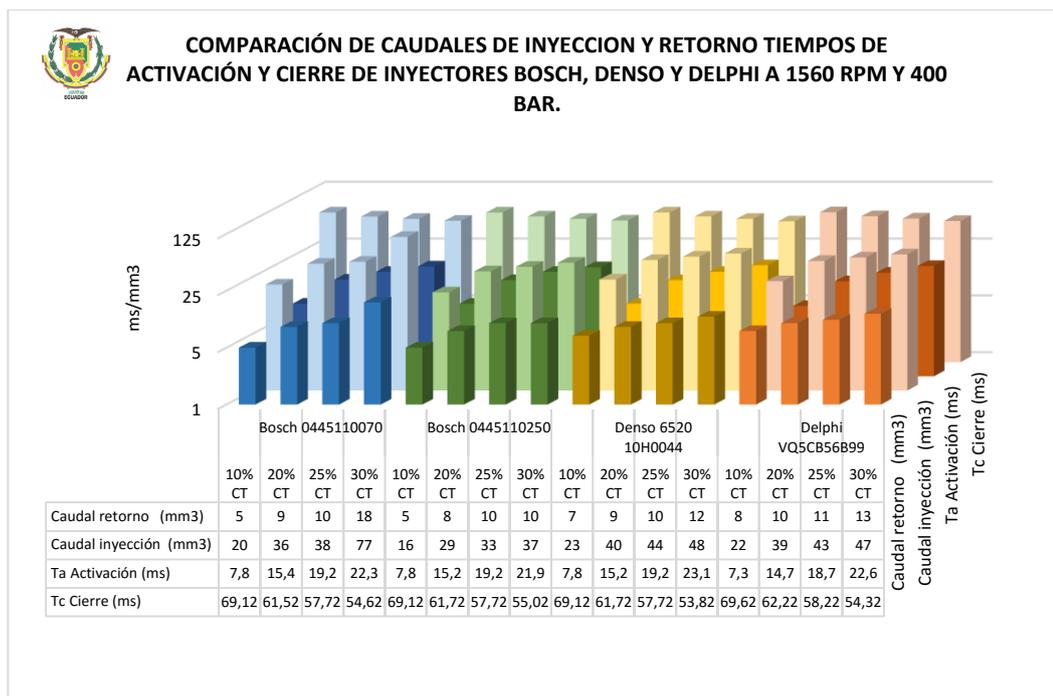


Figura 165: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 400 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Denso 652010H044 del vehículo Hino dutro para cada una de las pruebas, el menor caudal de retorno se muestra en el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, se tiene un periodo de 76,9 ms que tarda en abrir y cerrar la aguja del inyector a ralentí.

Análisis y conclusiones

- Las pruebas a 400 bar, a 1560 rpm del motor, con variaciones de ciclo de trabajo entre 10 a 30% de apertura del inyector, obteniendo una relación de 3 a 1 en caudal de inyección y retorno.
- En prueba a 200 bar se observa que al 10 % de ciclo de trabajo se obtiene un tiempo de activación de 7,8 milisegundos y un caudal de inyección de 20 ml en comparación al 30 % de ciclo de trabajo se consigue un tiempo de 22,3 milisegundos con un caudal de inyección de 77 ml, hay una diferencia entre el (10 y 30) % de 14,5 milisegundos y una proporción de caudal de inyección 57 ml.
- Se puede controlar el tiempo de apertura de los inyectores, se observa que los 4 inyectores a prueba presentan similares características en tiempos de activación, tiempos de cierre, el caudal de retorno y caudal de inyección varía de acuerdo al ciclo de trabajo.

Tabla 43.

Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 600 bar de presión y 1560 rpm.

	Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
	(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
Bosch 0445110070	600	450	23	7	9,74	15	11	7,5 a 5	7,8	1	6,8	69,12	76,9	13	1560	10	8
	600	330	42	10	9,74	14	11	7 a 3,5	15,2	1	14,2	61,72	76,9	13	1560	20	8
	600	290	51	11	9,74	14	11	7 a 3,5	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
	600	250	53	13	9,74	13	11	8 a 4	20,8	1	19,8	56,12	76,9	13	1560	30	8
Bosch 0445110250	600	450	19	6	9,42	14	10	5	7,8	1	6,8	69,12	76,9	13	1560	10	8
	600	350	36	9	9,42	14	10	6	15,3	1	14,3	61,62	76,9	13	1560	20	8
	600	310	43	11	9,42	13	10	5	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
	600	290	45	12	9,42	13	10	5,5	22,5	1	21,5	54,42	76,9	13	1560	30	8
Denso 6520 10H0044	600	380	28	8	9,3	8,75	10	7	7,8	1	6,8	69,12	76,9	13	1560	10	8
	600	300	51	11	9,3	8,5	11	7	15,2	1	14,2	61,72	76,9	13	1560	20	8
	600	250	53	13	9,3	8,25	10	7	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
	600	230	60	14	9,3	8	10	7	23,1	1	22,1	53,82	76,9	13	1560	30	8
Delphi VQ5CB56B99	600	380	27	9	9,06	8,75	10	7	7,3	0,5	6,8	69,62	76,9	13	1560	10	8
	600	300	50	12	9,06	8,5	11	7	14,7	0,5	14,2	62,22	76,9	13	1560	20	8
	600	250	52	14	9,06	8,25	10	7	18,7	0,5	18,2	58,22	76,9	13	1560	25	8
	600	230	59	15	9,06	8	10	7	22,6	0,5	22,1	54,32	76,9	13	1560	30	8

En la tabla 43 la presión de prueba es de 600 bar a 1560 rpm, para el análisis de los 4 inyectores, los ángulos de pulverización varían por cada inyector, el tiempo de activación se mantiene para los cuatro tipos de inyectores, de acuerdo al ciclo de trabajo y es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector

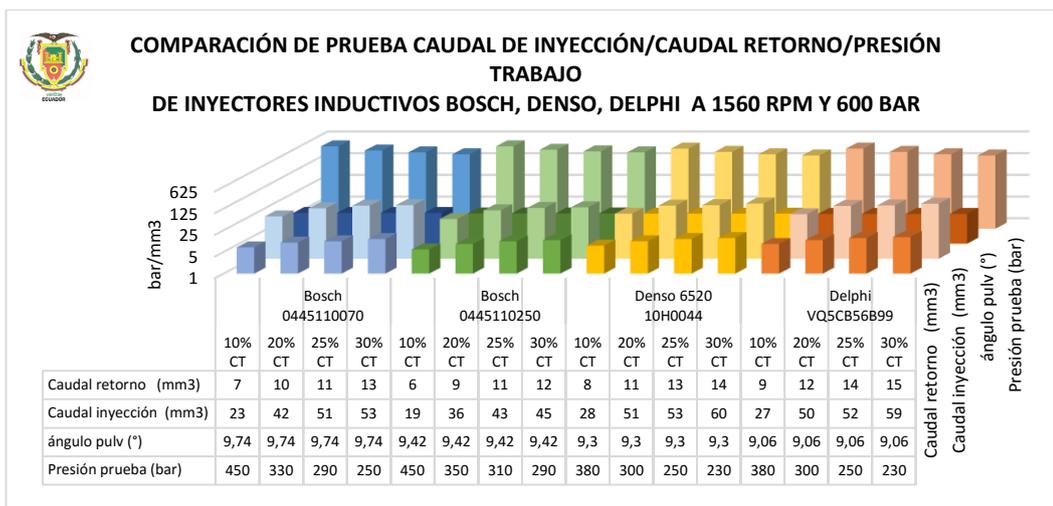


Figura 166: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 600 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, al 30% de ciclo duty y un mayor retorno en el inyector Delphi con 13 ml al 30% de apertura de la aguja, en los ensayos se observa una variación en la presión por el inicio de inyección para cada ciclo de trabajo.

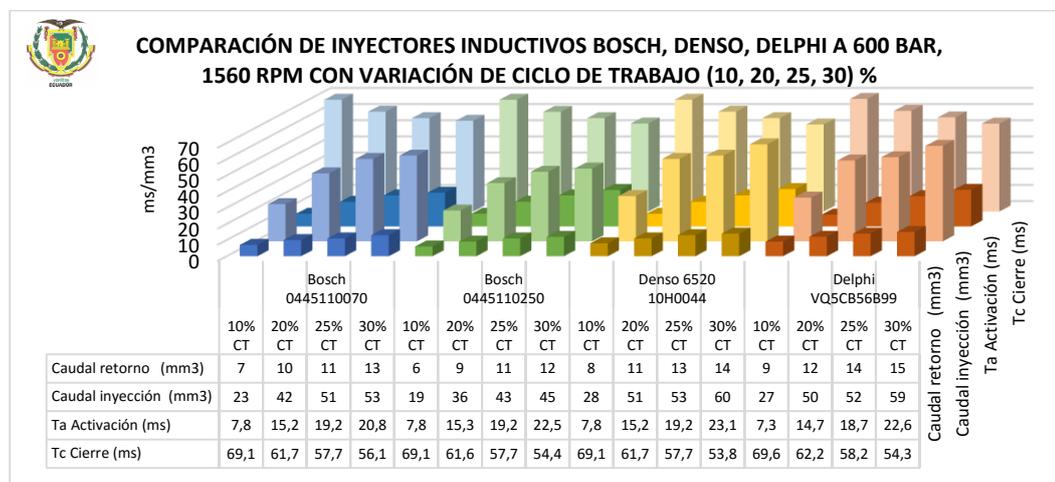


Figura 167. Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 600 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

El inyector Delphi presenta un tiempo de inyección de 0,5 milisegundo, a diferencia de los otros 3 inyectores que tienen un tiempo de apertura de la aguja del inyector de 1 milisegundo el ciclo de trabajo es directamente proporcional al tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector

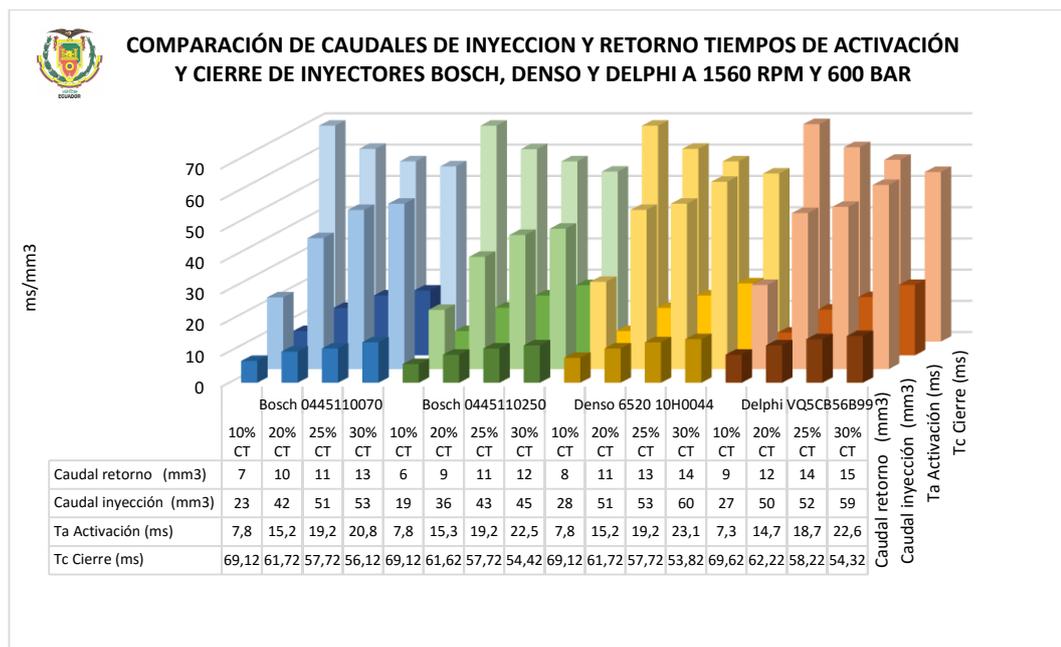


Figura 168: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 600 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Denso 652010H044 del vehículo Hino dutro para cada una de las pruebas, el menor caudal de retorno se muestra en el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, se tiene un periodo de 76,9 ms que tarda en abrir y cerrar la aguja del inyector a ralentí.

Análisis y conclusiones

- Las pruebas a 600 bar, a 1560 rpm del motor, con variaciones de ciclo de trabajo entre 10 a 30% de apertura del inyector, obteniendo una relación de 3 a 1 en caudal de inyección y retorno.
- En prueba a 600 bar se observa que al 10 % de ciclo de trabajo se obtiene un tiempo de activación de 7,8 milisegundos y un caudal de inyección de 23 ml en comparación al 30 % de ciclo de trabajo se consigue un tiempo de 20,8 milisegundos con un caudal de inyección de 53 ml, hay una diferencia entre el (10 y 30) % de 13 milisegundos y una proporción de caudal de inyección 30 ml.
 - Se puede controlar el tiempo de apertura de los inyectores, se observa que los 4 inyectores a prueba presentan similares características en tiempos de activación, tiempos de cierre, el caudal de retorno y caudal de inyección varía de acuerdo al ciclo de trabajo.

Tabla 44.

Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 800 bar de presión a 1560 rpm.

	Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
	(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
Bosch 0445110070	800	550	31	7	9,74	16	11	6,5	7,8	1	6,8	69,12	76,9	13	1560	10	8
	800	400	48	11	9,74	15	11	6	15,3	1	14,3	61,62	76,9	13	1560	20	8
	800	350	53	13	9,74	15	11	6,5	19,1	1	18,1	57,82	76,9	13	1560	25	8
	800	300	58	15	9,74	14	10	6,5	22	1	21	54,92	76,9	13	1560	30	8
Bosch 0445110250	800	600	23	6	9,42	13	10	5,5	7,8	1	6,8	69,12	76,9	13	1560	10	8
	800	450	43	10	9,42	14	12	8	15,1	1	14,1	61,82	76,9	13	1560	20	8
	800	400	50	11	9,42	12	10	5,5	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
	800	350	55	13	9,42	14	10	6	22,9	1	21,9	54,02	76,9	13	1560	30	8
Denso 6520 10H0044	800	500	34	9	9,3	9	10	7	7,8	1	6,8	69,12	76,9	13	1560	10	8
	800	350	52	13	9,3	9	10,5	7,5	15,2	1	14,2	61,72	76,9	13	1560	20	8
	800	300	63	15	9,3	8,25	10	7	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
	800	280	65	16	9,3	8,25	10	7	23	1	22	53,92	76,9	13	1560	30	8
Delphi VQ5CB56B99	800	500	33	10	9,06	9	10	7	7,3	0,5	6,8	69,62	76,9	13	1560	10	8
	800	350	51	14	9,06	9	10,5	7,5	14,7	0,5	14,2	62,22	76,9	13	1560	20	8
	800	300	62	16	9,06	8,25	10	7	18,7	0,5	18,2	58,22	76,9	13	1560	25	8
	800	280	64	17	9,06	8,25	10	7	22,5	0,5	22	54,42	76,9	13	1560	30	8

En la tabla 44 la presión de prueba es de 800 bar a 1560 rpm, para el análisis de los 4 inyectores, los ángulos de pulverización varían por cada inyector, el tiempo de activación se mantiene para los cuatro tipos de inyectores, de acuerdo al ciclo de trabajo y es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector

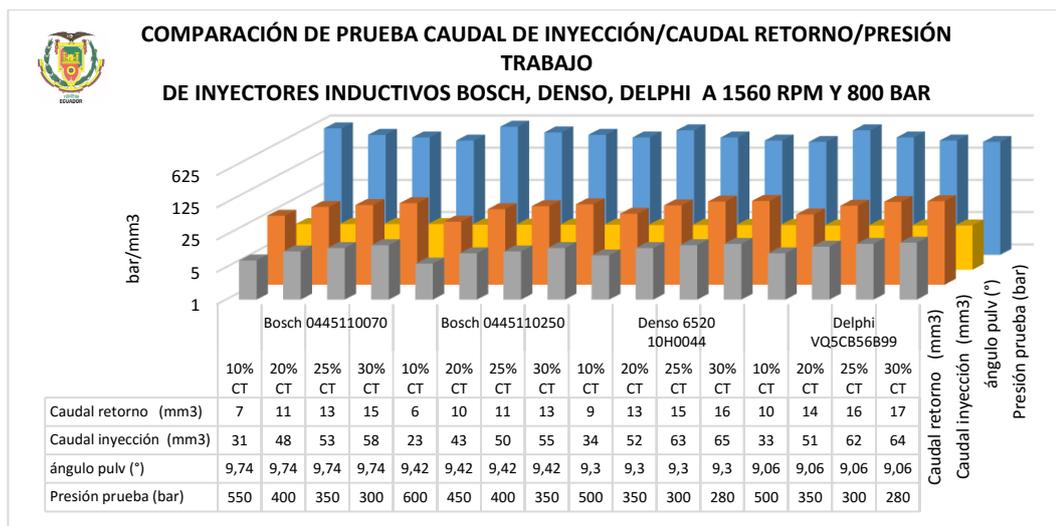


Figura 169: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 800 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, al 30% de ciclo duty y un mayor retorno en el inyector Delphi con 13 ml al 30% de apertura de la aguja, en los ensayos se observa una variación en la presión por el inicio de inyección para cada ciclo de trabajo.

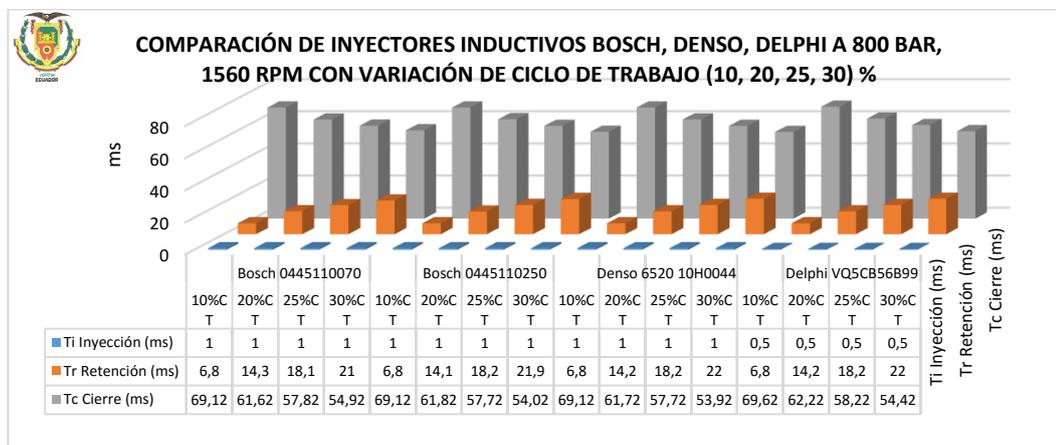


Figura 170: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 800 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

El inyector Delphi presenta un tiempo de inyección de 0,5 milisegundo, a diferencia de los otros 3 inyectores que tienen un tiempo de apertura de la aguja del inyector de 1 milisegundo el ciclo de trabajo es directamente proporcional al tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector

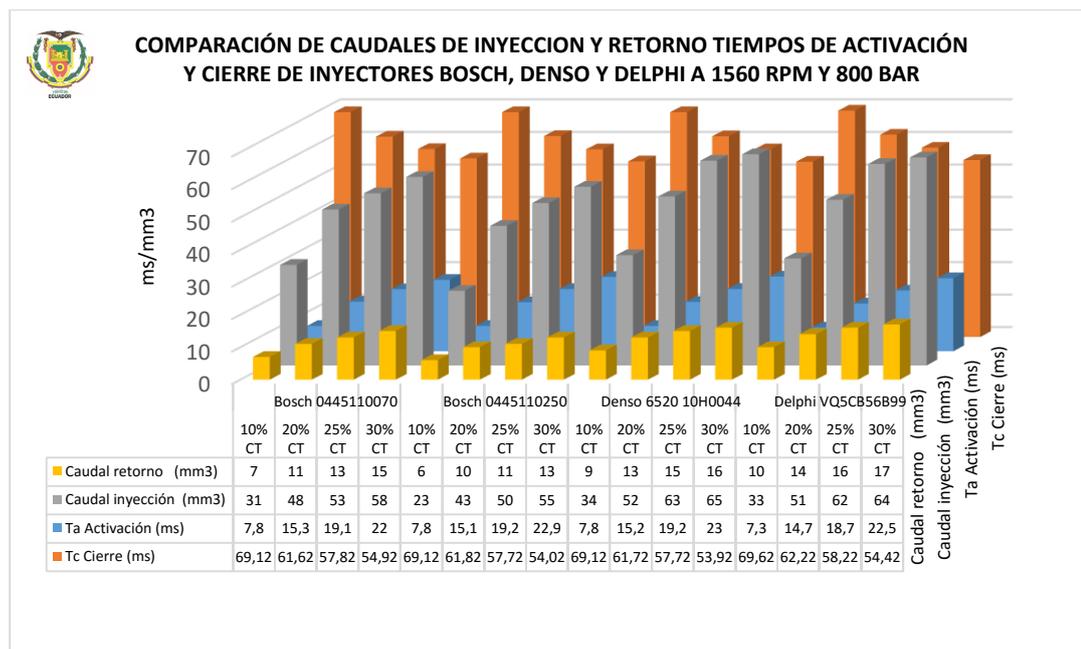


Figura 171: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 800 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Denso 652010H044 del vehículo Hino dutro para cada una de las pruebas, el menor caudal de retorno se muestra en el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, se tiene un periodo de 76,9 ms que tarda en abrir y cerrar la aguja del inyector a ralentí.

Análisis y conclusiones

- Las pruebas a 800 bar, a 1560 rpm del motor, con variaciones de ciclo de trabajo entre 10 a 30% de apertura del inyector, obteniendo una relación de 3 a 1 en caudal de inyección y retorno.
- En prueba a 800 bar se observa que al 10 % de ciclo de trabajo se obtiene un tiempo de activación de 7,8 milisegundos y un caudal de inyección de 23 ml en comparación al 30 % de ciclo de trabajo se consigue un tiempo de 20,8 milisegundos con un caudal de inyección de 53 ml, hay una diferencia entre el (10 y 30) % de 13 milisegundos y una proporción de caudal de inyección 30 ml.
 - Se puede controlar el tiempo de apertura de los inyectores, se observa que los 4 inyectores a prueba presentan similares características en tiempos de activación, tiempos de cierre, el caudal de retorno y caudal de inyección varía de acuerdo al ciclo de trabajo.

Tabla 45.

Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 1000 bar de presión y 1560 rpm.

	Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
	(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
Bosch 0445110070	1000	700	29	7	9,74	16	10,5	6,5	7,8	1	6,8	69,12	76,9	13	1560	10	8
	1000	500	55	13	9,74	15	11	7	15,4	1	14,4	61,52	76,9	13	1560	20	8
	1000	440	61	15	9,74	15	10	6,5	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
	1000	400	67	13	9,74	15	10	6,5	22,7	1	21,7	54,22	76,9	13	1560	30	8
Bosch 0445110250	1000	750	29	9	9,42	17	10	5,5	7,8	1	6,8	69,12	76,9	13	1560	10	8
	1000	580	49	11	9,42	12	10	5,5	15,3	1	14,3	61,62	76,9	13	1560	20	8
	1000	520	58	13	9,42	12	10	5,5	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
	1000	480	62	14	9,42	12	12	5,5	22,5	1	21,5	54,42	76,9	13	1560	30	8
Denso 6520 10H0044	1000	600	39	12	9,3	9	10	7	7,8	1	6,8	69,12	76,9	13	1560	10	8
	1000	450	57	15	9,3	9	10	7,5	15,2	1	14,2	61,72	76,9	13	1560	20	8
	1000	400	68	17	9,3	8,25	10	7,25	19,2	1	18,2	57,72	76,9	13	1560	25	8
	1000	310	72	18	9,3	8,25	10	7	23	1	22	53,92	76,9	13	1560	30	8
Delphi VQ5CB56B99	1000	600	38	13	9,06	9	10	7	7,3	0,5	6,8	69,62	76,9	13	1560	10	8
	1000	450	56	16	9,06	9	10	7,5	14,7	0,5	14,2	62,22	76,9	13	1560	20	8
	1000	400	67	18	9,06	8,25	10	7,25	18,7	0,5	18,2	58,22	76,9	13	1560	25	8
	1000	310	71	19	9,06	8,25	10	7	22,5	0,5	22	54,42	76,9	13	1560	30	8

En la tabla 45 la presión de prueba es de 1000 bar a 1560 rpm, para el análisis de los 4 inyectores, los ángulos de pulverización varían por cada inyector, el tiempo de activación se mantiene para los cuatro tipos de inyectores, de acuerdo al ciclo de trabajo y es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector.

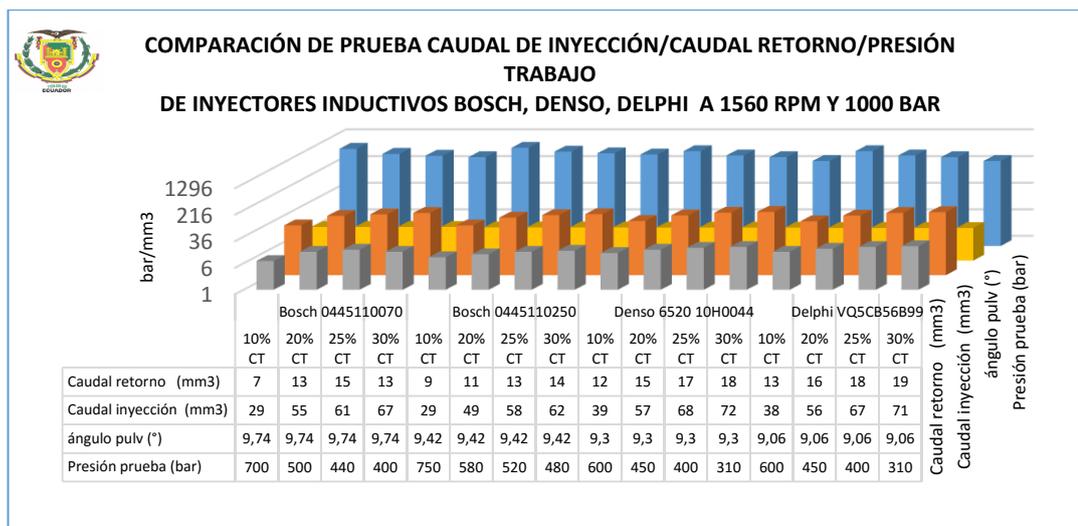


Figura 172: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 1000 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, al 30% de ciclo duty y un mayor retorno en el inyector Delphi con 13 ml al 30% de apertura de la aguja, en los ensayos se observa una variación en la presión por el inicio de inyección para cada ciclo de trabajo.

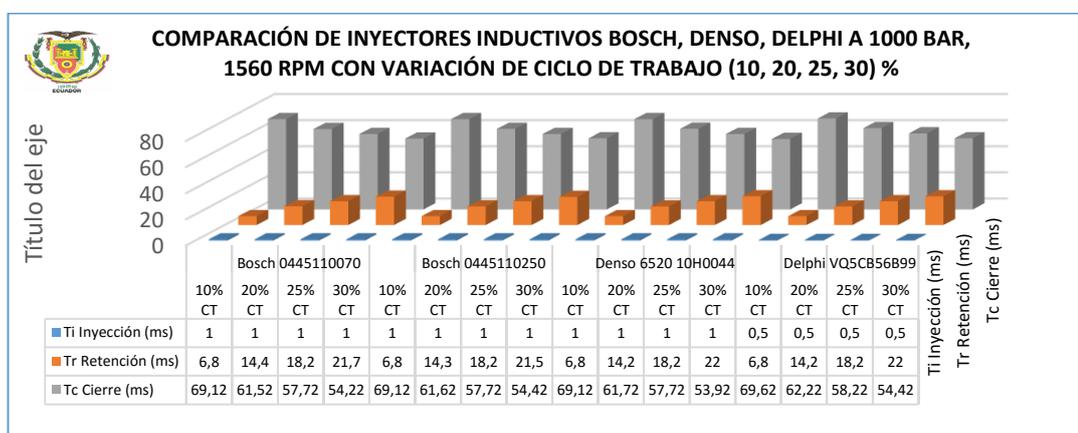


Figura 173: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 1000 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

El inyector Delphi presenta un tiempo de inyección de 0,5 milisegundo, a diferencia de los otros 3 inyectores que tienen un tiempo de apertura de la aguja del inyector de 1 milisegundo el ciclo de trabajo es directamente proporcional al tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector

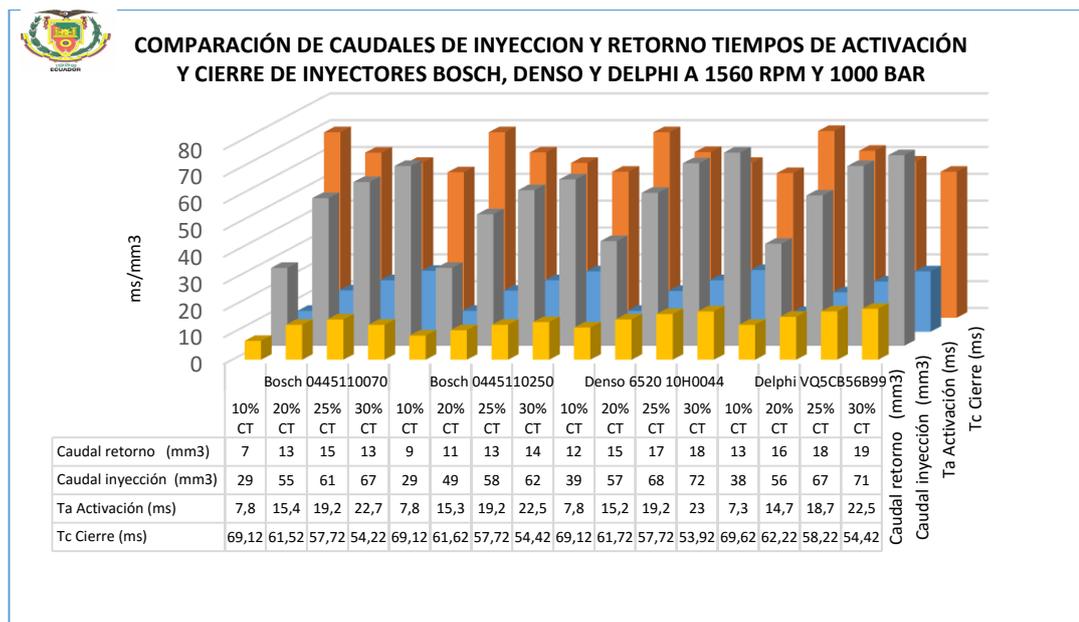


Figura 174: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 1000 bar y 1560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Denso 652010H044 del vehículo Hino dutro para cada una de las pruebas, el menor caudal de retorno se muestra en el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, se tiene un periodo de 76,9 ms que tarda en abrir y cerrar la aguja del inyector a ralentí.

Análisis y conclusiones

- Las pruebas a 800 bar, a 1560 rpm del motor, con variaciones de ciclo de trabajo entre 10 a 30% de apertura del inyector, obteniendo una relación de 3 a 1 en caudal de inyección y retorno.
- En prueba a 800 bar se observa que al 10 % de ciclo de trabajo se obtiene un tiempo de activación de 7,8 milisegundos y un caudal de inyección de 23 ml en comparación al 30 % de ciclo de trabajo se consigue un tiempo de 20,8 milisegundos con un caudal de inyección de 53 ml, hay una diferencia entre el (10 y 30) % de 13 milisegundos y una proporción de caudal de inyección 30 ml.
- Se puede controlar el tiempo de apertura de los inyectores, se observa que los 4 inyectores a prueba presentan similares características en tiempos de activación, tiempos de cierre, el caudal de retorno y caudal de inyección varía de acuerdo al ciclo de trabajo.

4.8. Pruebas de inyectores inductivos crdi a 3000 RPM, a (200,400,600,800,1000) Bar.

<u>CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ ESPE LATACUNGA</u> <u>INFORME DE PRÁCTICA DEL EQUIPO DE DIAGNÓSTICO</u>		
Cristian Morán Rodrigo Passo	Práctica N° 04	2016/
Tema: Cálculos y medición de ciclo de trabajo a plena carga a 3000 Rpm.		Asignatura: Autotrónica III

Objetivos

- Conocer y verificar cada uno de los tiempos de activación y cierre mediante cálculos a 3000 rpm, y con variaciones de ciclos de trabajo entre (10, 20, 25, 30) % de cycle duty y comparar gráficamente mediante el osciloscopio.
- Obtener curvas características de corriente y voltaje para analizar los tiempos de activación de cada inyector.
- Realizar tablas de mediciones en hojas de cálculo de Excel para poder realizar una comparación a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.
- Realizar graficas en Excel mediante las tablas obtenidas a los diferentes ensayos de presiones y ciclos de trabajo.

Equipo

- Banco de comprobación de inyectores.
- Multímetro.
- Inyectores.
- Caja de herramientas.
- Osciloscopio
- Pinza amperimétrica amperimétrica
- Equipo de seguridad para manipular maquinaria (guantes, gafas mandil, zapatos industriales).
- Computador instalado el programa Owon.

Desarrollo de la Práctica

Realizar grupos de trabajo para la práctica de cálculos y medición de tiempos de apertura y cierre de los distintos inyectores inductivos crdi, el equipo se puede realizar la prueba de un inyector CRDI a la vez.

Todos los integrantes del equipo deben de poseer los respectivos implementos de seguridad, para realizar la práctica ya que están manipulando maquinaria a elevadas presiones y voltajes altos.

4.8.1. Cálculo de prueba a plena carga

Datos:

$N = 3000 \text{ Rpm}$

$$N = \frac{120000}{T}$$

$$3000 = \frac{120000}{T}$$

$$T = 40 \text{ ms}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = 25 \text{ Hz}$$

4.8.2. Cálculo del ciclo de trabajo (cicle duty 10%)

$CT = 10 \%$

$$CT = \frac{T_i}{T_i + T_c} \times 100$$

$$10 \% = \frac{T_i}{40 \text{ ms}} \times 100$$

$$T_i = 4 \text{ ms}$$

$$T_c = 36 \text{ ms}$$

4.8.3. Cálculo del ciclo de trabajo (cicle duty 20%)

$CT = 20 \%$

$$CT = \frac{T_i}{T_i + T_c} \times 100$$

$$20 \% = \frac{T_i}{40 \text{ ms}} \times 100$$

$$T_i = 8 \text{ ms}$$

$$T_c = 32 \text{ ms}$$

4.8.4. Cálculo del ciclo de trabajo (cicle duty 25%)

$$CT = 25 \%$$

$$CT = \frac{T_i}{T_i + T_c} \times 100$$

$$25 \% = \frac{T_i}{40 \text{ ms}} \times 100$$

$$T_i = 10 \text{ ms}$$

$$T_c = 30 \text{ ms}$$

4.8.5. Cálculo del ciclo de trabajo (cicle duty 30%)

$$CT = 30 \%$$

$$CT = \frac{T_i}{T_i + T_c} \times 100$$

$$30 \% = \frac{T_i}{40 \text{ ms}} \times 100$$

$$T_i = 12 \text{ ms}$$

$$T_c = 28 \text{ ms}$$

a) Inyector inductivo Bosch

Número de serie: 0445110070

Vehículo: Terracan 2.0

Resistencia: 0,5 Ohmios

Escala osciloscopio: Pinza Amperimétrica amperimétrica cada 100mv/1A; Puntas de Osciloscopio x10V.

4.8.6. Cálculos de ángulos de inyección

Ángulo de disparo

$$I_T \quad \alpha = 9,23^\circ$$

Ángulo de dispersión

$$\gamma_T \quad \beta = 9,74^\circ$$

Tabla 46.

Prueba de Inyector Bosch 0445110070 a 3000 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.

Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo 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

En la tabla 46 se observa la variación de presión para cada una de las pruebas, el ciclo de trabajo es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector con voltaje de consumo promedio de 11 Voltios y corriente de consumo promedio de 15 Amperios.

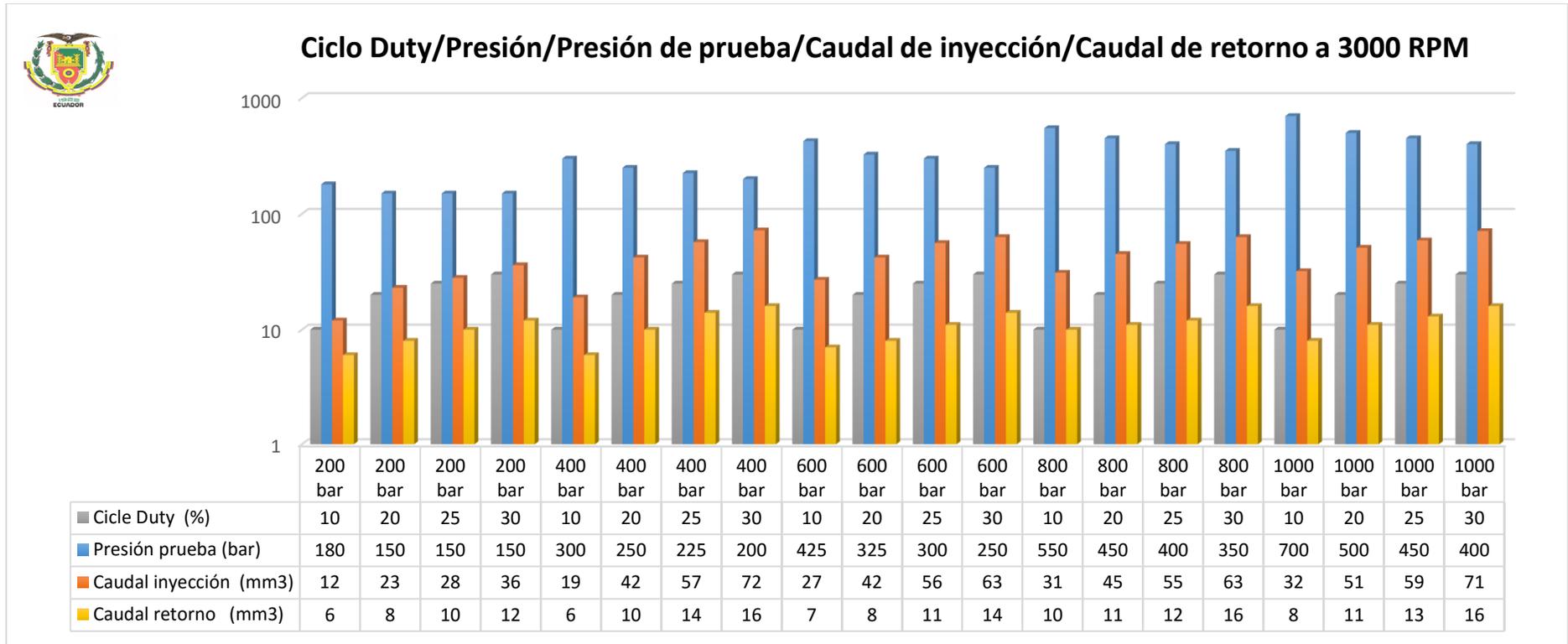


Figura 175: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110070 a 3000 rpm.

La figura 175 se observa una variación de la presión de prueba por el efecto de la apertura del inyector, el valor más alto de caudal de inyección y retorno se encuentra en la prueba 4 a 400 bar y un ciclo de trabajo del 30% con 72 y 16 ml, los valores están tabulados en la tabla 37, el caudal de inyección y retorno son directamente proporcionales al ciclo de trabajo y tiene una relación de 3 a 1 en cada presión de prueba, el tiempo que se realizó el ensayo es de 8 seg.



Cycle duty/Tiempo de retención/Tiempo de cierre/Tiempo de caída de tensión a 3000 RPM

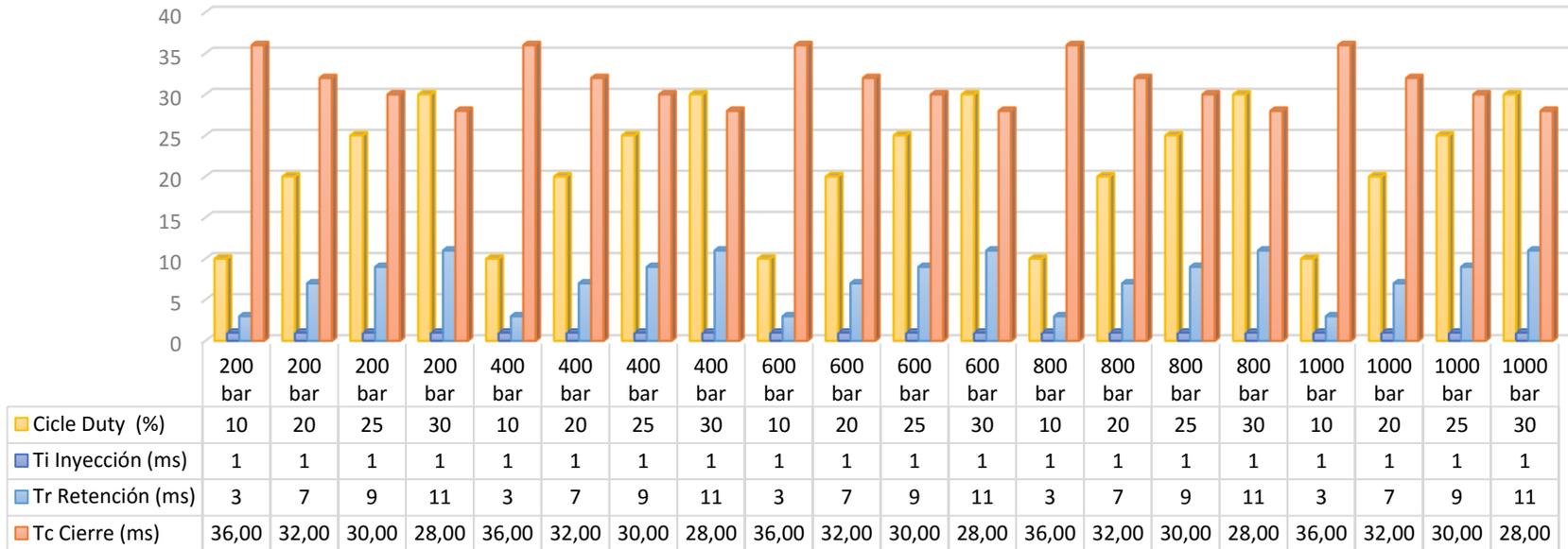


Figura 176: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Bosch 0445110070 a 3000 rpm.

En la figura 176 se observa que el tiempo de inyección es constante para todas las pruebas que está sujeto el inyector, tanto así el tiempo de cierre decae a medida que se aumenta el ciclo de trabajo, se puede apreciar que el tiempo de retención es el mismo en el ciclo de trabajo, sea para 200 o 1000 bares de presión, de igual manera sucede con el tiempo de cierre, es proporcional al ciclo de trabajo y la presión es independiente al control de inyección.

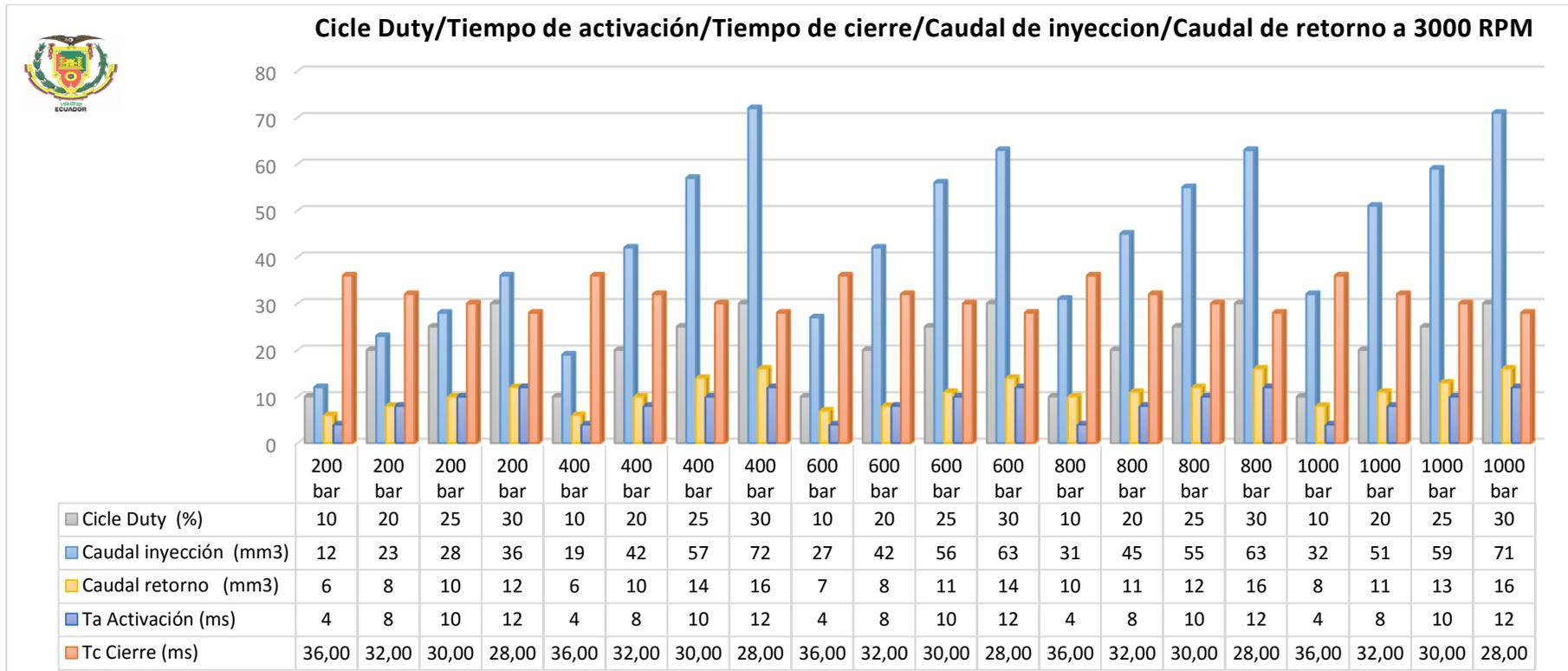


Figura 177: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110070 a 3000 rpm.

En la figura 177 se puede apreciar que el caudal de inyección y retorno es directamente proporcional a la presión, el tiempo de activación es directamente proporcional al ciclo de trabajo, e inversamente proporcional al tiempo de cerrado del inyector a cada prueba de trabajo, en la prueba 4 a 400 bar y con un ciclo de trabajo de 30% se tiene el mayor caudal de inyección y retorno con 72 y 16 ml y en tiempo de activación se tiene en la prueba 4 a 30% de ciclo de trabajo, a distinta presión de prueba de ensayo con 12 ms y un menor tiempo de cierre de 28 ms.

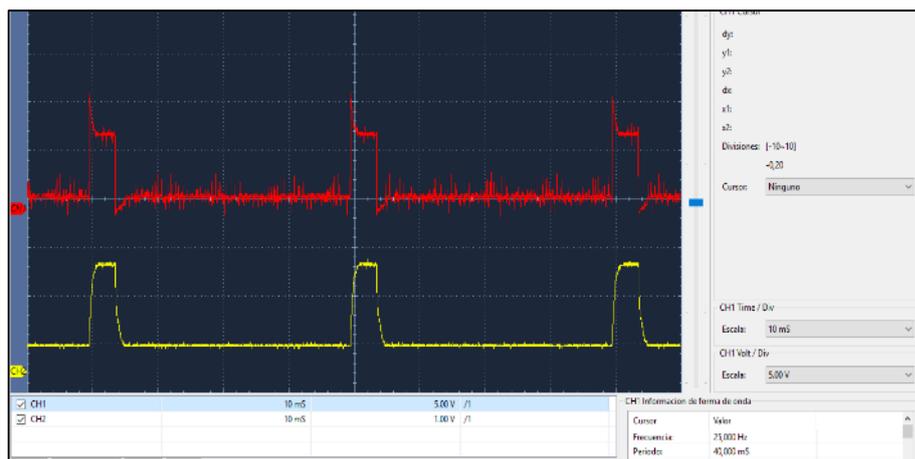


Figura 178: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 3000 rpm.

En la figura 178 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 3 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 10% de y a 3000 rpm en un período de 40 milisegundos, con una apertura de 4 milisegundos y un tiempo de cierre de 36 milisegundos.

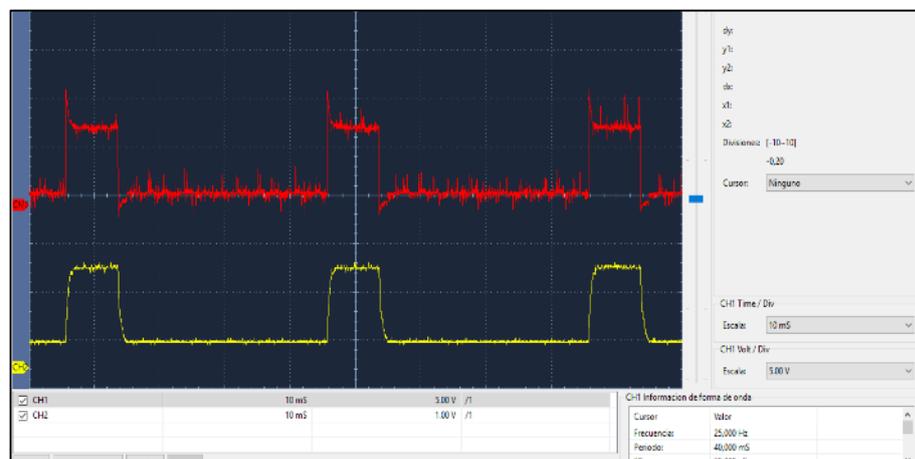


Figura 179: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 3000 rpm.

En la figura 179 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 7 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 20% y a 3000 rpm en un período de 40 milisegundos, con una apertura de 8 milisegundos y un tiempo de cierre de 32 milisegundos.

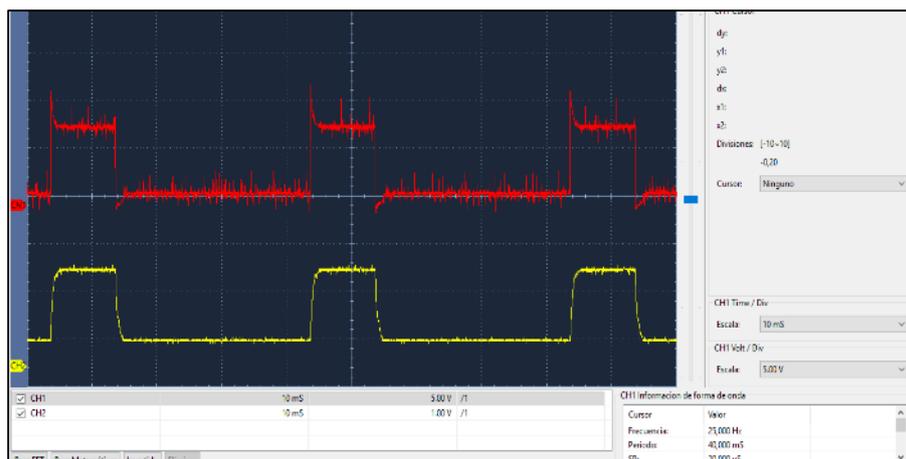


Figura 180: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 3000 rpm.

En la figura 180 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 9 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 25% y a 3000 rpm en un período de 40 milisegundos, con una apertura de 10 milisegundos y un tiempo de cierre de 30 milisegundos.

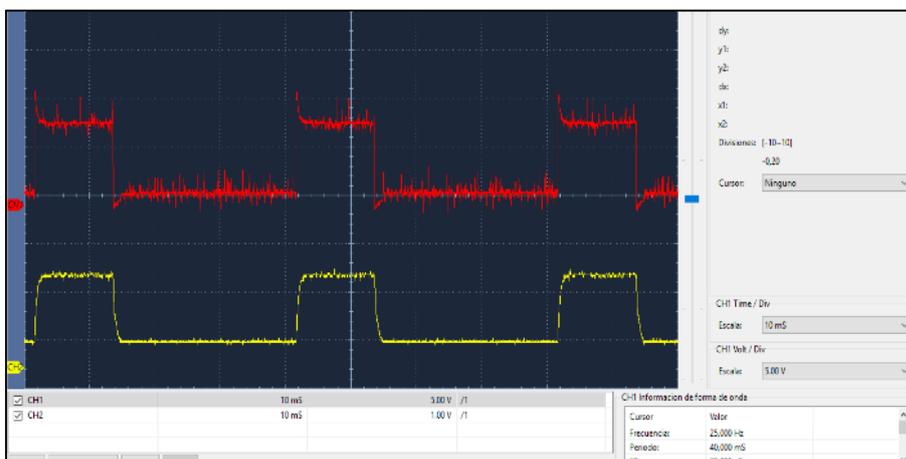


Figura 181: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 3000 rpm.

En la figura 181 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 11 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 25% y a 3000 rpm en un período de 40 milisegundos, con una apertura de 12 milisegundos y un tiempo de cierre de 28 milisegundos.

b) Inyector inductivo Bosch**Número de serie:** 0445110250**Vehículo:** Mazda BT 50 2.5**Resistencia:** 0,3 Ohmios**Escala osciloscopio:** Pinza Amperimétrica amperimétrica cada 100mv/1A; Puntas de Osciloscopio x10V.**Ángulo de disparo**

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

$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{10}{40}\right)$$

$$I_T = 14,04^\circ$$

Ángulo de dispersión

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

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{7 + 6,5}{40}\right) - \arctan\left(\frac{6,5}{40}\right)$$

$$\gamma_T \quad \beta = 18,65^\circ - 9,23^\circ$$

$$\gamma_T \quad \beta = 9,42^\circ$$

Tabla 47.

Prueba de Inyector Bosch 0445110250 a 3000 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.

Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
200	180	8	4	9,42	7,75	10	5,5	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
200	150	16	8	9,42	7,75	10	5,5	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
200	140	18	9	9,42	7,5	10	5,5	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
200	130	22	11	9,42	7,5	10	5,5	12	1	11	28,00	40,0	25	3000	30	8
400	300	16	6	9,42	7,25	10	5,5	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
400	250	29	8	9,42	7,25	10	5,5	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
400	220	35	10	9,42	7	10	5,5	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
400	200	37	11	9,42	7	10	5,5	12	1	11	28,00	40,0	25	3000	30	8
600	450	21	7	9,42	7	10	5,25	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
600	350	36	10	9,42	6,25	10	5,5	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
600	320	41	11	9,42	6,25	10	5,5	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
600	300	49	12	9,42	7,25	10	5,5	12	1	11	28,00	40,0	25	3000	30	8
800	600	25	7	9,42	6,75	10	5,5	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
800	450	43	10	9,42	6,5	10	5,5	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
800	400	50	12	9,42	6,5	10	5,25	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
800	350	57	13	9,42	8,5	10	5,75	12	1	11	28,00	40,0	25	3000	30	8
1000	740	30	9	9,42	6,5	10	5,5	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
1000	580	50	12	9,42	6,25	10	5,5	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
1000	500	60	13	9,42	6,25	10	5,5	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
1000	460	68	15	9,42	6,25	10	5,5	12	1	11	28,00	40,0	25	3000	30	8

En la tabla 47 se observa la variación de presión para cada una de las pruebas, el ciclo de trabajo es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector con voltaje de consumo promedio de 10 Voltios y corriente de consumo promedio de 6,5 Amperios.

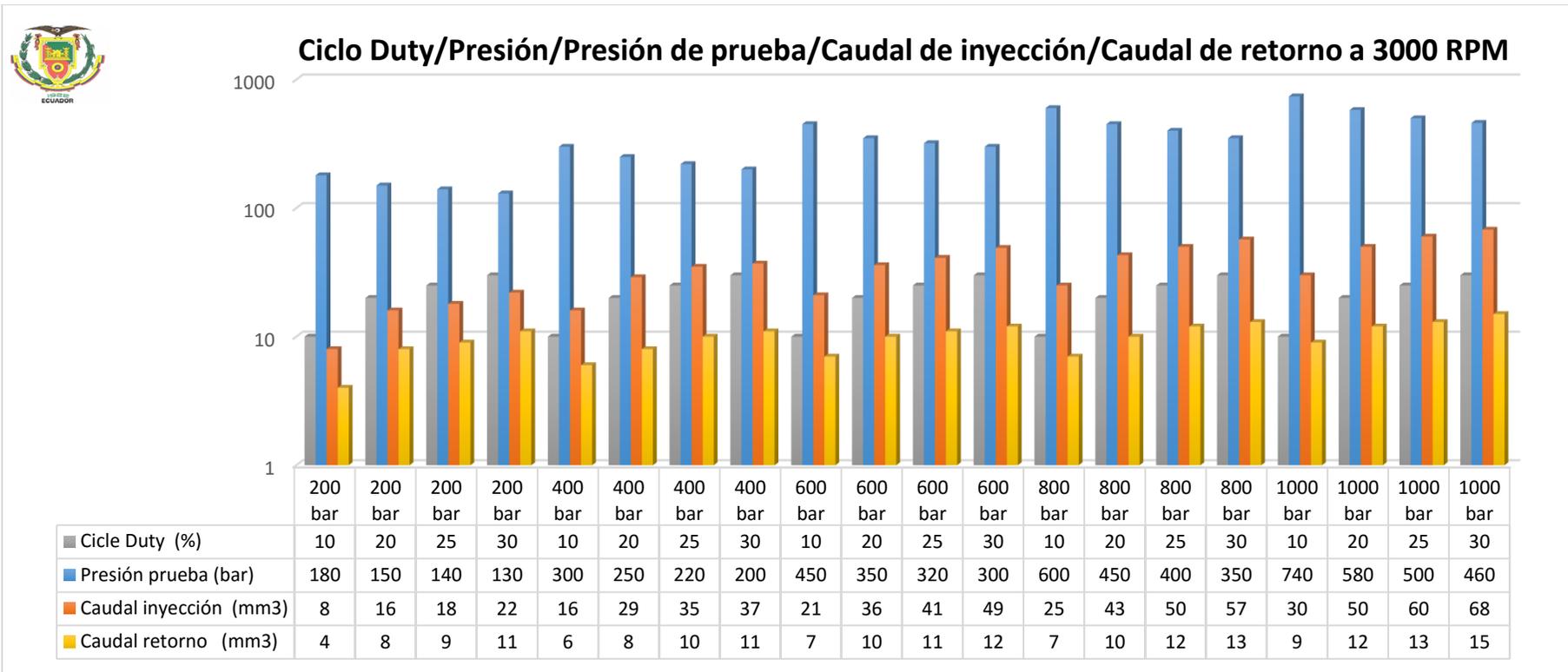


Figura 182: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110250 a 3000 rpm.

La figura 182 se observa una variación de la presión de prueba por el efecto de la apertura del inyector, el valor más alto de caudal de inyección y retorno se encuentra en la prueba 4 a 1000 bar y un ciclo de trabajo del 30% con 68 y 15 ml, los valores están tabulados en la tabla 37, el caudal de inyección y retorno son directamente proporcionales al ciclo de trabajo y tiene una relación de 3 a 1 en cada presión de prueba, el tiempo que se realizó el ensayo es de 8 seg.

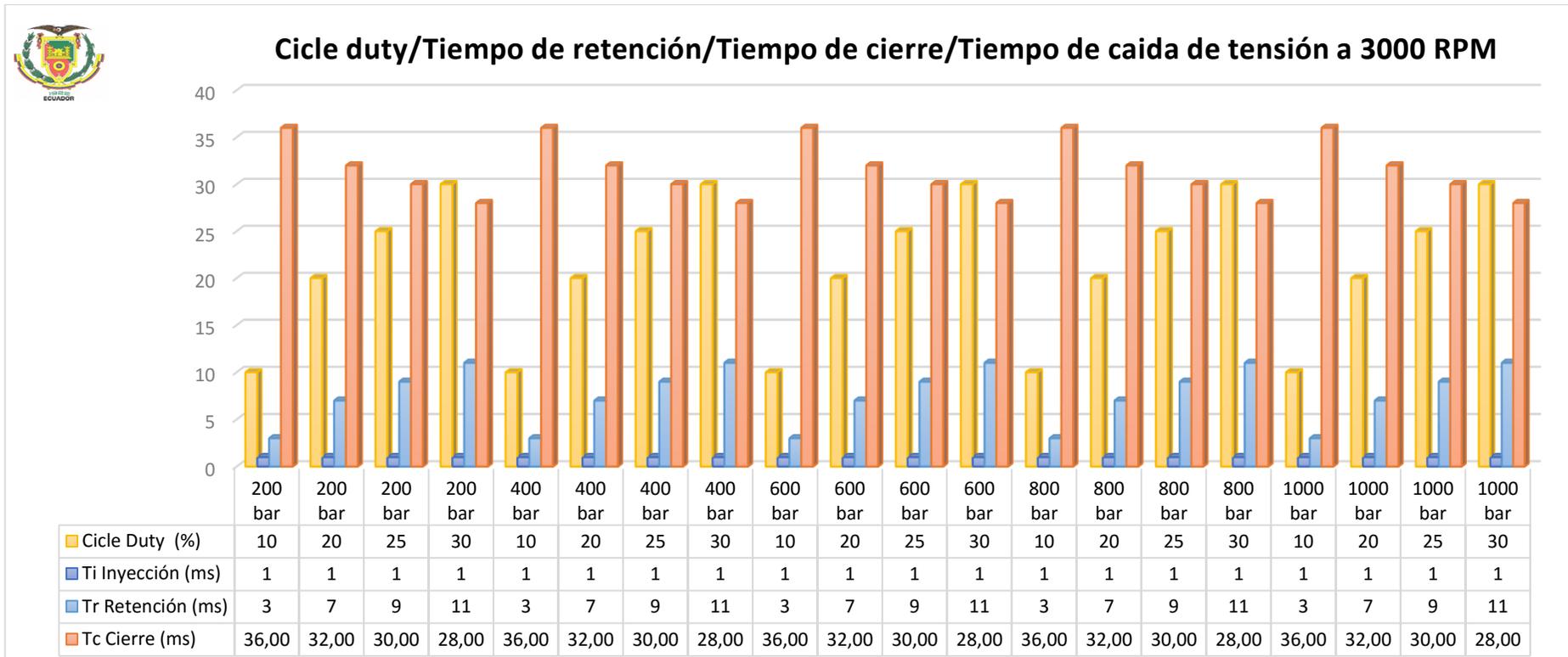


Figura 183: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Bosch 0445110250 a 3000 rpm.

En la figura 183 se observa que el tiempo de inyección es constante para todas las pruebas que está sujeto el inyector, tanto así el tiempo de cierre decae a medida que se aumenta el ciclo de trabajo, se puede apreciar que el tiempo de retención es el mismo en el ciclo de trabajo, sea para 200 o 1000 bares de presión, de igual manera sucede con el tiempo de cierre, es proporcional al ciclo de trabajo y la presión es independiente al control de inyección.

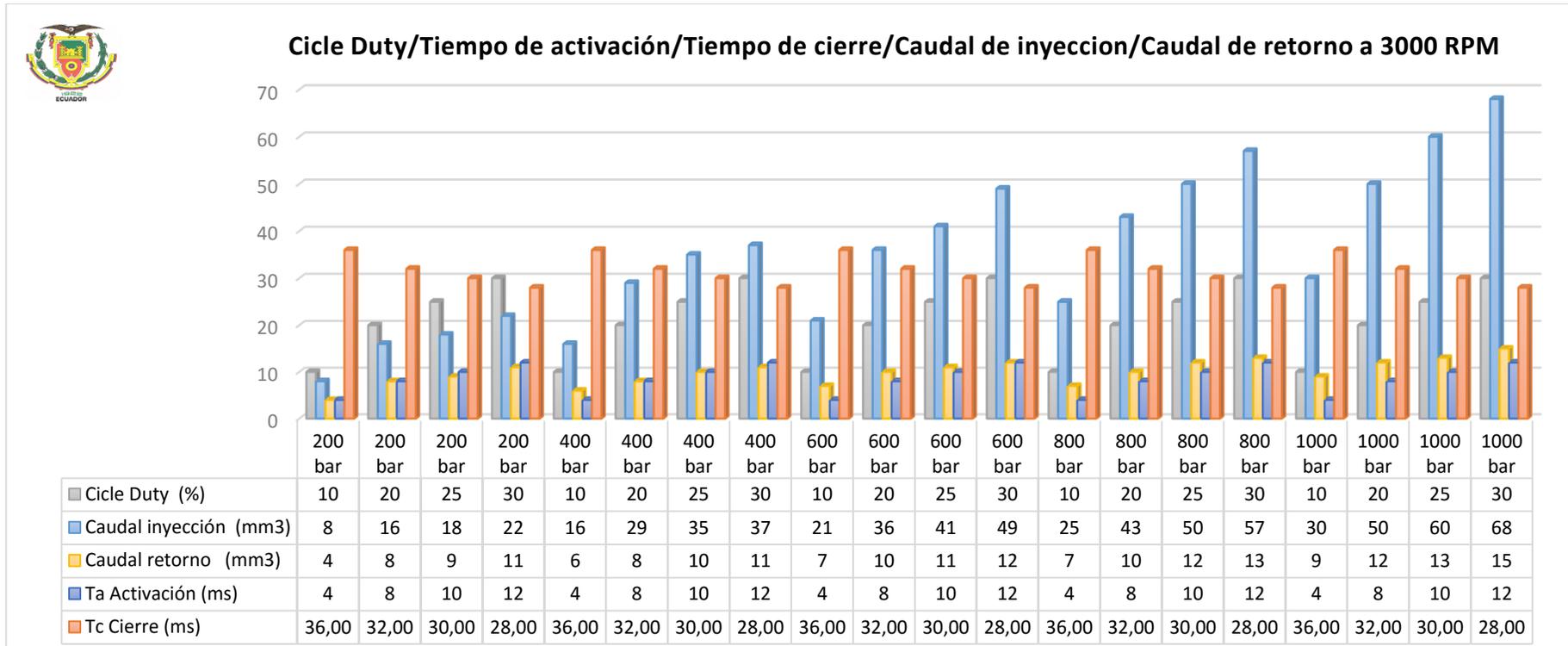


Figura 184: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110250 a 3000 rpm.

En la figura 184 se puede apreciar que el caudal de inyección y retorno es directamente proporcional a la presión, el tiempo de activación es directamente proporcional al ciclo de trabajo, e inversamente proporcional al tiempo de cerrado del inyector a cada prueba de trabajo, en la prueba 4 a 1000 bar y con un ciclo de trabajo de 30% se tiene el mayor caudal de inyección y retorno con 68 y 15 ml y en tiempo de activación se tiene en la prueba 4 a 30% de ciclo de trabajo, a distinta presión de prueba de ensayo con 12 ms y un menor tiempo de cierre de 28 ms.

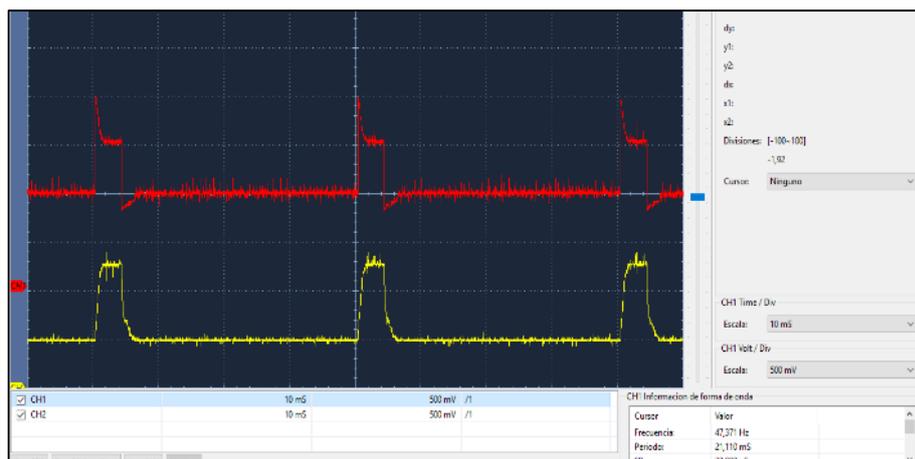


Figura 185: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 3000 rpm.

En la figura 185 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 3 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 10% de y a 3000 rpm en un período de 40 milisegundos, con una apertura de 4 milisegundos y un tiempo de cierre de 36 milisegundos.

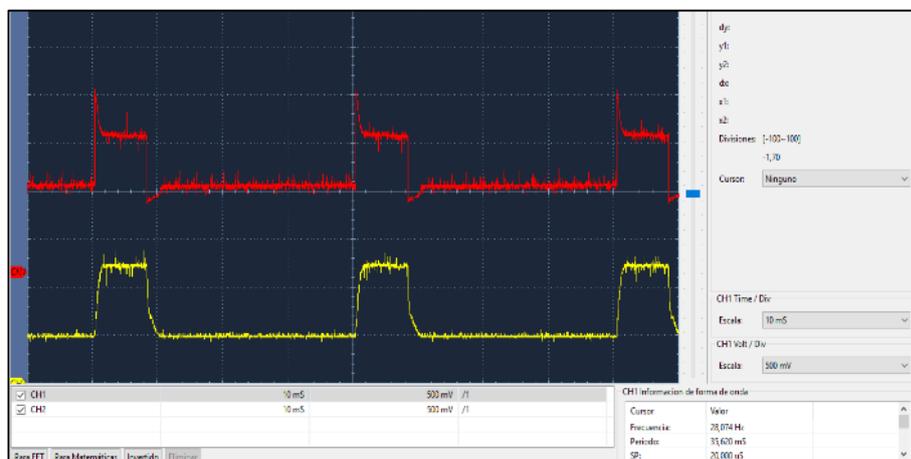


Figura 186: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 3000 rpm.

En la figura 186 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 7 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 20% y a 3000 rpm en un período de 40 milisegundos, con una apertura de 8 milisegundos y un tiempo de cierre de 32 milisegundos.

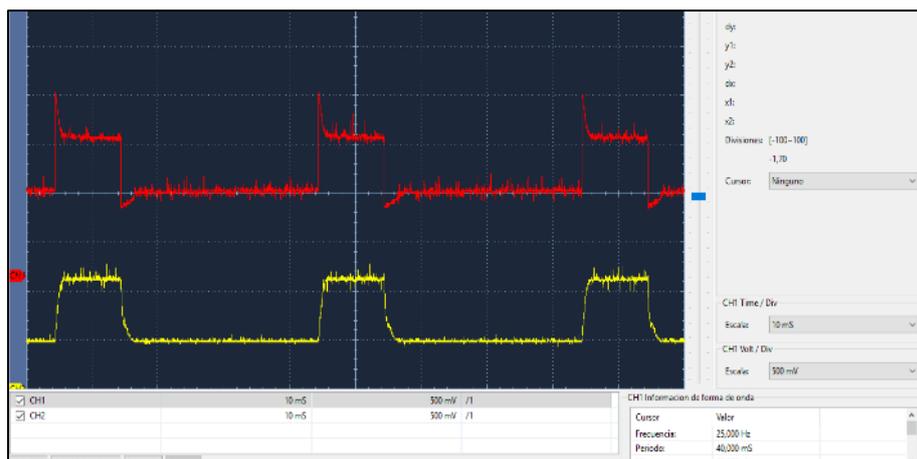


Figura 187: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 3000 rpm.

En la figura 187 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 9 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 25% y a 3000 rpm en un período de 40 milisegundos, con una apertura de 10 milisegundos y un tiempo de cierre de 30 milisegundos.

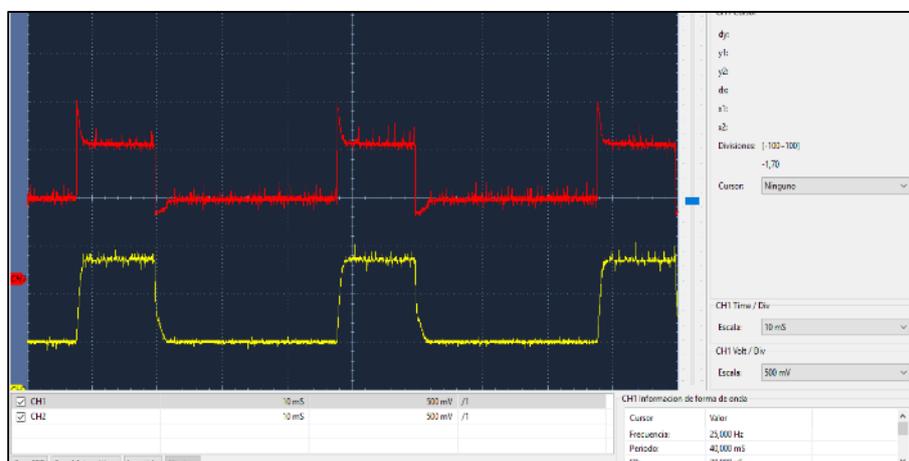


Figura 188: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 3000 rpm.

En la figura 188 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 11 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 25% y a 3000 rpm en un período de 40 milisegundos, con una apertura de 12 milisegundos y un tiempo de cierre de 28 milisegundos.

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

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

$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{8}{40}\right)$$

$$I_T \quad \alpha = 11,31^\circ$$

Ángulo de dispersión

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

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{7 + 7,5}{40}\right) - \arctan\left(\frac{7,5}{40}\right)$$

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

$$\gamma_T \quad \beta = 9,30^\circ$$

Tabla 48.

Prueba de inyector Denso 6520 10H0044 a 3000 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.

Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
200	180	12	5	9,3	9,5	10	7	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
200	140	22	8	9,3	8,25	10	7,25	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
200	120	26	9	9,3	7,75	10	7,25	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
200	110	27	11	9,3	7,5	10	7,25	12,1	1	11,1	27,90	40,0	25	3000	30	8
400	260	24	6	9,3	9	10	7	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
400	200	38	9	9,3	8	10	7,25	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
400	180	46	11	9,3	8	10	7	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
400	160	52	12	9,3	7,5	10	7	12,1	1	11,1	27,90	40,0	25	3000	30	8
600	400	31	8	9,3	8,75	10	7	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
600	270	49	11	9,3	8,5	11	7	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
600	240	55	12	9,3	8,25	10	7	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
600	210	66	14	9,3	8	10	7	12,1	1	11,1	27,90	40,0	25	3000	30	8
800	500	36	11	9,3	9	10	7	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
800	350	54	13	9,3	9	10,5	7,5	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
800	300	63	16	9,3	8,25	10	7	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
800	250	71	18	9,3	8,25	10	7	12,1	1	11,1	27,90	40,0	25	3000	30	8
1000	600	40	11	9,3	9	10	7	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
1000	400	62	16	9,3	9	10	7,5	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
1000	350	68	17	9,3	8,25	10	7,25	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
1000	300	74	18	9,3	8,25	10	7	12,1	1	11,1	27,90	40,0	25	3000	30	8

En la tabla 48 se observa la variación de presión para cada una de las pruebas, el ciclo de trabajo es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector con voltaje de consumo promedio de 10 Voltios y corriente de consumo promedio de 8,25 Amperios.

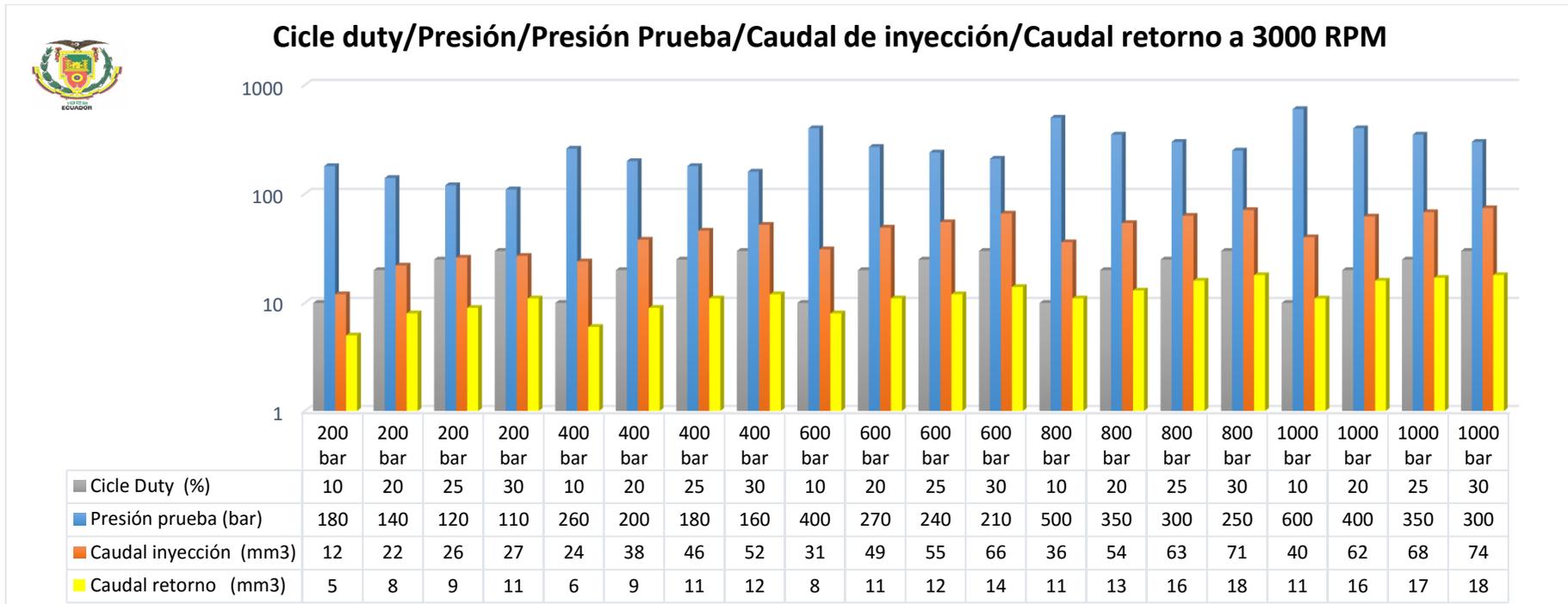


Figura 189: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 3000 rpm.

La figura 189 se observa una variación de la presión de prueba por el efecto de la apertura del inyector, el valor más alto de caudal de inyección y retorno se encuentra en la prueba 4 a 1000 bar y un ciclo de trabajo del 30% con 74 y 18 ml, los valores están tabulados en la tabla 48, el caudal de inyección y retorno son directamente proporcionales al ciclo de trabajo y tiene una relación de 3 a 1 en cada presión de prueba, el tiempo que se realizó el ensayo es de 8 seg.

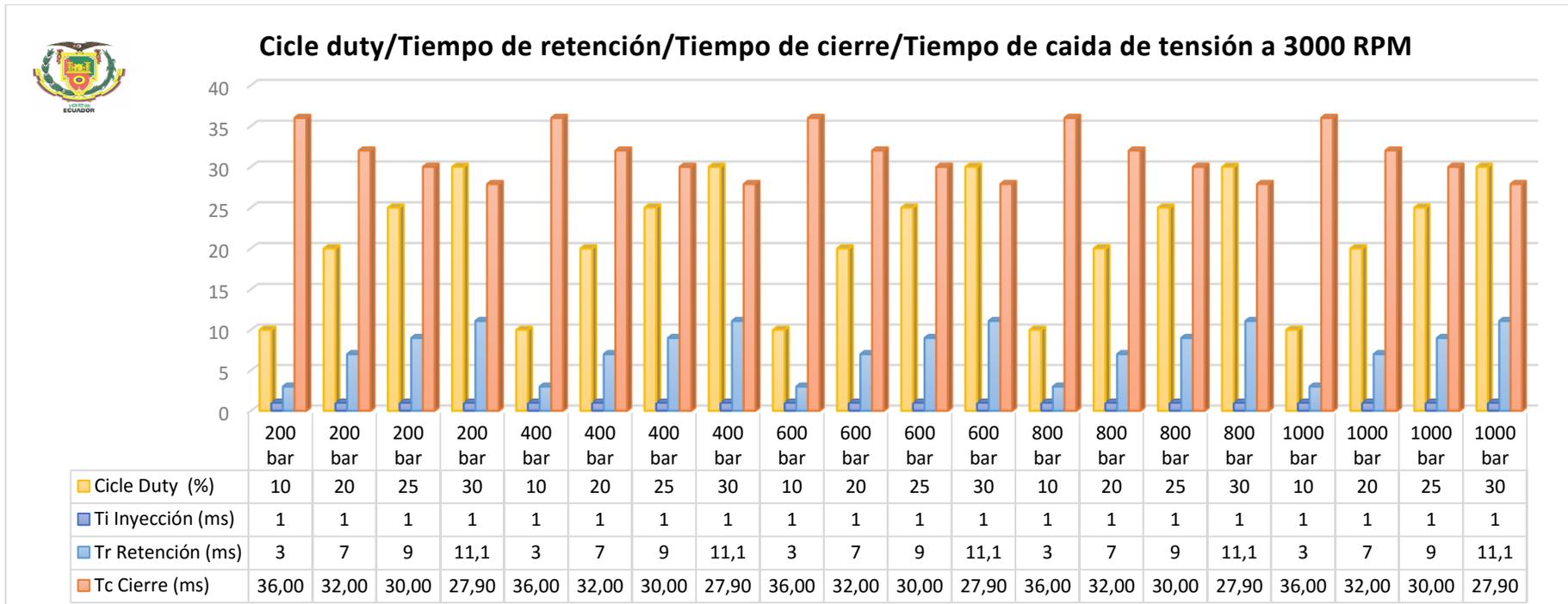


Figura 190: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 3000 rpm.

En la figura 190 se observa que el tiempo de inyección es constante para todas las pruebas que está sujeto el inyector, tanto así el tiempo de cierre decae a medida que se aumenta el ciclo de trabajo, se puede apreciar que el tiempo de retención es el mismo en el ciclo de trabajo, sea para 200 o 1000 bares de presión, de igual manera sucede con el tiempo de cierre, es proporcional al ciclo de trabajo y la presión es independiente al control de inyección.

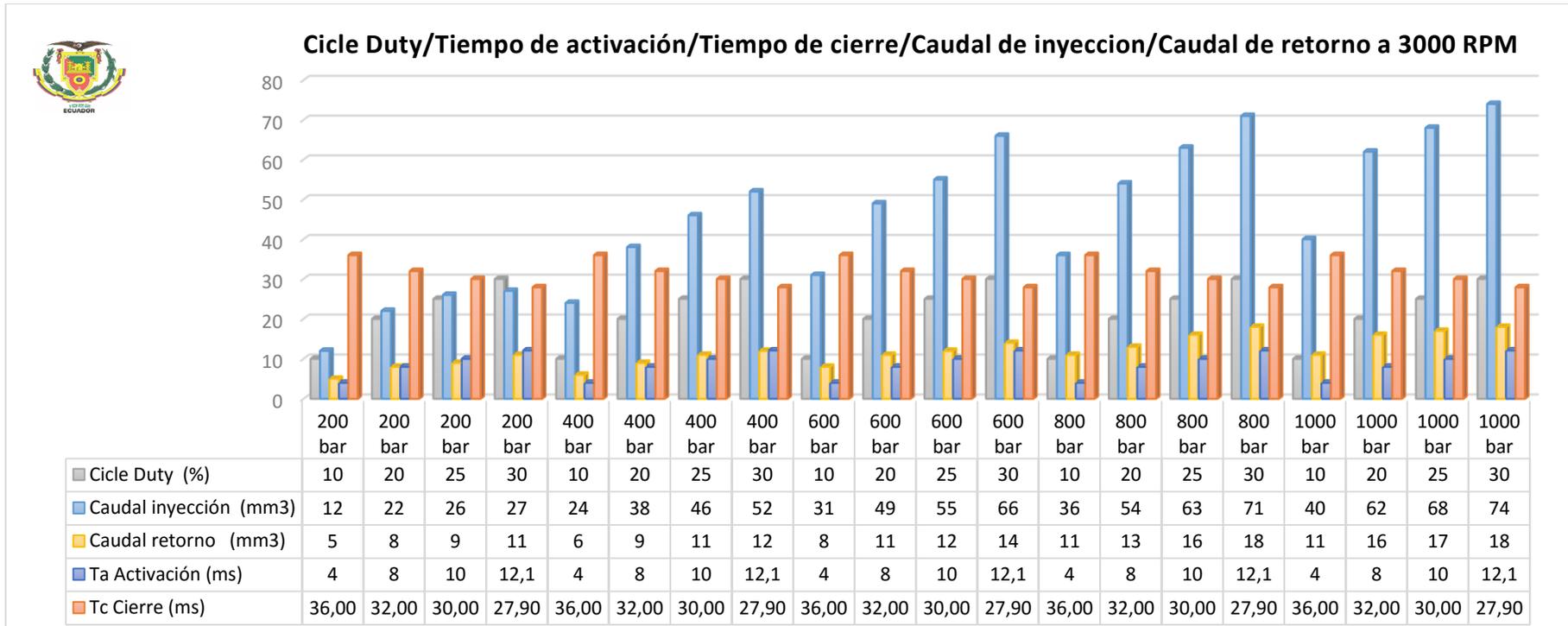


Figura 191: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 3000 rpm.

En la figura 177 se puede apreciar que el caudal de inyección y retorno es directamente proporcional a la presión, el tiempo de activación es directamente proporcional al ciclo de trabajo, e inversamente proporcional al tiempo de cerrado del inyector a cada prueba de trabajo, en la prueba 4 a 1000 bar y con un ciclo de trabajo de 30% se tiene el mayor caudal de inyección y retorno con 74 y 18 ml y en tiempo de activación se tiene en la prueba 4 a 30% de ciclo de trabajo, a distinta presión de prueba de ensayo con 12,1 ms y un menor tiempo de cierre de 27,9 ms.

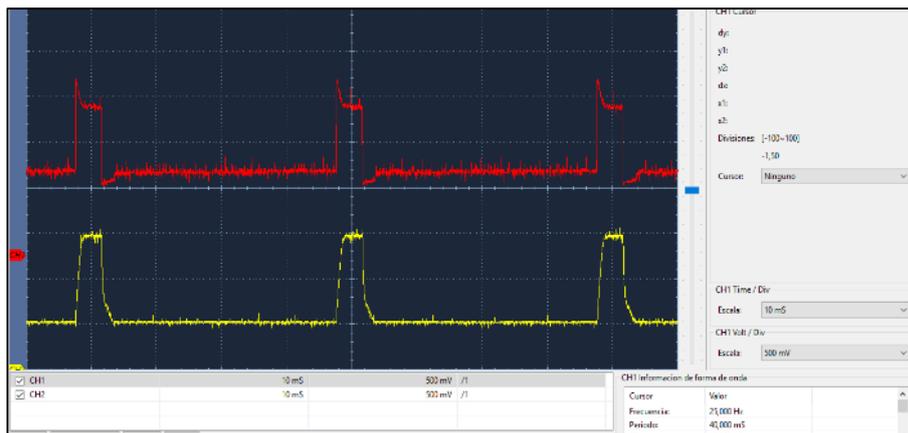


Figura 192: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 3000 rpm.

En la figura 192 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 3 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 10% de y a 3000 rpm en un período de 40 milisegundos, con una apertura de 4 milisegundos y un tiempo de cierre de 36 milisegundos.

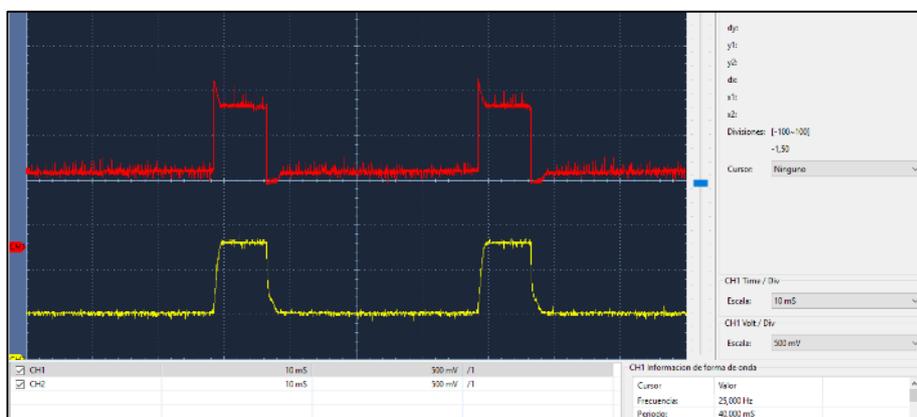


Figura 193: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 3000 rpm.

En la figura 193 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 7 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 20% y a 3000 rpm en un período de 40 milisegundos, con una apertura de 8 milisegundos y un tiempo de cierre de 32 milisegundos.

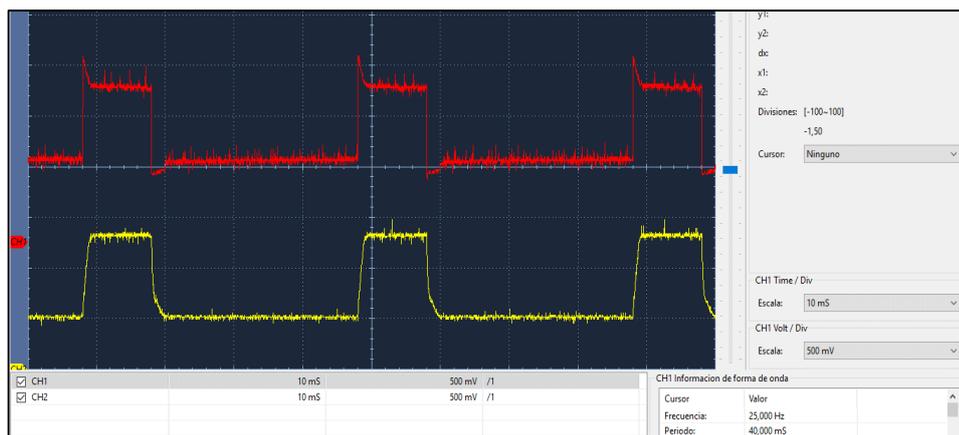


Figura 194: Curvas de voltaje y corriente 200 bar, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 3000 rpm.

En la figura 194 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 9 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 25% y a 3000 rpm en un período de 40 milisegundos, con una apertura de 10 milisegundos y un tiempo de cierre de 30 milisegundos.

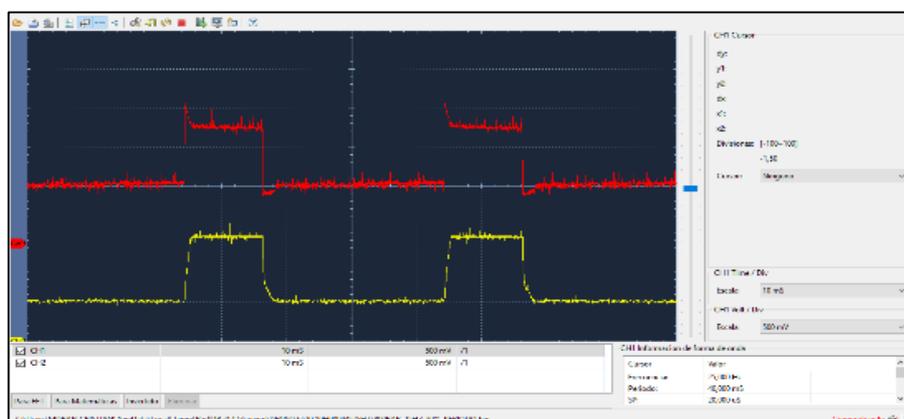


Figura 195: Curvas de voltaje y corriente 200 bar, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 3000 rpm.

En la figura 195 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 11 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 25% y a 3000 rpm en un período de 40 milisegundos, con una apertura de 12 milisegundos y un tiempo de cierre de 28 milisegundos.

d) Delphi inductivo**Número de serie:** VQ5CB56B99**Vehículo:****Resistencia:** 0,5 Ohmios**Escala osciloscopio:** Pinza Amperimétrica amperimétrica cada 100mv/1A; Puntas de Osciloscopio x10V.**Ángulo de disparo**

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

$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{6,5}{40}\right) = 9,23^\circ$$

Ángulo de dispersión

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

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{7 + 3}{40}\right) - \arctan\left(\frac{3}{40}\right)$$

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

$$\gamma_T \quad \beta = 9,06^\circ$$

Tabla 49. Prueba de inyector Delphi VQ5CB56B99 a 3000 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.

Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
(bar)	(bar)	(mm)	(mm)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
200	180	13	6	9,06	9,5	10	7	4	0,5	3,5	36,00	40,0	25	3000	10	8
200	140	23	9	9,06	8,25	10	7,25	8	0,5	7,5	32,00	40,0	25	3000	20	8
200	120	27	10	9,06	7,75	10	7,25	10	0,5	9,5	30,00	40,0	25	3000	25	8
200	110	28	12	9,06	7,5	10	7,25	12	0,5	11,5	28,00	40,0	25	3000	30	8
400	260	25	7	9,06	9	10	7	4	0,5	3,5	36,00	40,0	25	3000	10	8
400	200	37	10	9,06	8	10	7,25	8	0,5	7,5	32,00	40,0	25	3000	20	8
400	180	47	12	9,06	8	10	7	10	0,5	9,5	30,00	40,0	25	3000	25	8
400	160	51	13	9,06	7,5	10	7	12	0,5	11,5	28,00	40,0	25	3000	30	8
600	400	32	9	9,06	8,75	10	7	4	0,5	3,5	36,00	40,0	25	3000	10	8
600	270	50	12	9,06	8,5	11	7	8	0,5	7,5	32,00	40,0	25	3000	20	8
600	240	56	13	9,06	8,25	10	7	10	0,5	9,5	30,00	40,0	25	3000	25	8
600	210	67	15	9,06	8	10	7	12	0,5	11,5	28,00	40,0	25	3000	30	8
800	500	37	12	9,06	9	10	7	4	0,5	3,5	36,00	40,0	25	3000	10	8
800	350	55	14	9,06	9	10,5	7,5	8	0,5	7,5	32,00	40,0	25	3000	20	8
800	300	64	17	9,06	8,25	10	7	10	0,5	9,5	30,00	40,0	25	3000	25	8
800	250	72	19	9,06	8,25	10	7	12	0,5	11,5	28,00	40,0	25	3000	30	8
1000	600	41	12	9,06	9	10	7	4	0,5	3,5	36,00	40,0	25	3000	10	8
1000	400	63	17	9,06	9	10	7,5	8	0,5	7,5	32,00	40,0	25	3000	20	8
1000	350	69	18	9,06	8,25	10	7,25	10	0,5	9,5	30,00	40,0	25	3000	25	8
1000	300	75	19	9,06	8,25	10	7	12	0,5	11,5	28,00	40,0	25	3000	30	8

En la tabla 49 se observa la variación de presión para cada una de las pruebas, el ciclo de trabajo es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector con voltaje de consumo promedio de 10 Voltios y corriente de consumo promedio de 7 Amperios.

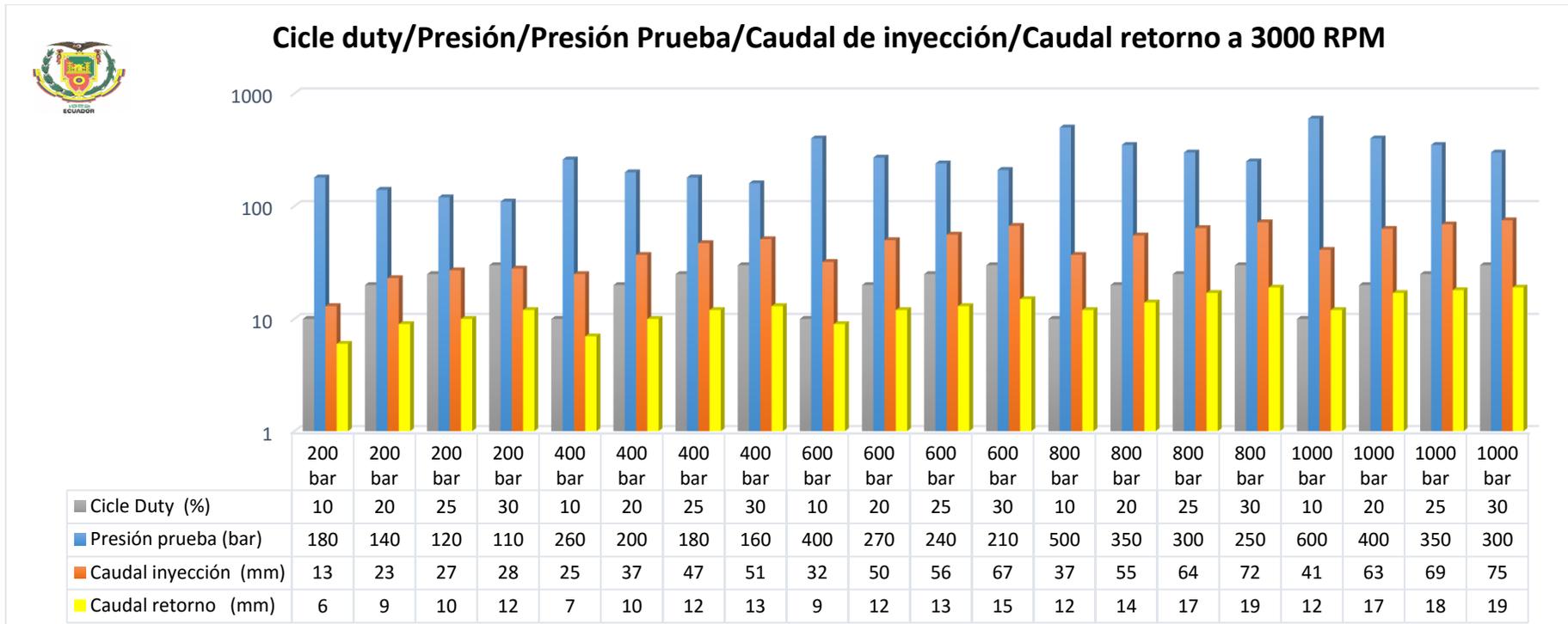


Figura 196: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo inyector Delphi VQ5CB56B99 a 3000 rpm.

La figura 196 se observa una variación de la presión de prueba por el efecto de la apertura del inyector, el valor más alto de caudal de inyección y retorno se encuentra en la prueba 4 a 1000 bar y un ciclo de trabajo del 30% con 75 y 19 ml, los valores están tabulados en la tabla 49, el caudal de inyección y retorno son directamente proporcionales al ciclo de trabajo y tiene una relación de 3 a 1 en cada presión de prueba, el tiempo que se realizó el ensayo es de 8 seg.

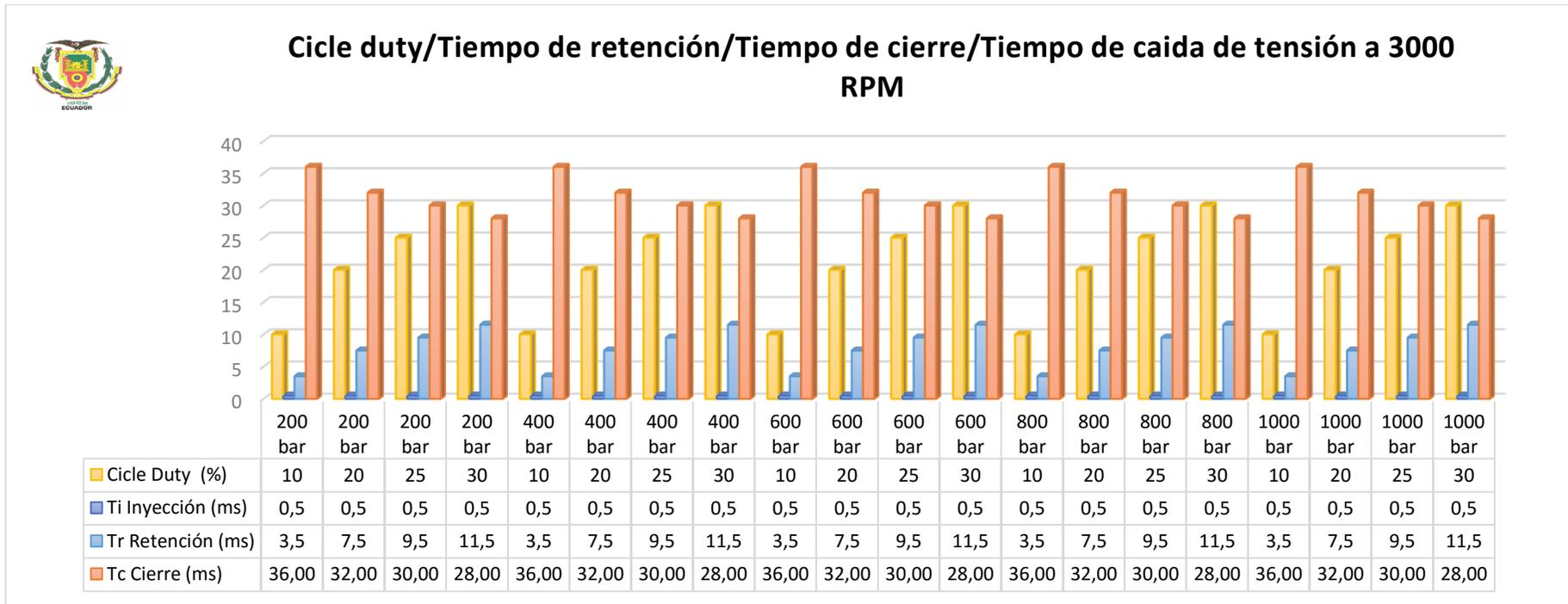


Figura 197: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 3000 rpm.

En la figura 197 se observa que el tiempo de inyección es constante para todas las pruebas que está sujeto el inyector, tanto así el tiempo de cierre decae a medida que se aumenta el ciclo de trabajo, se puede apreciar que el tiempo de retención es el mismo en el ciclo de trabajo, sea para 200 o 1000 bares de presión, de igual manera sucede con el tiempo de cierre, es proporcional al ciclo de trabajo y la presión es independiente al control de inyección.

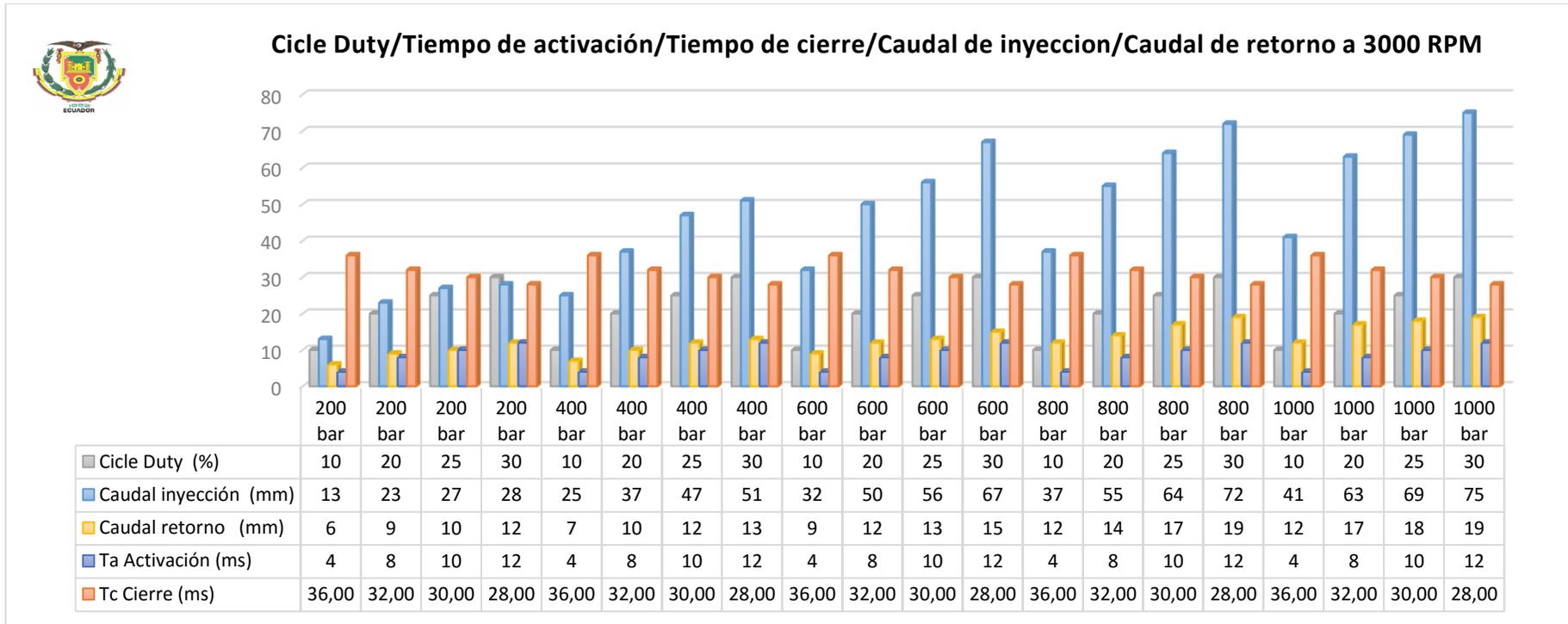


Figura 198: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 3000 rpm.

En la figura 198 se puede apreciar que el caudal de inyección y retorno es directamente proporcional a la presión, el tiempo de activación es directamente proporcional al ciclo de trabajo, e inversamente proporcional al tiempo de cerrado del inyector a cada prueba de trabajo, en la prueba 4 a 1000 bar y con un ciclo de trabajo de 30% se tiene el mayor caudal de inyección y retorno con 75 y 19 ml y en tiempo de activación se tiene en la prueba 4 a 30% de ciclo de trabajo, a distinta presión de prueba de ensayo con 12 ms y un menor tiempo de cierre de 28 ms.

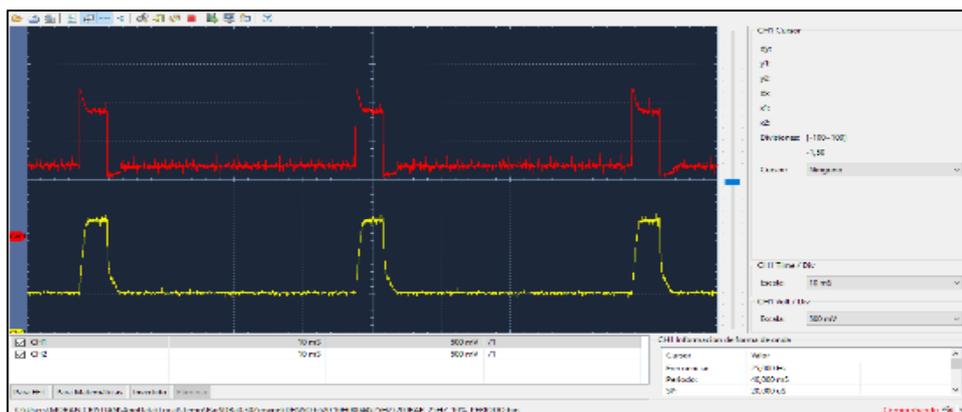


Figura 199: Curvas de voltaje y corriente, 25Hz, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 3000 rpm.

En la figura 199 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 3 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 10% de y a 3000 rpm en un período de 40 milisegundos, con una apertura de 4 milisegundos y un tiempo de cierre de 36 milisegundos.

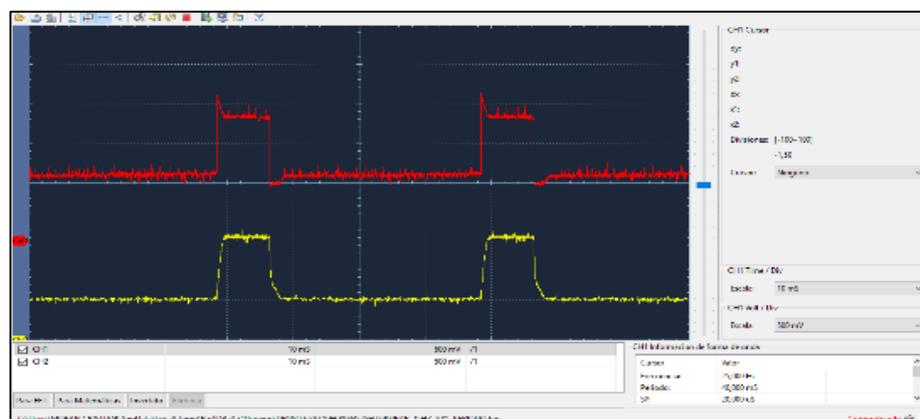


Figura 200: Curvas de voltaje y corriente, 25Hz, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 3000 rpm.

En la figura 200 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 7 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 20% y a 3000 rpm en un período de 40 milisegundos, con una apertura de 8 milisegundos y un tiempo de cierre de 32milisegundos.

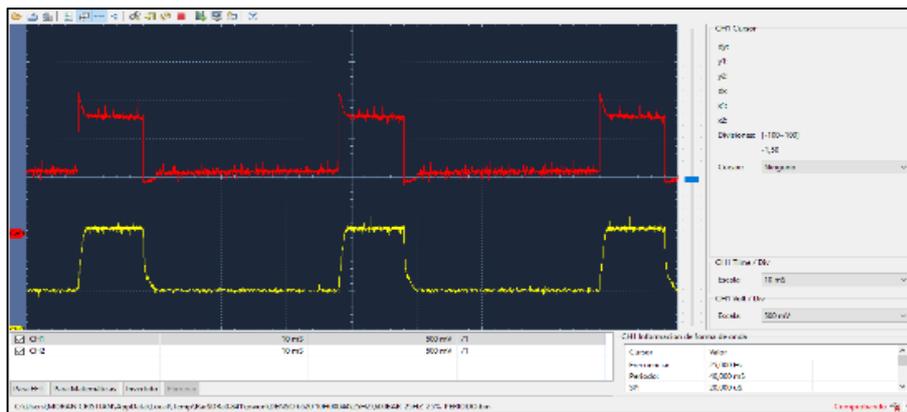


Figura 201: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 3000 rpm.

En la figura 201 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 9 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 25% y a 3000 rpm en un período de 40 milisegundos, con una apertura de 10 milisegundos y un tiempo de cierre de 30 milisegundos.

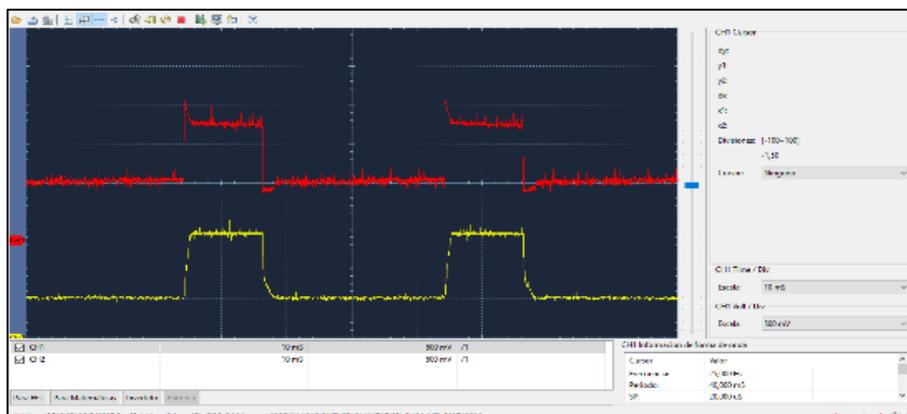


Figura 202: Curvas de Voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 3000 rpm.

En la figura 202 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 11 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 25% y a 3000 rpm en un período de 40 milisegundos, con una apertura de 12 milisegundos y un tiempo de cierre de 28 milisegundos.

Tabla 50.

Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 200 bar de presión a 3000 rpm.

	Presión	Presión	Caudal	Caudal	ángulo	Corriente	Voltaje	Voltaje	Ta	Ti	Tr	Tc	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo
	(bar)	(bar)	(mm ³)	(mm ³)	(°)	(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
Bosch	200	150	28	10	9,74	14	11	7	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
0445110070	200	150	36	12	9,74	14	11	7,5	12	1	11	28,00	40,0	25	3000	30	8
	200	180	8	4	9,42	7,75	10	5,5	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
	200	150	16	8	9,42	7,75	10	5,5	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
Bosch	200	140	18	9	9,42	7,5	10	5,5	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
0445110250	200	130	22	11	9,42	7,5	10	5,5	12	1	11	28,00	40,0	25	3000	30	8
	200	180	12	5	9,3	9,5	10	7	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
	200	140	22	8	9,3	8,25	10	7,25	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
Denso 6520	200	120	26	9	9,3	7,75	10	7,25	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
10H0044	200	110	27	11	9,3	7,5	10	7,25	12,1	1	11,1	27,90	40,0	25	3000	30	8
	200	180	13	6	9,06	9,5	10	7	4	0,5	3,5	36,00	40,0	25	3000	10	8
	200	140	23	9	9,06	8,25	10	7,25	8	0,5	7,5	32,00	40,0	25	3000	20	8
Delphi	200	120	27	10	9,06	7,75	10	7,25	10	0,5	9,5	30,00	40,0	25	3000	25	8
VQ5CB56B99	200	110	28	12	9,06	7,5	10	7,25	12	0,5	11,5	28,00	40,0	25	3000	30	8

En la tabla 50 la presión de prueba es de 200 bar a 3000 rpm, para el análisis de los 4 inyectores, los ángulos de pulverización varían por cada inyector, el tiempo de activación se mantiene para los cuatro tipos de inyectores, de acuerdo al ciclo de trabajo y es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector.

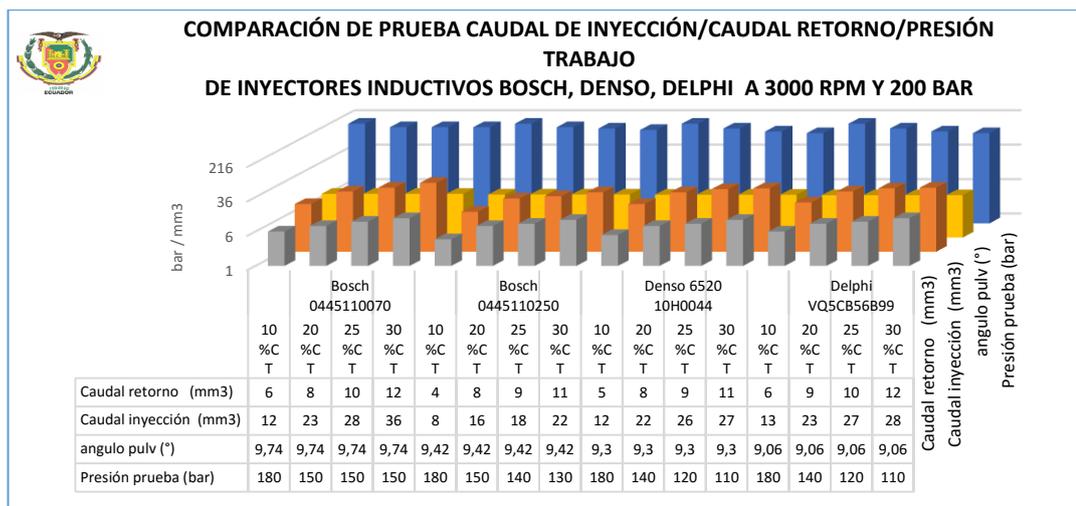


Figura 203: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 200 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, al 30% de ciclo duty y un mayor retorno en el inyector Delphi con 14 ml al 30% de apertura de la aguja, en los ensayos se observa una variación en la presión por el inicio de inyección para cada ciclo de trabajo.

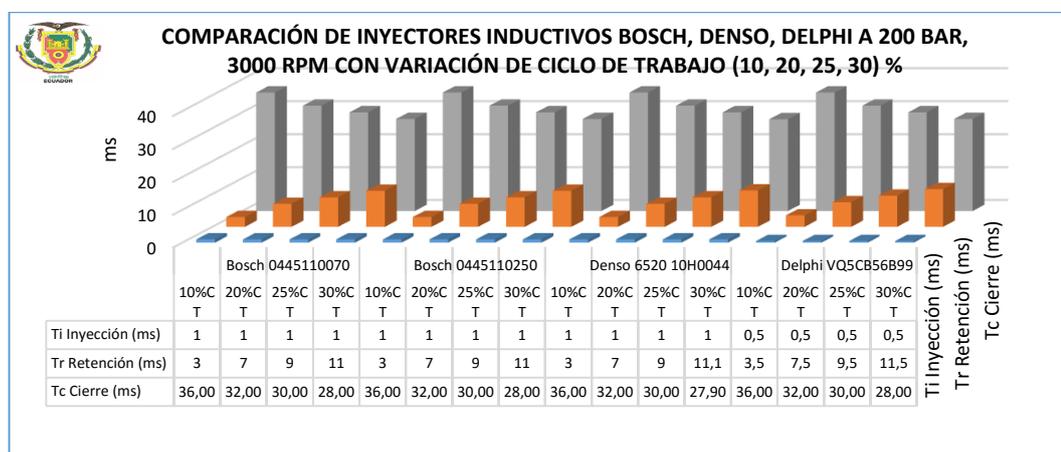


Figura 204: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 200 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

El inyector Delphi presenta un tiempo de inyección de 0,5 milisegundo, a diferencia de los otros 3 inyectores que tienen un tiempo de apertura de la aguja del inyector de 1 milisegundo el ciclo de trabajo es directamente proporcional al tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector.

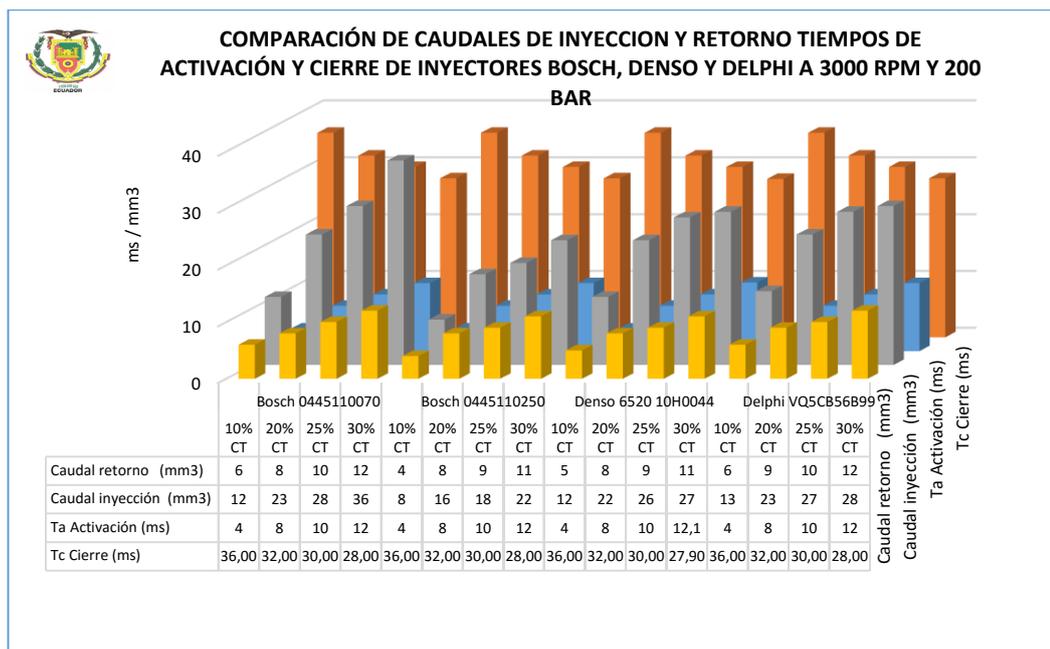


Figura 205: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 200 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Denso 652010H044 del vehículo Hino dutro para cada una de las pruebas, el menor caudal de retorno se muestra en el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, se tiene un periodo de 142, 8 ms que tarda en abrir y cerrar la aguja del inyector a ralentí.

Análisis y conclusiones

- Las pruebas a 200 bar, a 3000 rpm del motor, con variaciones de ciclo de trabajo entre 10 a 30% de apertura del inyector, obteniendo una relación de 2 a 1 en caudal de inyección y retorno.
- En prueba a 200 bar se observa que al 10 % de ciclo de trabajo se obtiene un tiempo de activación de 14,30 milisegundos y un caudal de inyección de 9 ml en comparación al 30 % de ciclo de trabajo se consigue un tiempo de 42,8 milisegundos con un caudal de inyección de 26 ml, hay una diferencia entre el (10 y 30) % de 28,5 milisegundos y una proporción de caudal de inyección 17 ml.
- Se puede controlar el tiempo de apertura de los inyectores, se observa que los 4 inyectores a prueba presentan similares características en tiempos de activación, tiempos de cierre, el caudal de retorno y caudal de inyección varía de acuerdo al ciclo de trabajo.

Tabla 51.

Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 400 bar de presión a 3000 rpm

	Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
	(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
Bosch 0445110070	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
Bosch 0445110250	400	300	16	6	9,42	7,25	10	5,5	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
	400	250	29	8	9,42	7,25	10	5,5	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
	400	220	35	10	9,42	7	10	5,5	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
	400	200	37	11	9,42	7	10	5,5	12	1	11	28,00	40,0	25	3000	30	8
Denso 6520 10H0044	400	260	24	6	9,3	9	10	7	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
	400	200	38	9	9,3	8	10	7,25	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
	400	180	46	11	9,3	8	10	7	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
	400	160	52	12	9,3	7,5	10	7	12,1	1	11,1	27,90	40,0	25	3000	30	8
Delphi VQ5CB56B99	400	260	25	7	9,06	9	10	7	4	0,5	3,5	36,00	40,0	25	3000	10	8
	400	200	37	10	9,06	8	10	7,25	8	0,5	7,5	32,00	40,0	25	3000	20	8
	400	180	47	12	9,06	8	10	7	10	0,5	9,5	30,00	40,0	25	3000	25	8
	400	160	51	13	9,06	7,5	10	7	12	0,5	11,5	28,00	40,0	25	3000	30	8

En la tabla 51 la presión de prueba es de 400 bar a 3000 rpm, para el análisis de los 4 inyectores, los ángulos de pulverización varían por cada inyector, el tiempo de activación se mantiene para los cuatro tipos de inyectores, de acuerdo al ciclo de trabajo y es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector.

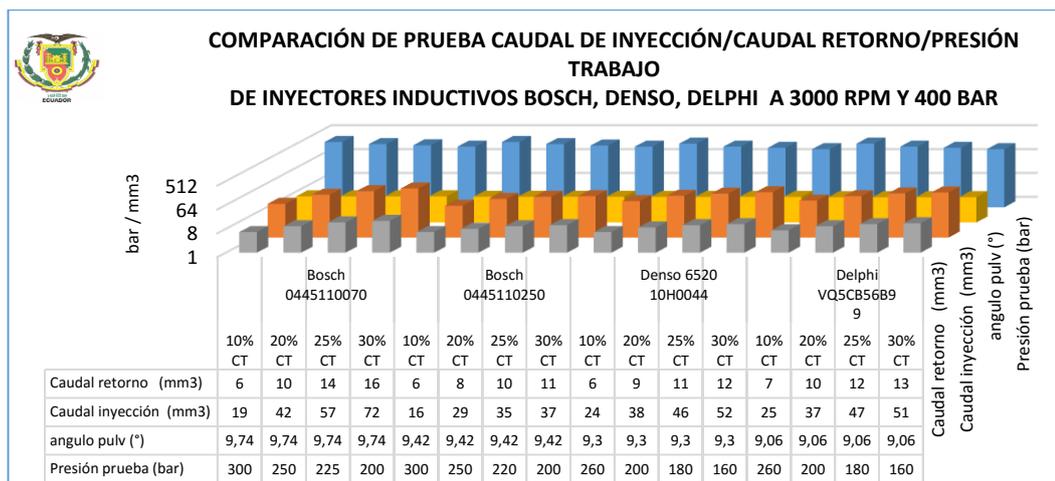


Figura 206: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 400 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, al 30% de ciclo duty y un mayor retorno en el inyector Delphi con 13 ml al 30% de apertura de la aguja, en los ensayos se observa una variación en la presión por el inicio de inyección para cada ciclo de trabajo.

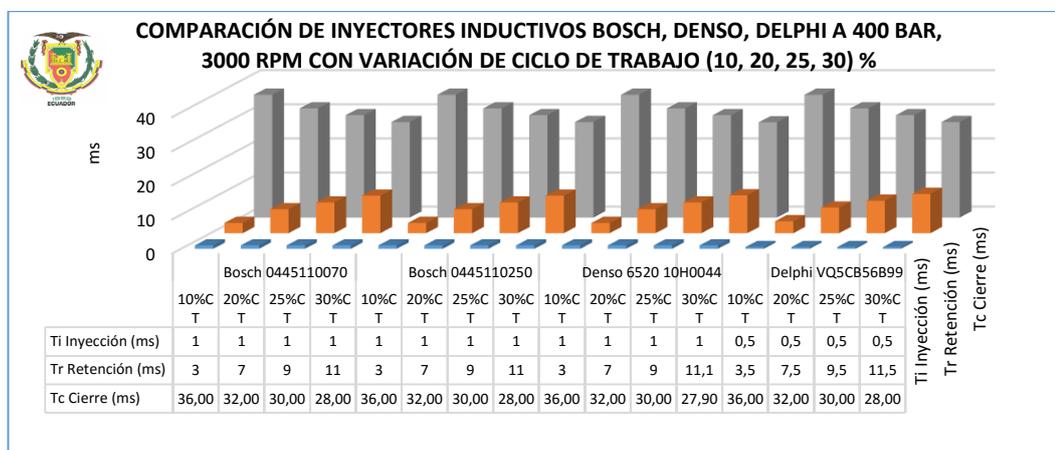


Figura 207: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 400 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

El inyector Delphi presenta un tiempo de inyección de 0,5 milisegundo, a diferencia de los otros 3 inyectores que tienen un tiempo de apertura de la aguja del inyector de 1 milisegundo el ciclo de trabajo es directamente proporcional al tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector.

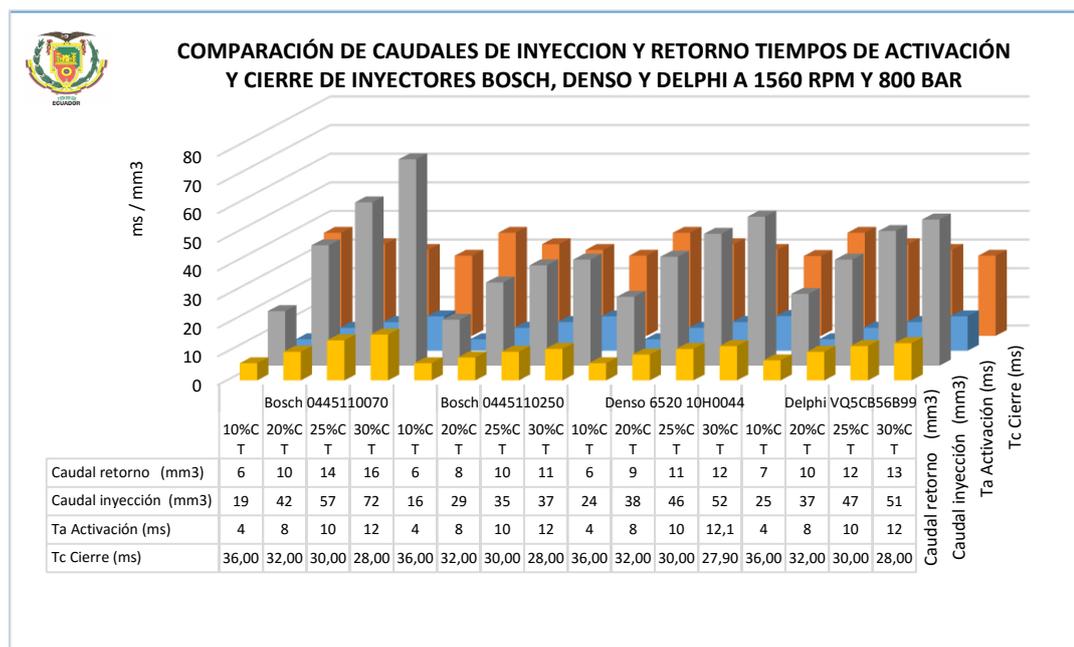


Figura 208: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 400 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Denso 652010H044 del vehículo Hino dutro para cada una de las pruebas, el menor caudal de retorno se muestra en el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, se tiene un periodo de 76,9 ms que tarda en abrir y cerrar la aguja del inyector a ralentí.

Análisis y conclusiones

- Las pruebas a 400 bar, a 3000 rpm del motor, con variaciones de ciclo de trabajo entre 10 a 30% de apertura del inyector, obteniendo una relación de 3 a 1 en caudal de inyección y retorno.
- En prueba a 400 bar se observa que al 10 % de ciclo de trabajo se obtiene un tiempo de activación de 7,8 milisegundos y un caudal de inyección de 23 ml en comparación al 30 % de ciclo de trabajo se consigue un tiempo de 20,8 milisegundos con un caudal de inyección de 53 ml, hay una diferencia entre el (10 y 30) % de 13 milisegundos y una proporción de caudal de inyección 30 ml.
- Se puede controlar el tiempo de apertura de los inyectores, se observa que los 4 inyectores a prueba presentan similares características en tiempos de activación, tiempos de cierre, el caudal de retorno y caudal de inyección varía de acuerdo al ciclo de trabajo.

Tabla 52.

Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 600 bar de presión a 3000 rpm.

	Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
	(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
Bosch 0445110070	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
Bosch 0445110250	600	250	63	14	9,74	14	11	7,5	12	1	11	28,00	40,0	25	3000	30	8
	600	450	21	7	9,42	7	10	5,25	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
	600	350	36	10	9,42	6,25	10	5,5	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
	600	320	41	11	9,42	6,25	10	5,5	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
Denso 6520 10H0044	600	300	49	12	9,42	7,25	10	5,5	12	1	11	28,00	40,0	25	3000	30	8
	600	400	31	8	9,3	8,75	10	7	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
	600	270	49	11	9,3	8,5	11	7	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
	600	240	55	12	9,3	8,25	10	7	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
Delphi VQ5CB56B99	600	210	66	14	9,3	8	10	7	12	1	11	28,00	40,0	25	3000	30	8
	600	400	32	9	9,06	8,75	10	7	4	0,5	3,5	36,00	40,0	25	3000	10	8
	600	270	50	12	9,06	8,5	11	7	8	0,5	7,5	32,00	40,0	25	3000	20	8
	600	240	56	13	9,06	8,25	10	7	10	0,5	9,5	30,00	40,0	25	3000	25	8
	600	210	67	15	9,06	8	10	7	12	0,5	11,5	28,00	40,0	25	3000	30	8

En la tabla 52 la presión de prueba es de 600 bar a 3000 rpm, para el análisis de los 4 inyectores, los ángulos de pulverización varían por cada inyector, el tiempo de activación se mantiene para los cuatro tipos de inyectores, de acuerdo al ciclo de trabajo y es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector

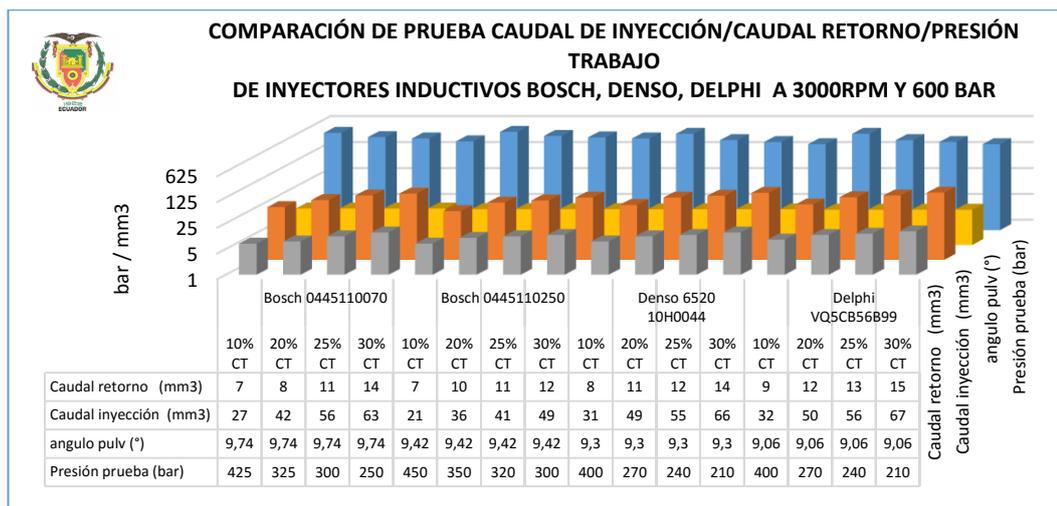


Figura 209: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 600 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, al 30% de ciclo duty y un mayor retorno en el inyector Delphi con 13 ml al 30% de apertura de la aguja, en los ensayos se observa una variación en la presión por el inicio de inyección para cada ciclo de trabajo.

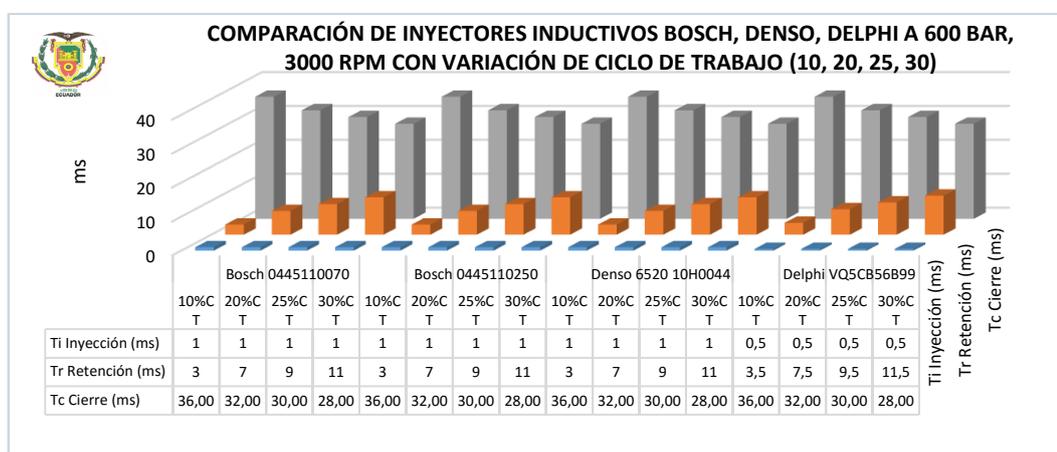


Figura 210: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 600 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

El inyector Delphi presenta un tiempo de inyección de 0,5 milisegundo, a diferencia de los otros 3 inyectores que tienen un tiempo de apertura de la aguja del inyector de 1 milisegundo el ciclo de trabajo es directamente proporcional al tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector

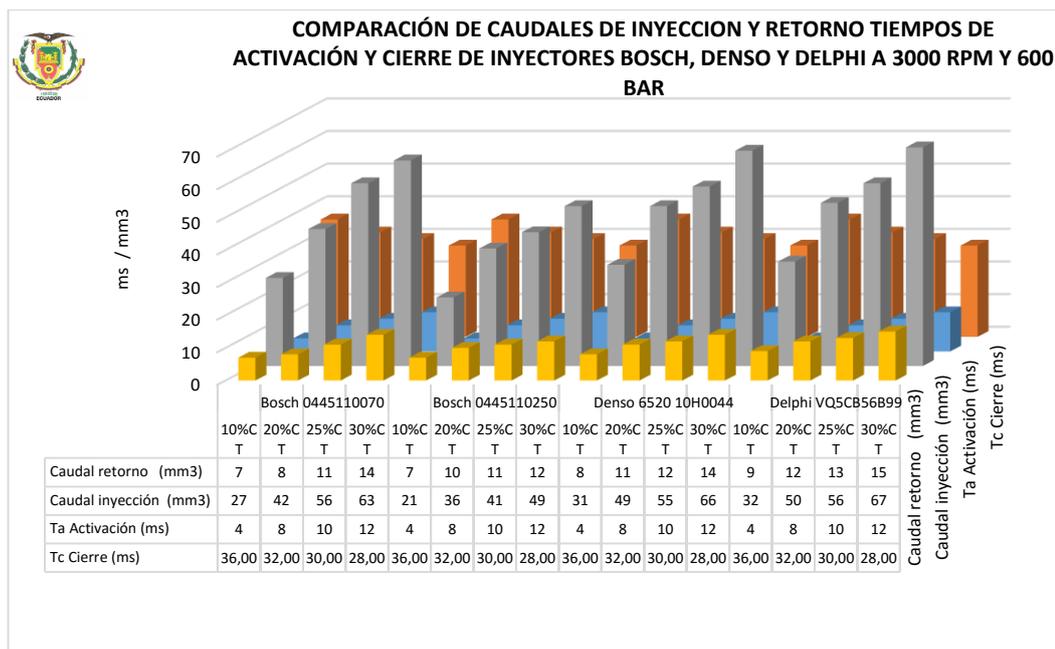


Figura 211: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 600 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Denso 652010H044 del vehículo Hino dutro para cada una de las pruebas, el menor caudal de retorno se muestra en el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, se tiene un periodo de 76,9 ms que tarda en abrir y cerrar la aguja del inyector a ralentí.

Análisis y conclusiones

- Las pruebas a 600 bar, a 3000 rpm del motor, con variaciones de ciclo de trabajo entre 10 a 30% de apertura del inyector, obteniendo una relación de 3 a 1 en caudal de inyección y retorno.
- En prueba a 600 bar se observa que al 10 % de ciclo de trabajo se obtiene un tiempo de activación de 7,8 milisegundos y un caudal de inyección de 23 ml en comparación al 30 % de ciclo de trabajo se consigue un tiempo de 20,8 milisegundos con un caudal de inyección de 53 ml, hay una diferencia entre el (10 y 30) % de 13 milisegundos y una proporción de caudal de inyección 30 ml.
- Se puede controlar el tiempo de apertura de los inyectores, se observa que los 4 inyectores a prueba presentan similares características en tiempos de activación, tiempos de cierre, el caudal de retorno y caudal de inyección varía de acuerdo al ciclo de trabajo.

Tabla 53.

Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 800 bar de presión a 3000 rpm.

	Presión	Presión	Caudal	Caudal	ángulo	Corriente	Voltaje	Voltaje	Ta	Ti	Tr	Tc	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo
	(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
Bosch	800	550	31	10	9,74	16	11	7	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
0445110070	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
Bosch	800	600	25	7	9,42	6,75	10	5,5	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
0445110250	800	450	43	10	9,42	6,5	10	5,5	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
	800	400	50	12	9,42	6,5	10	5,25	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
	800	350	57	13	9,42	8,5	10	5,75	12	1	11	28,00	40,0	25	3000	30	8
Denso 6520	800	500	36	11	9,3	9	10	7	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
10H0044	800	350	54	13	9,3	9	10,5	7,5	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
	800	300	63	16	9,3	8,25	10	7	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
	800	250	71	18	9,3	8,25	10	7	12	1	11	28,00	40,0	25	3000	30	8
Delphi	800	500	37	12	9,06	9	10	7	4	0,5	3,5	36,00	40,0	25	3000	10	8
VQ5CB56B99	800	350	55	14	9,06	9	10,5	7,5	8	0,5	7,5	32,00	40,0	25	3000	20	8
	800	300	64	17	9,06	8,25	10	7	10	0,5	9,5	30,00	40,0	25	3000	25	8
	800	250	72	19	9,06	8,25	10	7	12	0,5	11,5	28,00	40,0	25	3000	30	8

En la tabla 53 la presión de prueba es de 800 bar a 3000 rpm, para el análisis de los 4 inyectores, los ángulos de pulverización varían por cada inyector, el tiempo de activación se mantiene para los cuatro tipos de inyectores, de acuerdo al ciclo de trabajo y es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector.

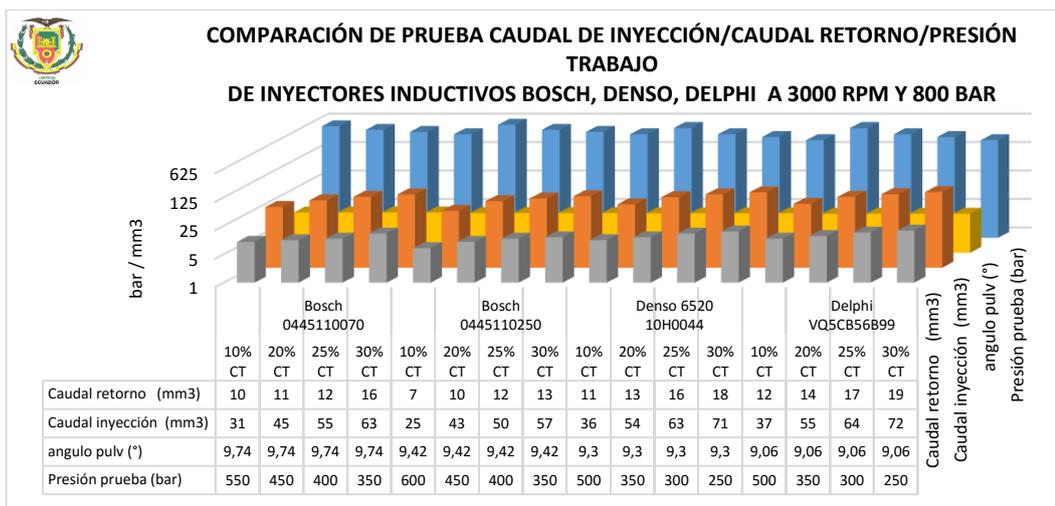


Figura 212: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 800 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, al 30% de ciclo duty y un mayor retorno en el inyector Delphi con 13 ml al 30% de apertura de la aguja, en los ensayos se observa una variación en la presión por el inicio de inyección para cada ciclo de trabajo

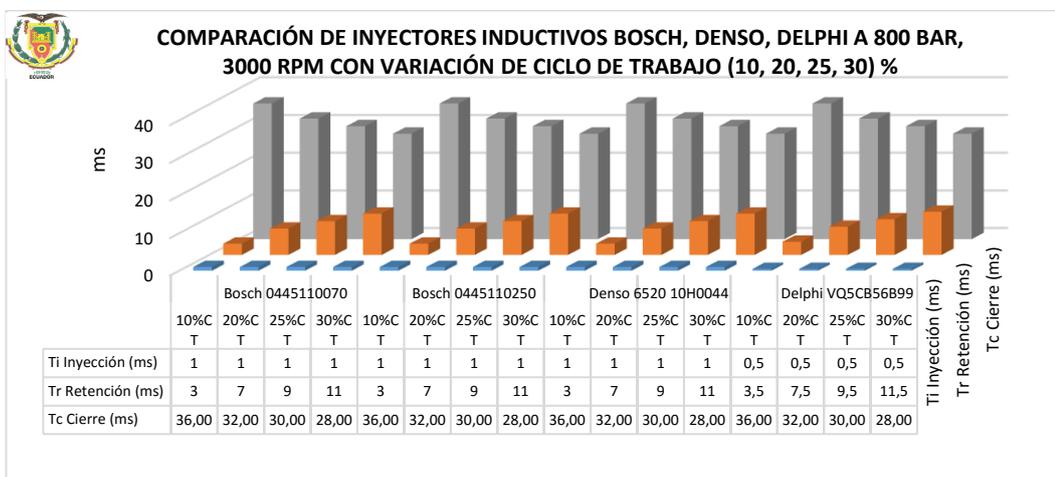


Figura 213: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 800 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

El inyector Delphi presenta un tiempo de inyección de 0,5 milisegundo, a diferencia de los otros 3 inyectores que tienen un tiempo de apertura de la aguja del inyector de 1 milisegundo el ciclo de trabajo es directamente proporcional al tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector.

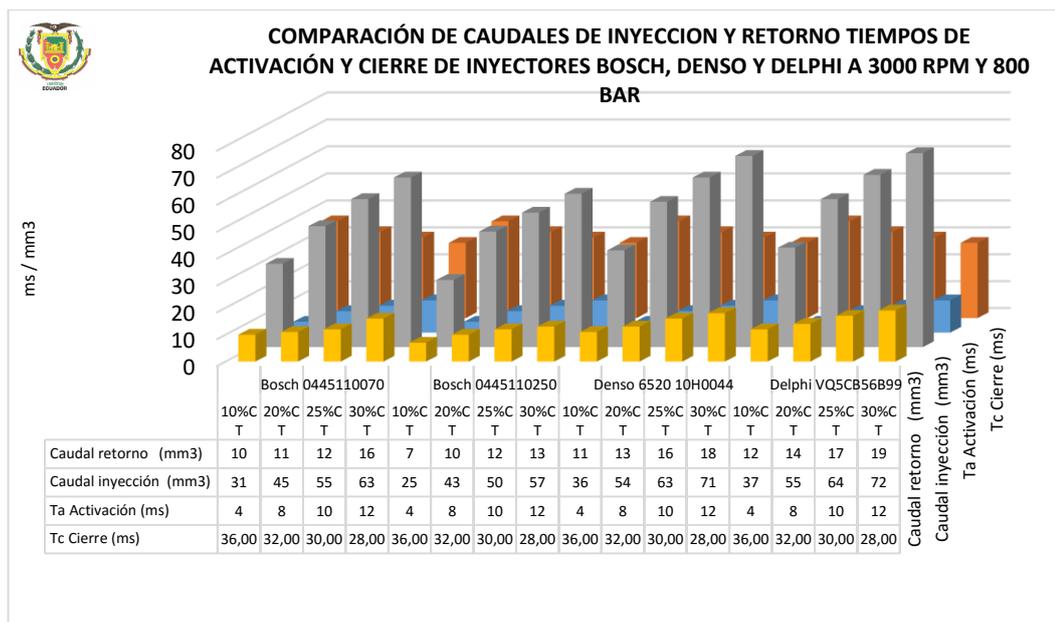


Figura 214: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 800 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Denso 652010H044 del vehículo Hino dutro para cada una de las pruebas, el menor caudal de retorno se muestra en el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, se tiene un periodo de 76,9 ms que tarda en abrir y cerrar la aguja del inyector a ralentí.

Análisis y conclusiones

- Las pruebas a 800 bar, a 3000 rpm del motor, con variaciones de ciclo de trabajo entre 10 a 30% de apertura del inyector, obteniendo una relación de 3 a 1 en caudal de inyección y retorno.
- En prueba a 800 bar se observa que al 10 % de ciclo de trabajo se obtiene un tiempo de activación de 7,8 milisegundos y un caudal de inyección de 23 ml en comparación al 30 % de ciclo de trabajo se consigue un tiempo de 20,8 milisegundos con un caudal de inyección de 53 ml, hay una diferencia entre el (10 y 30) % de 13 milisegundos y una proporción de caudal de inyección 30 ml.
- Se puede controlar el tiempo de apertura de los inyectores, se observa que los 4 inyectores a prueba presentan similares características en tiempos de activación, tiempos de cierre, el caudal de retorno y caudal de inyección varía de acuerdo al ciclo de trabajo.

Tabla 54.

Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 1000 bar de presión a 3000 rpm.

	Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
	(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
Bosch	1000	700	32	8	9,74	16	11	7	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
0445110070	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
Bosch	1000	740	30	9	9,42	6,5	10	5,5	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
0445110250	1000	580	50	12	9,42	6,25	10	5,5	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
	1000	500	60	13	9,42	6,25	10	5,5	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
	1000	460	68	15	9,42	6,25	10	5,5	12	1	11	28,00	40,0	25	3000	30	8
Denso 6520	1000	600	40	11	9,3	9	10	7	4	1	3	36,00	40,0	25	3000	10	8
10H0044	1000	400	62	16	9,3	9	10	7,5	8	1	7	32,00	40,0	25	3000	20	8
	1000	350	68	17	9,3	8,25	10	7,25	10	1	9	30,00	40,0	25	3000	25	8
	1000	300	74	18	9,3	8,25	10	7	12	1	11	28,00	40,0	25	3000	30	8
Delphi	1000	600	41	12	9,06	9	10	7	4	0,5	3,5	36,00	40,0	25	3000	10	8
VQ5CB56B99	1000	400	63	17	9,06	9	10	7,5	8	0,5	7,5	32,00	40,0	25	3000	20	8
	1000	350	69	18	9,06	8,25	10	7,25	10	0,5	9,5	30,00	40,0	25	3000	25	8
	1000	300	75	19	9,06	8,25	10	7	12	0,5	11,5	28,00	40,0	25	3000	30	8

En la tabla 54 la presión de prueba es de 1000 bar a 3000 rpm, para el análisis de los 4 inyectores, los ángulos de pulverización varían por cada inyector, el tiempo de activación se mantiene para los cuatro tipos de inyectores, de acuerdo al ciclo de trabajo y es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector

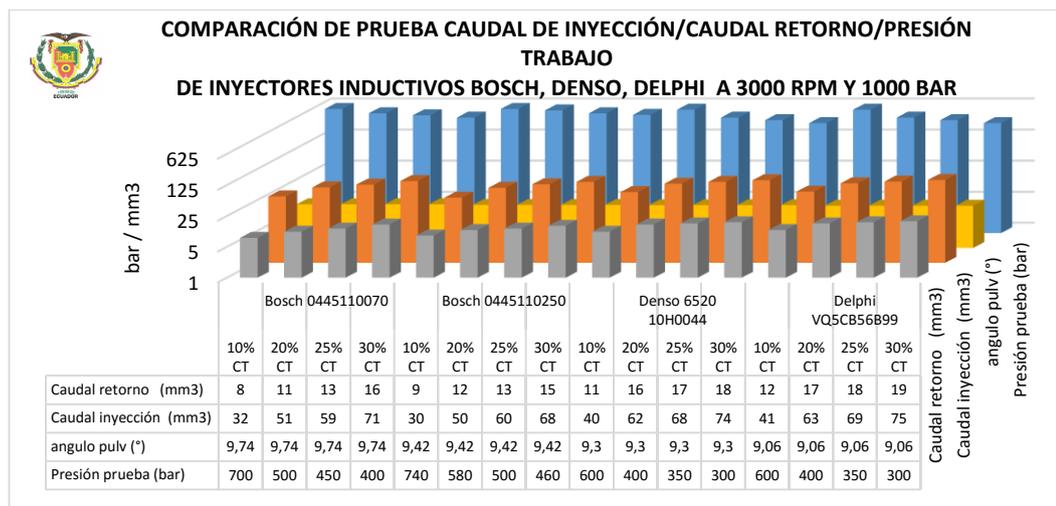


Figura 215: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 1000 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, al 30% de ciclo duty y un mayor retorno en el inyector Delphi con 13 ml al 30% de apertura de la aguja, en los ensayos se observa una variación en la presión por el inicio de inyección para cada ciclo de trabajo.

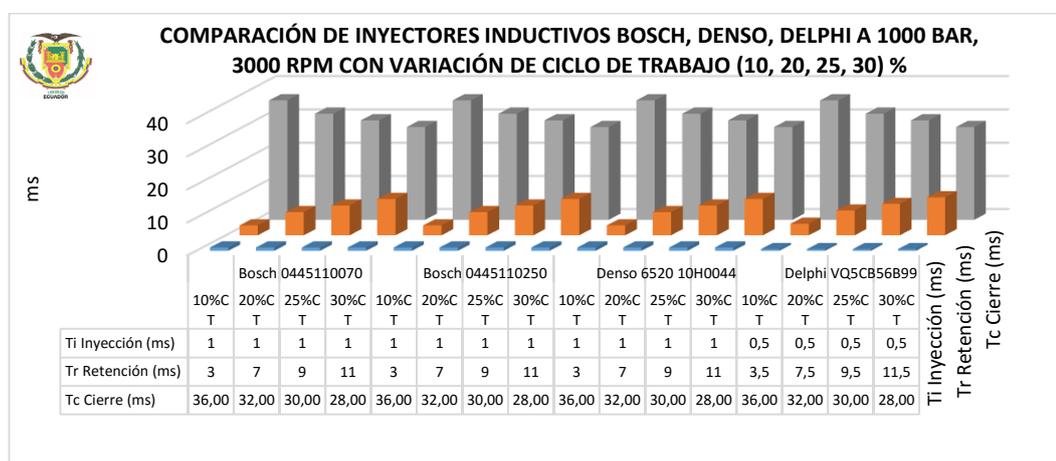


Figura 216: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 1000 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

El inyector Delphi presenta un tiempo de inyección de 0,5 milisegundo, a diferencia de los otros 3 inyectores que tienen un tiempo de apertura de la aguja del inyector de 1 milisegundo el ciclo de trabajo es directamente proporcional al tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector

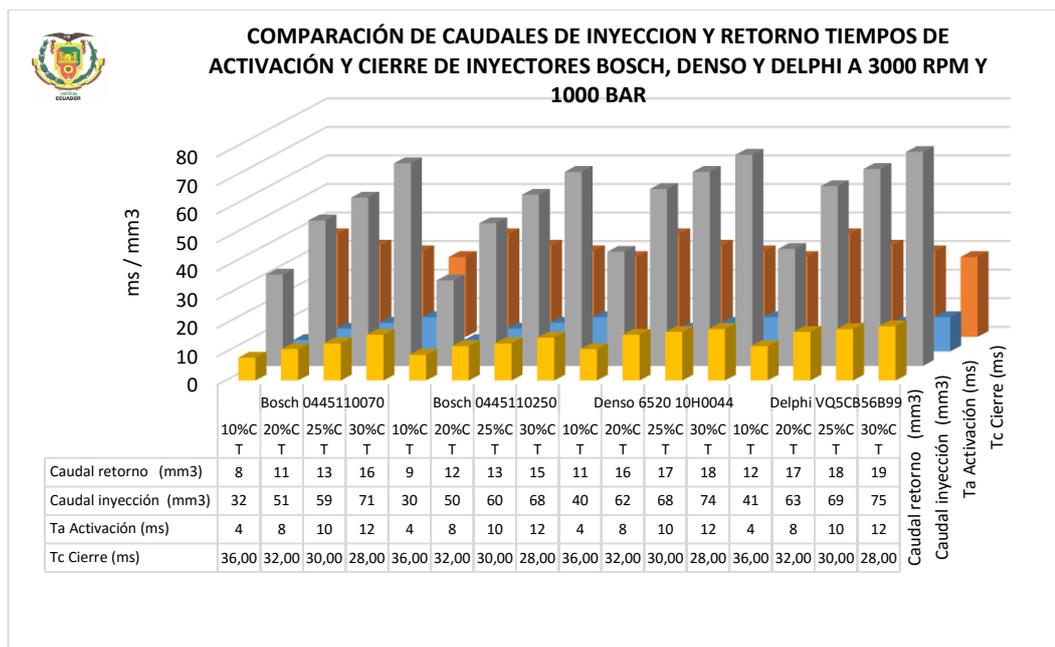


Figura 217: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 1000 bar y 3000 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Denso 652010H044 del vehículo Hino dutro para cada una de las pruebas, el menor caudal de retorno se muestra en el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, se tiene un periodo de 76,9 ms que tarda en abrir y cerrar la aguja del inyector a ralentí.

Análisis y conclusiones

- Las pruebas a 1000 bar, a 3000 rpm del motor, con variaciones de ciclo de trabajo entre 10 a 30% de apertura del inyector, obteniendo una relación de 3 a 1 en caudal de inyección y retorno.
- En prueba a 1000 bar se observa que al 10 % de ciclo de trabajo se obtiene un tiempo de activación de 7,8 milisegundos y un caudal de inyección de 23 ml en comparación al 30 % de ciclo de trabajo se consigue un tiempo de 20,8 milisegundos con un caudal de inyección de 53 ml, hay una diferencia entre el (10 y 30) % de 13 milisegundos y una proporción de caudal de inyección 30 ml.
- Se puede controlar el tiempo de apertura de los inyectores, se observa que los 4 inyectores a prueba presentan similares características en tiempos de activación, tiempos de cierre, el caudal de retorno y caudal de inyección varía de acuerdo al ciclo de trabajo.

4.9. Pruebas de inyectores inductivos crdi a 840 RPM, a (200,400,600,800,1000) Bar.

<u>CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ ESPE LATACUNGA</u> <u>INFORME DE PRÁCTICA DEL EQUIPO DE DIAGNÓSTICO</u>		
Cristian Morán Rodrigo Passo	Práctica N° 05	2016/
Tema: Cálculos y medición de ciclo de trabajo a 4560 Rpm altas prestaciones.		Asignatura: Autotrónica III

Objetivos

- Conocer y verificar cada uno de los tiempos de activación y cierre mediante cálculos a 4560 rpm, y con variaciones de ciclos de trabajo entre (10, 20, 25, 30) % de cycle duty y comparar gráficamente mediante el osciloscopio.
- Obtener curvas características de corriente y voltaje para analizar los tiempos de activación de cada inyector.
- Realizar tablas de mediciones en hojas de cálculo de Excel para poder realizar una comparación a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.
- Realizar graficas en Excel mediante las tablas obtenidas a los diferentes ensayos de presiones y ciclos de trabajo.

Equipo

- Banco de comprobación de inyectores.
- Multímetro.
- Inyectores.
- Caja de herramientas.
- Osciloscopio
- Pinza amperimétrica amperimétrica
- Equipo de seguridad para manipular maquinaria (guantes, gafas mandil, zapatos industriales).
- Computador instalado el programa Owon.

Desarrollo de la Práctica

Realizar grupos de trabajo para la práctica de cálculos y medición de tiempos de apertura y cierre de los distintos inyectores inductivos crdi, el equipo se puede realizar la prueba de un inyector CRDI a la vez.

Todos los integrantes del equipo deben de poseer los respectivos implementos de seguridad, para realizar la práctica ya que están manipulando maquinaria a elevadas presiones y voltajes altos.

4.9.1. Cálculo de prueba a 4560 rpm altas prestaciones

Datos:

$N = 4560 \text{ Rpm}$

$$N = \frac{120000}{T}$$

$$4560 = \frac{120000}{T}$$

$$T = 26,32 \text{ ms}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = 37,99 \text{ Hz}$$

$$f = 38 \text{ Hz}$$

4.9.2. Cálculo del ciclo de trabajo (cicle duty 10%)

$CT = 10 \%$

$$CT = \frac{T_i}{T_i + T_c} \times 100$$

$$10 \% = \frac{T_i}{26,32 \text{ ms}} \times 100$$

$$T_i = 2,63 \text{ ms}$$

$$T_c = 23,69 \text{ ms}$$

4.9.3. Cálculo del ciclo de trabajo (cicle duty 20%)

$CT = 20 \%$

$$CT = \frac{T_i}{T_i + T_c} \times 100$$

$$20 \% = \frac{T_i}{26,32 \text{ ms}} \times 100$$

$$T_i = 5,26 \text{ ms}$$

$$T_c = 21,06 \text{ ms}$$

4.9.4. Cálculo del ciclo de trabajo (cicle duty 25%)

CT = 25 %

$$CT = \frac{T_i}{T_i + T_c} \times 100$$

$$25 \% = \frac{T_i}{26,32 \text{ ms}} \times 100$$

$$T_i = 6,58 \text{ ms}$$

$$T_c = 19,74 \text{ ms}$$

4.9.5. Cálculo del ciclo de trabajo (cicle duty 30%)

CT = 30 %

$$CT = \frac{T_i}{T_i + T_c} \times 100$$

$$30 \% = \frac{T_i}{26,32 \text{ ms}} \times 100$$

$$T_i = 7,90 \text{ ms}$$

$$T_c = 18,42 \text{ ms}$$

4.9.6. Cálculos de ángulos de inyección

a) Inyector inductivo Bosch

Número de serie: 0445110070

Vehículo: Terracan 2.0

Resistencia: 0,5 Ohmios

Escala osciloscopio: Pinza Amperimétrica amperimétrica cada 100mv/1A; Puntas de Osciloscopio x10V.

Ángulo de disparo

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

$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{6,5}{40}\right) = 9,23^\circ$$

Ángulo de dispersión

$$\gamma_T \quad \beta = 9,74^\circ$$

Tabla 55. Prueba de Inyector Bosch 0445110070 a 4560 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.

Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
(bar)	(bar)	(mm ³)	(mm ³)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
200	180	12	6	9,74	16	11	7	2,8	0,8	2	23,52	26,3	38	4560	10	8
200	150	23	10	9,74	16	11	7	5,1	0,8	4,3	21,22	26,3	38	4560	20	8
200	140	26	11	9,74	14	11	6,5	6,8	0,8	6	19,52	26,3	38	4560	25	8
200	130	53	21	9,74	14	11	7	8	0,8	7,2	18,32	26,3	38	4560	30	8
400	310	19	8	9,74	14	11	6,5	2,8	0,8	2	23,52	26,3	38	4560	10	8
400	240	32	10	9,74	14	11	7	5,1	0,8	4,3	21,22	26,3	38	4560	20	8
400	210	38	14	9,74	14	11	7	6,8	0,8	6	19,52	26,3	38	4560	25	8
400	190	42	16	9,74	14	11	6,5	8	0,8	7,2	18,32	26,3	38	4560	30	8
600	450	26	11	9,74	14	11	6,5	2,8	0,8	2	23,52	26,3	38	4560	10	8
600	320	40	12	9,74	14	11	6,5	5,1	0,8	4,3	21,22	26,3	38	4560	20	8
600	290	45	13	9,74	14	11	7	6,8	0,8	6	19,52	26,3	38	4560	25	8
600	250	51	15	9,74	14	11	7	8	0,8	7,2	18,32	26,3	38	4560	30	8
800	560	27	8	9,74	14	11	6,5	2,8	0,8	2	23,52	26,3	38	4560	10	8
800	410	40	12	9,74	14	11	7	5,1	0,8	4,3	21,22	26,3	38	4560	20	8
800	350	56	13	9,74	15	11	7	6,8	0,8	6	19,52	26,3	38	4560	25	8
800	320	59	15	9,74	13	11	6,5	8	0,8	7,2	18,32	26,3	38	4560	30	8
1000	700	32	10	9,74	15	11	7,5	2,8	0,8	2	23,52	26,3	38	4560	10	8
1000	510	58	11	9,74	15	11	7	5,1	0,8	4,3	21,22	26,3	38	4560	20	8
1000	450	61	12	9,74	14	11	7	6,8	0,8	6	19,52	26,3	38	4560	25	8
1000	400	69	14	9,74	14	11	6,5	8	0,8	7,2	18,32	26,3	38	4560	30	8

En la tabla 55 se observa la variación de presión para cada una de las pruebas, el ciclo de trabajo es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector con voltaje de consumo promedio de 11 Voltios y corriente de consumo promedio de 14 Amperios.

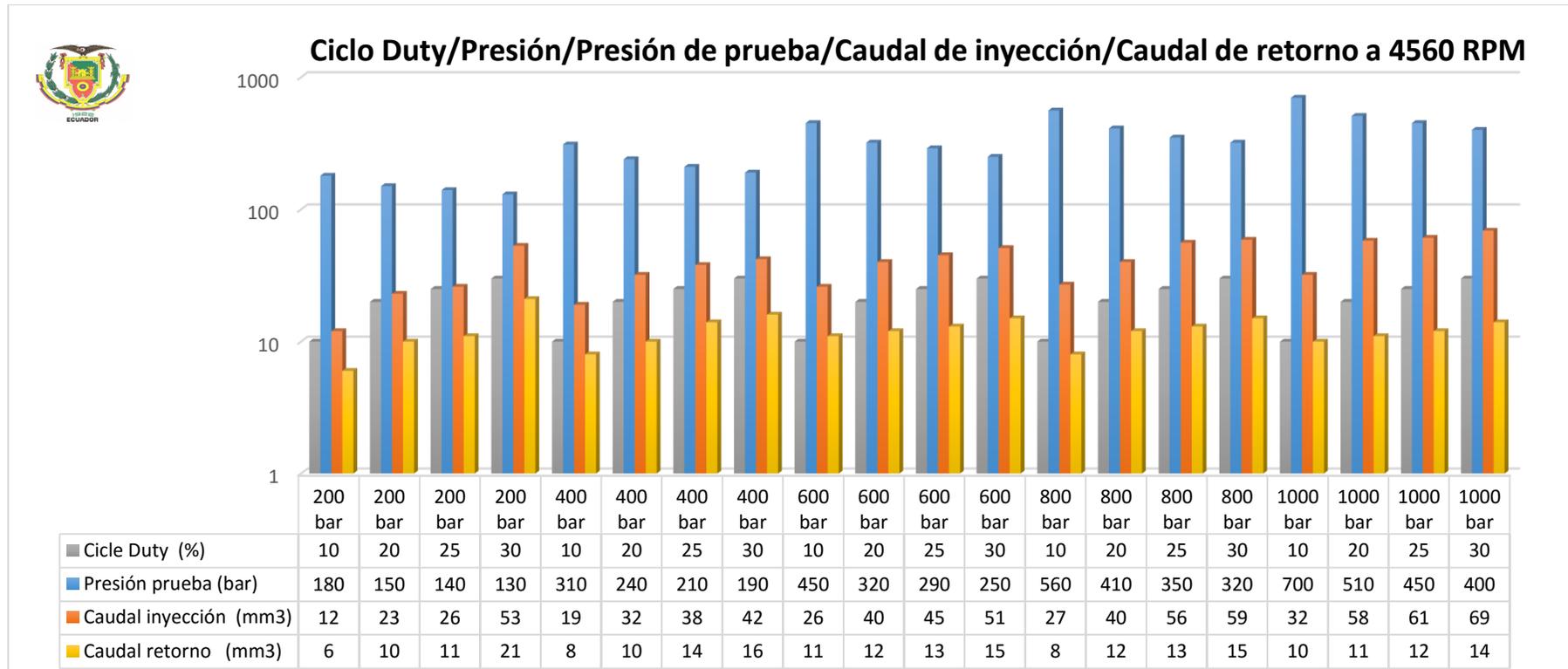


Figura 218: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110070 a 4560 rpm.

La figura 218 se observa una variación de la presión de prueba por el efecto de la apertura del inyector, el valor más alto de caudal de inyección y retorno se encuentra en la prueba 4 a 1000 bar y un ciclo de trabajo del 30% con 69 y 14 ml, los valores están tabulados en la tabla 55, el caudal de inyección y retorno son directamente proporcionales al ciclo de trabajo y tiene una relación de 3 a 1 en cada presión de prueba, el tiempo que se realizó el ensayo es de 8 seg

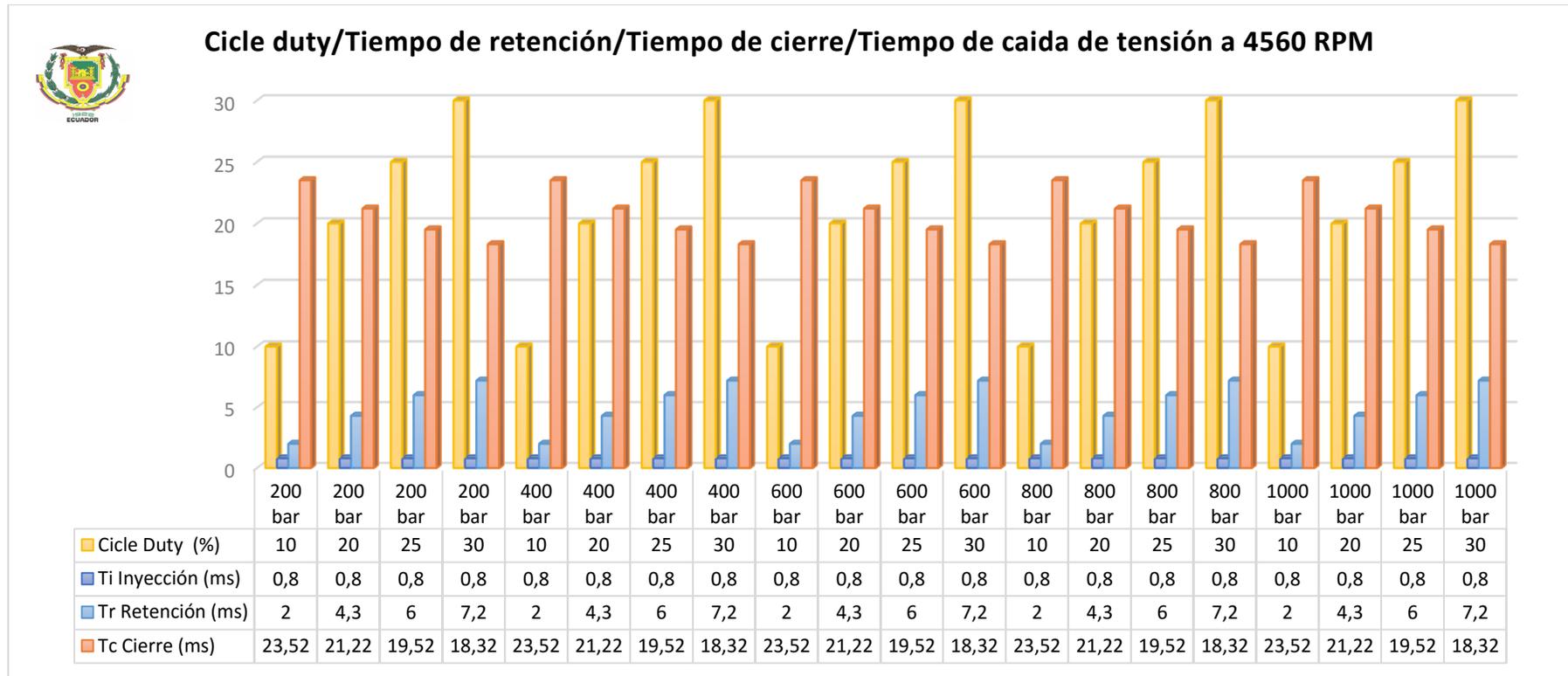


Figura 219: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Bosch 0445110070 a 4560 rpm.

En la figura 219 se observa que el tiempo de inyección es constante para todas las pruebas que está sujeto el inyector, tanto así el tiempo de cierre decae a medida que se aumenta el ciclo de trabajo, se puede apreciar que el tiempo de retención es el mismo en el ciclo de trabajo, sea para 200 o 1000 bares de presión, de igual manera sucede con el tiempo de cierre, es proporcional al ciclo de trabajo y la presión es independiente al control de inyección.

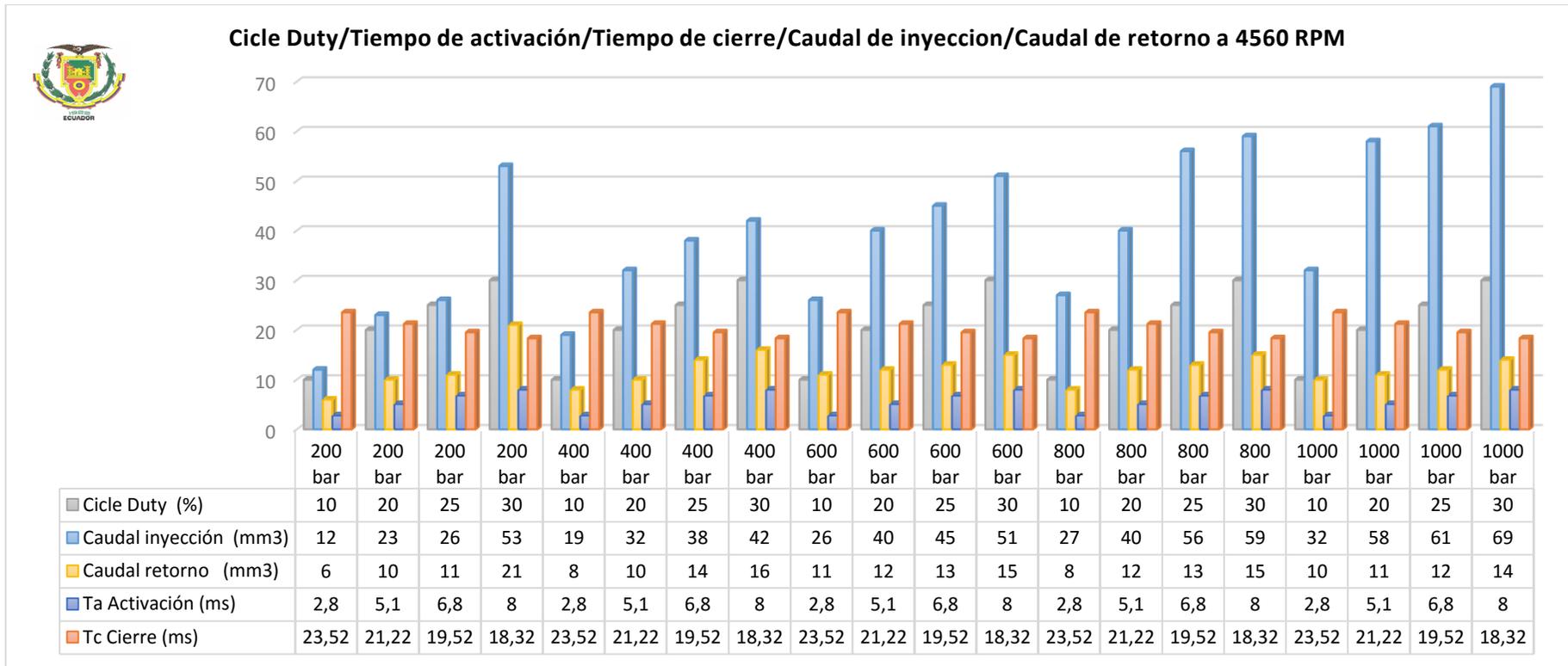


Figura 220: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110070 a 4560 rpm.

En la figura 220 se puede apreciar que el caudal de inyección y retorno es directamente proporcional a la presión, el tiempo de activación es directamente proporcional al ciclo de trabajo, e inversamente proporcional al tiempo de cerrado del inyector a cada prueba de trabajo, en la prueba 4 a 1000 bar y con un ciclo de trabajo de 30% se tiene el mayor caudal de inyección y retorno con 69 y 14 ml y en tiempo de activación se tiene en la prueba 4 a 30% de ciclo de trabajo, a distinta presión de prueba de ensayo con 8 ms y un menor tiempo de cierre de 18,32 ms.

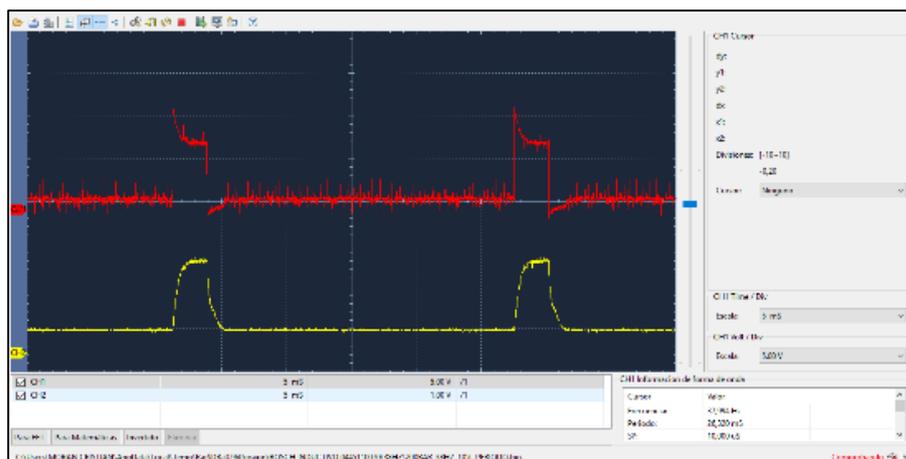


Figura 221: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 4560 rpm.

En la figura 221 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 1,8 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 10% de y a 4560 rpm en un período de 26,30 milisegundos, con una apertura de 2,8 milisegundos y un tiempo de cierre de 23,52 milisegundos.

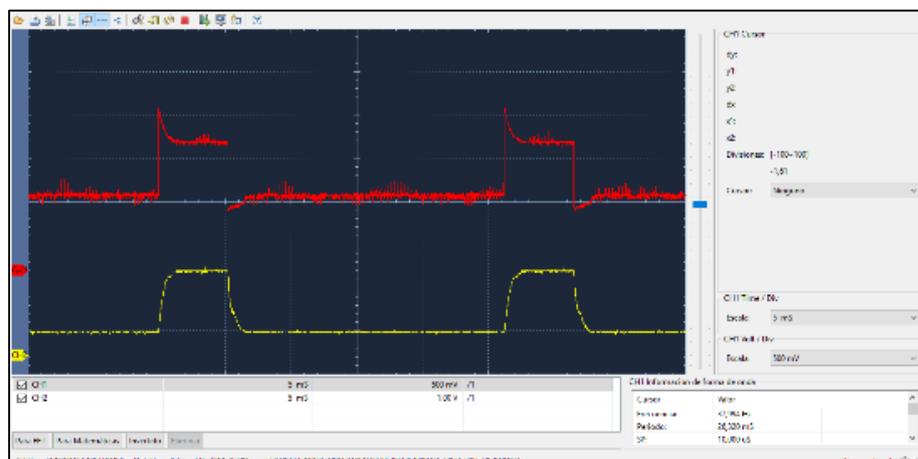


Figura 222: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 4560 rpm.

En la figura 222 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 4,1 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 20% y a 4560 rpm en un período de 26,30 milisegundos, con una apertura de 5,1 milisegundos y un tiempo de cierre de 21,22 milisegundos.

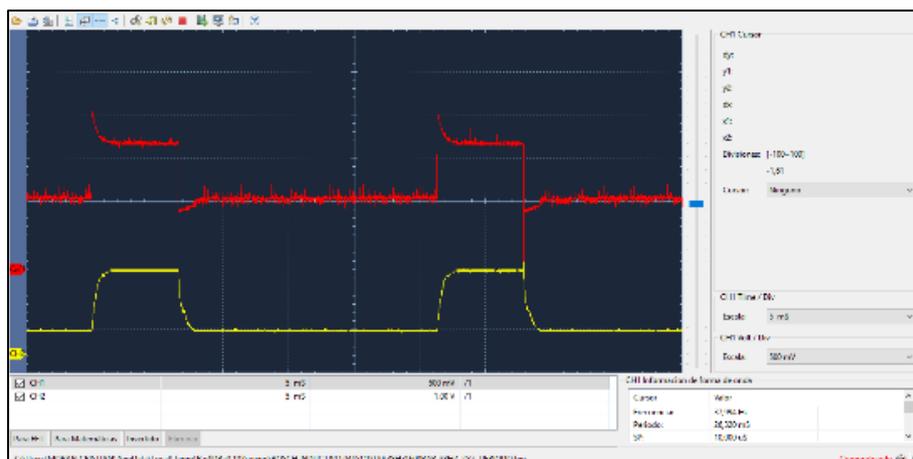


Figura 223: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 4560 rpm.

En la figura 223 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 5,8 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 25% y a 4560 rpm en un período de 26,30 milisegundos, con una apertura de 6,8 milisegundos y un tiempo de cierre de 19,52 milisegundos.

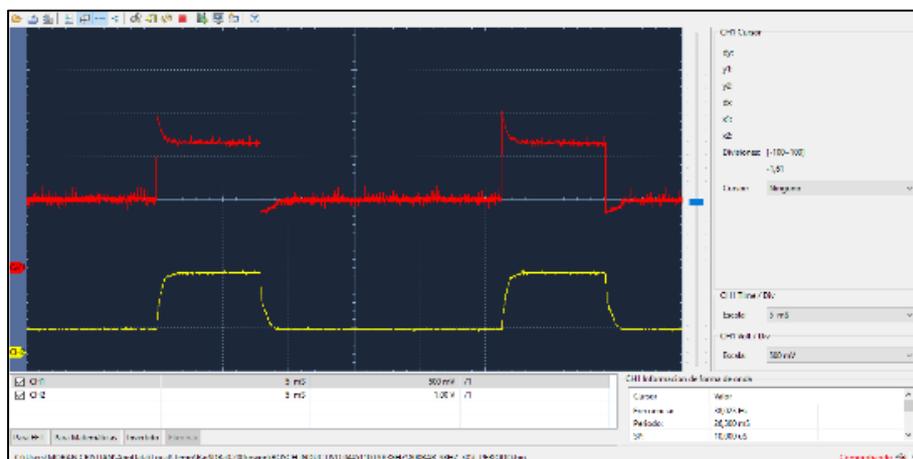


Figura 224: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Bosch 0445110070 a 4560 rpm.

En la figura 224 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 7 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 30% y a 4560 rpm en un período de 26,30 milisegundos, con una apertura de 8 milisegundos y un tiempo de cierre de 18,32 milisegundos.

b) Inyector inductivo Bosch**Número de serie:** 0445110250**Vehículo:** Mazda BT 50 2.5**Resistencia:** 0,3 Ohmios**Escala osciloscopio:** Pinza Amperimétrica amperimétrica cada 100mv/1A; Puntas de Osciloscopio x10V.**Ángulo de disparo**

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

$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{10}{40}\right)$$

$$I_T = 14,04^\circ$$

Ángulo de dispersión

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

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{7 + 6,5}{40}\right) - \arctan\left(\frac{6,5}{40}\right)$$

$$\gamma_T \quad \beta = 18,65^\circ - 9,23^\circ$$

$$\gamma_T \quad \beta = 9,42^\circ$$

Tabla 56. Prueba de Inyector Bosch 0445110250 a 4560 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.

Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
(bar)	(bar)	(mm)	(mm)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
200	180	6	5	9,42	6,5	10	5,5	2,70	1	1,7	23,62	26,3	38	4560	10	8
200	150	11	8	9,42	8	10	5,5	5,25	1	4,25	21,07	26,3	38	4560	20	8
200	140	15	10	9,42	7,75	10	5,5	6,60	1	5,6	19,72	26,3	38	4560	25	8
200	130	16	11	9,42	7	10	5,5	7,90	1	6,9	18,42	26,3	38	4560	30	8
400	310	15	6	9,42	7,75	10	5,5	2,70	1	1,7	23,62	26,3	38	4560	10	8
400	250	28	9	9,42	7,75	10	5,25	5,25	1	4,25	21,07	26,3	38	4560	20	8
400	230	33	10	9,42	7,75	10	5,25	6,70	1	5,7	19,62	26,3	38	4560	25	8
400	200	37	11	9,42	7,5	10	5,25	7,90	1	6,9	18,42	26,3	38	4560	30	8
600	440	21	8	9,42	6,75	10	5,25	2,70	1	1,7	23,62	26,3	38	4560	10	8
600	340	35	12	9,42	6,75	10	5,25	5,25	1	4,25	21,07	26,3	38	4560	20	8
600	310	43	13	9,42	6,75	10	5,25	6,60	1	5,6	19,72	26,3	38	4560	25	8
600	290	48	13	9,42	6,5	10	5,5	7,90	1	6,9	18,42	26,3	38	4560	30	8
800	600	21	8	9,42	7	10	5,25	2,70	1	1,7	23,62	26,3	38	4560	10	8
800	450	41	11	9,42	6,5	10	5,5	5,25	1	4,25	21,07	26,3	38	4560	20	8
800	380	50	12	9,42	6,5	10	5,5	6,70	1	5,7	19,62	26,3	38	4560	25	8
800	350	52	14	9,42	6,5	10	5,5	7,90	1	6,9	18,42	26,3	38	4560	30	8
1000	700	28	12	9,42	6,5	10	5,25	2,70	1	1,7	23,62	26,3	38	4560	10	8
1000	550	49	13	9,42	6,25	10	5,25	5,25	1	4,25	21,07	26,3	38	4560	20	8
1000	520	60	13	9,42	6,25	10	5,5	6,70	1	5,7	19,62	26,3	38	4560	25	8
1000	400	62	17	9,42	6	10	6	7,90	1	6,9	18,42	26,3	38	4560	30	8

En la tabla 56 se observa la variación de presión para cada una de las pruebas, el ciclo de trabajo es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector con voltaje de consumo promedio de 10 voltios y corriente de consumo promedio de 6,50 amperios.

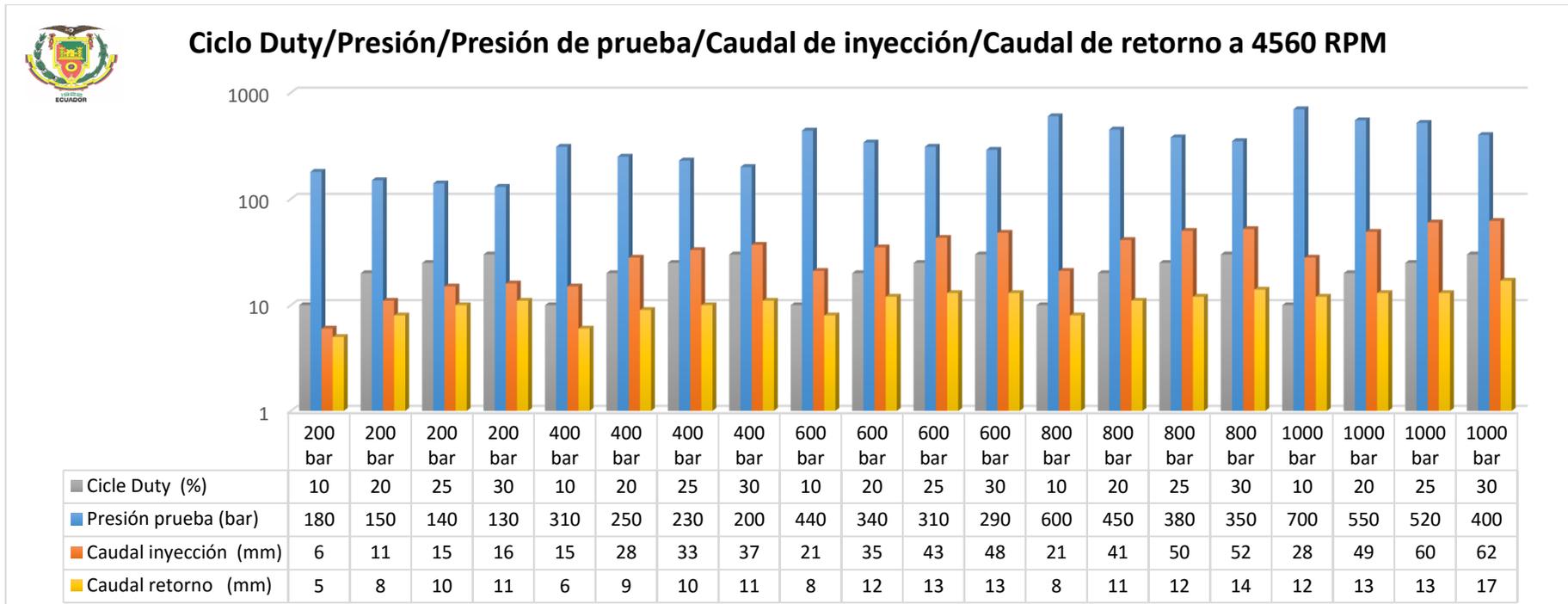


Figura 225: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110250 a 4560 rpm.

La figura 225 se observa una variación de la presión de prueba por el efecto de la apertura del inyector, el valor más alto de caudal de inyección y retorno se encuentra en la prueba 4 a 1000 bar y un ciclo de trabajo del 30% con 62 y 17 ml, los valores están tabulados en la tabla 56, el caudal de inyección y retorno son directamente proporcionales al ciclo de trabajo y tiene una relación de 3 a 1 en cada presión de prueba, el tiempo que se realizó el ensayo es de 8 seg.

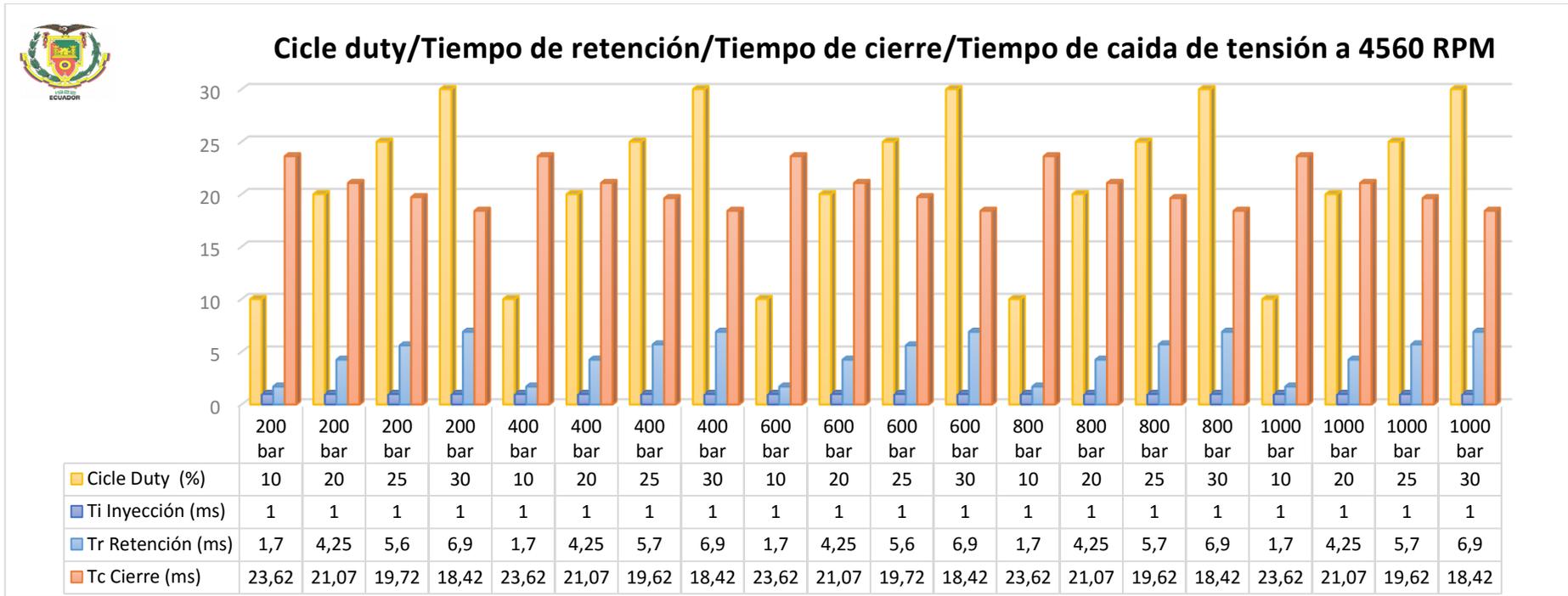


Figura 226: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Bosch 0445110250 a 4560 rpm.

En la figura 226 se observa que el tiempo de inyección es constante para todas las pruebas que está sujeto el inyector, tanto así el tiempo de cierre decae a medida que se aumenta el ciclo de trabajo, se puede apreciar que el tiempo de retención es el mismo en el ciclo de trabajo, sea para 200 o 1000 bares de presión, de igual manera sucede con el tiempo de cierre, es proporcional al ciclo de trabajo y la presión es independiente al control de inyección.

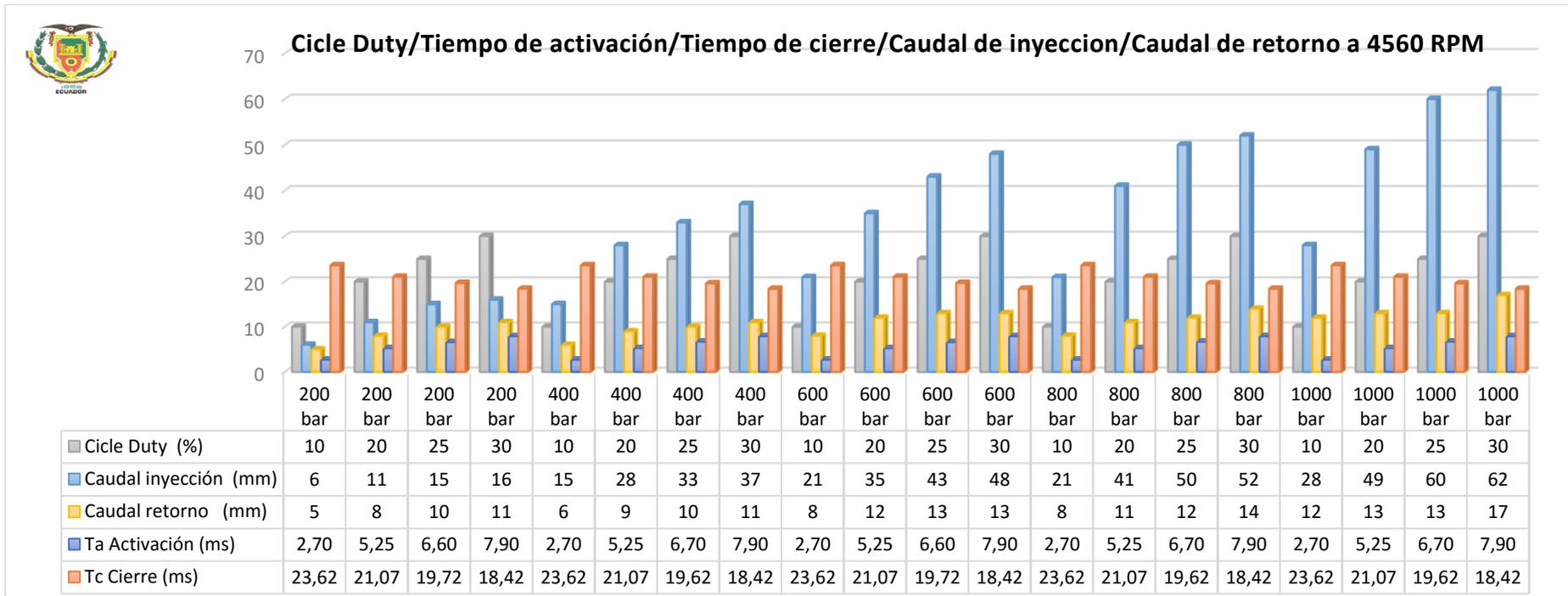


Figura 227: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Bosch 0445110250 a 4560 rpm.

En la figura 227 se puede apreciar que el caudal de inyección y retorno es directamente proporcional a la presión, el tiempo de activación es directamente proporcional al ciclo de trabajo, e inversamente proporcional al tiempo de cerrado del inyector a cada prueba de trabajo, en la prueba 4 a 1000 bar y con un ciclo de trabajo de 30% se tiene el mayor caudal de inyección y retorno con 69 y 14 ml y en tiempo de activación se tiene en la prueba 4 a 30% de ciclo de trabajo, a distinta presión de prueba de ensayo con 8 ms y un menor tiempo de cierre de 18,32 ms.

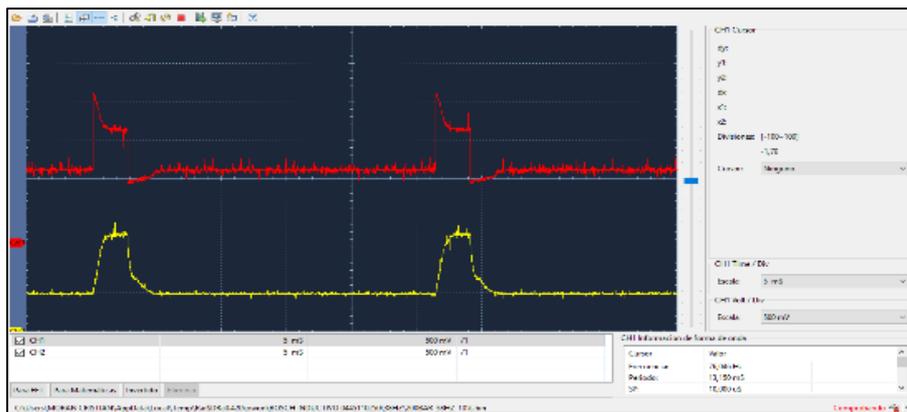


Figura 228: Curvas de voltaje y corriente, 38 Hz, ciclo duty 10% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 4560 rpm.

En la figura 228 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 1,7 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 10% de y a 4560 rpm en un período de 26,30 milisegundos, con una apertura de 2,7 milisegundos y un tiempo de cierre de 23,62 milisegundos.

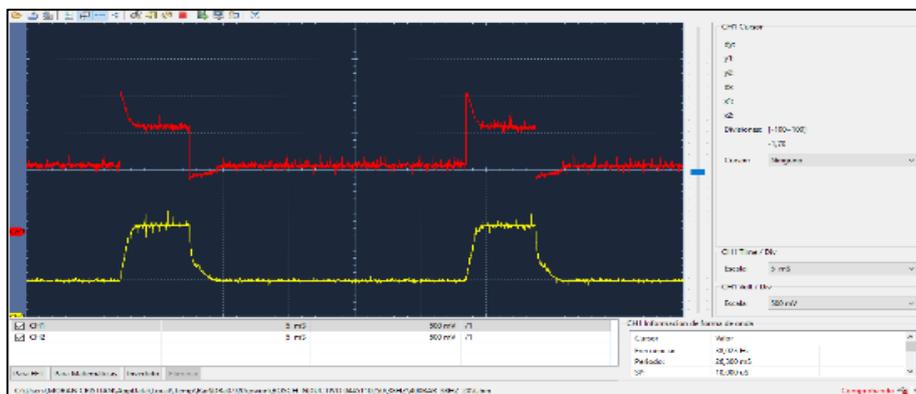


Figura 229: Curvas de voltaje y corriente, 38 Hz, ciclo duty 20% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 4560 rpm.

En la figura 229 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 4,25 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 20% y a 4560 rpm en un período de 26,30 milisegundos, con una apertura de 5,25 milisegundos y un tiempo de cierre de 21,07 milisegundos.

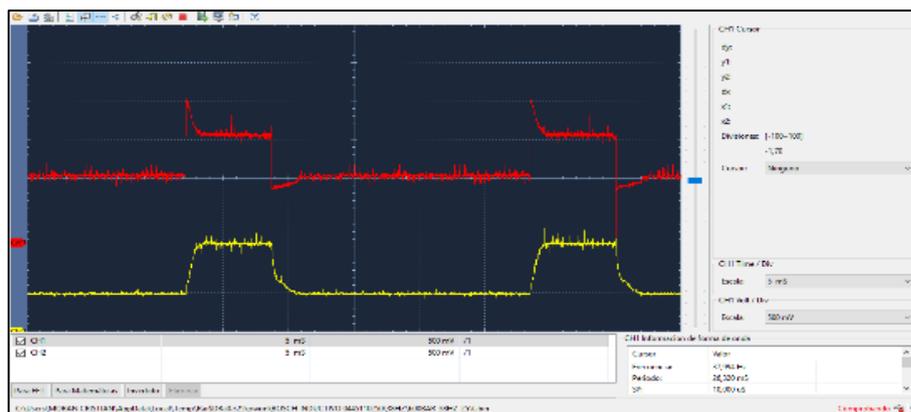


Figura 230: Curvas de voltaje y corriente, 38 Hz, ciclo duty 25% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 4560 rpm.

En la figura 230 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 5,8 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 25% y a 4560 rpm en un período de 26,30 milisegundos, con una apertura de 6,8 milisegundos y un tiempo de cierre de 19,52 milisegundos.

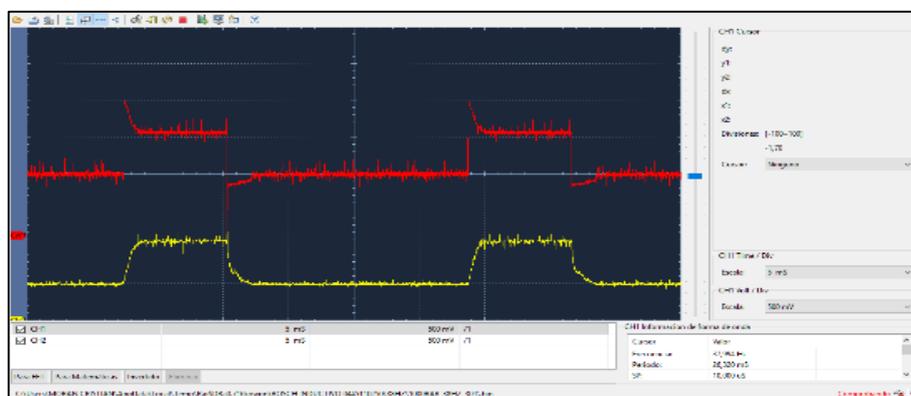


Figura 231: Curvas de voltaje y corriente, 38 Hz, ciclo duty 30% inyector inductivo Bosch 0445110250 a 4560 rpm.

En la figura 231 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 6,9 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 30% y a 4560 rpm en un período de 26,30 milisegundos, con una apertura de 7,9 milisegundos y un tiempo de cierre de 18,42 milisegundos.

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

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

$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{8}{40}\right)$$

$$I_T \quad \alpha = 11,31^\circ$$

Ángulo de dispersión

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

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{7 + 7,5}{40}\right) - \arctan\left(\frac{7,5}{40}\right)$$

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

$$\gamma_T \quad \beta = 9,30^\circ$$

Tabla 57.

Prueba de inyector Denso 6520 10H0044 a 4560 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.

Presión (bar)	Presión prueba (bar)	Caudal inyección (mm3)	Caudal retorno (mm3)	ángulo pulv (°)	Corriente (A)	Voltaje (V)	Voltaje Mantenimiento (V)	Ta Activación (ms)	Ti Inyección (ms)	Tr Retención (ms)	Tc Cierre (ms)	Período (ms)	Frecuencia (Hz)	RPM	Ciclo Duty (%)	tiempo de prueba (s)
200	180	10	6	9,3	8	10	7	2,8	1	1,8	23,52	26,3	38	4560	10	8
200	150	21	9	9,3	8	10	7,25	5,2	1	4,2	21,12	26,3	38	4560	20	8
200	130	22	10	9,3	7,25	11	7,25	6,8	1	5,8	19,52	26,3	38	4560	25	8
200	120	23	12	9,3	8	11	8	7,9	1	6,9	18,42	26,3	38	4560	30	8
400	280	29	7	9,3	9	10	7	2,8	1	1,8	23,52	26,3	38	4560	10	8
400	200	39	10	9,3	8	10	7,25	5,2	1	4,2	21,12	26,3	38	4560	20	8
400	180	44	11	9,3	8	10	7	6,8	1	5,8	19,52	26,3	38	4560	25	8
400	160	48	13	9,3	7,5	10	7	7,9	1	6,9	18,42	26,3	38	4560	30	8
600	370	35	10	9,3	8,75	10	7	2,8	1	1,8	23,52	26,3	38	4560	10	8
600	270	49	12	9,3	8,5	11	7	5,2	1	4,2	21,12	26,3	38	4560	20	8
600	240	60	14	9,3	8,25	10	7	6,8	1	5,8	19,52	26,3	38	4560	25	8
600	200	61	15	9,3	8	10	7	7,9	1	6,9	18,42	26,3	38	4560	30	8
800	460	38	8	9,3	9	10	7	2,8	1	1,8	23,52	26,3	38	4560	10	8
800	340	56	9	9,3	9	10,5	7,5	5,2	1	4,2	21,12	26,3	38	4560	20	8
800	290	62	10	9,3	8,25	10	7	6,8	1	5,8	19,52	26,3	38	4560	25	8
800	250	73	13	9,3	8,25	10	7	7,9	1	6,9	18,42	26,3	38	4560	30	8
1000	550	42	11	9,3	9	10	7	2,8	1	1,8	23,52	26,3	38	4560	10	8
1000	400	63	15	9,3	9	10	7,5	5,2	1	4,2	21,12	26,3	38	4560	20	8
1000	350	71	17	9,3	8,25	10	7,25	6,8	1	5,8	19,52	26,3	38	4560	25	8
1000	300	79	19	9,3	8,25	10	7	7,9	1	6,9	18,42	26,3	38	4560	30	8

En la tabla 57 se observa la variación de presión para cada una de las pruebas, el ciclo de trabajo es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector con voltaje de consumo promedio de 10,25 Voltios y corriente de consumo promedio de 7,25 Amperios.

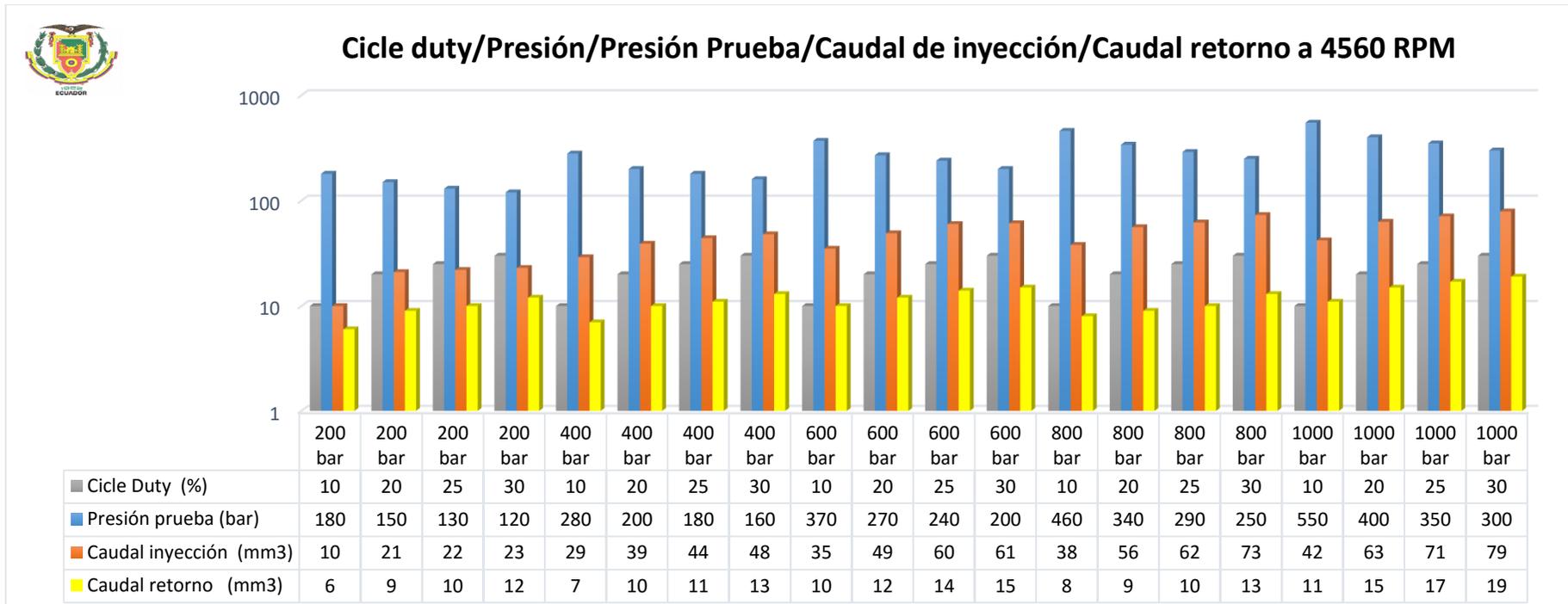


Figura 232: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 4560 rpm.

La figura 232 se observa una variación de la presión de prueba por el efecto de la apertura del inyector, el valor más alto de caudal de inyección y retorno se encuentra en la prueba 4 a 1000 bar y un ciclo de trabajo del 30% con 79 y 19 ml, los valores están tabulados en la tabla 57, el caudal de inyección y retorno son directamente proporcionales al ciclo de trabajo y tiene una relación de 4 a 1 en cada presión de prueba, el tiempo que se realizó el ensayo es de 8 seg.

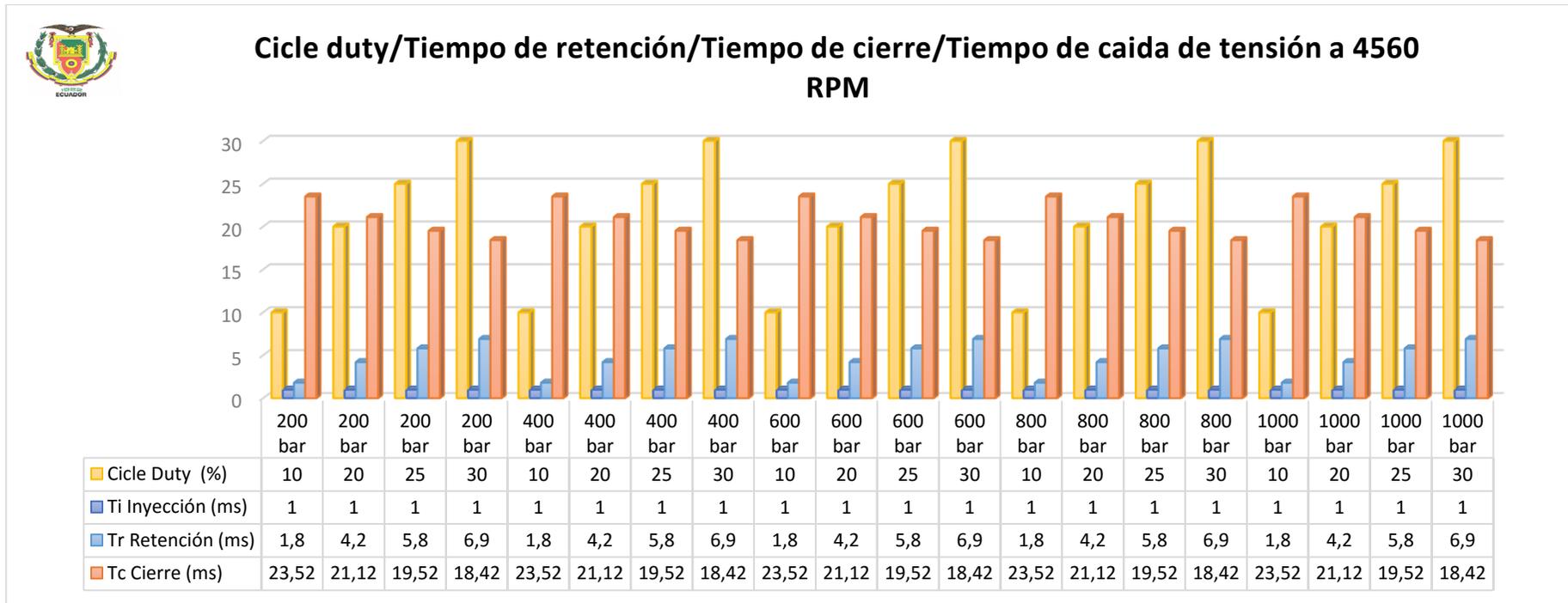


Figura 233: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 4560 rpm.

En la figura 233 se observa que el tiempo de inyección es constante para todas las pruebas que está sujeto el inyector, tanto así el tiempo de cierre decae a medida que se aumenta el ciclo de trabajo, se puede apreciar que el tiempo de retención es el mismo en el ciclo de trabajo, sea para 200 o 1000 bares de presión, de igual manera sucede con el tiempo de cierre, es proporcional al ciclo de trabajo y la presión es independiente al control de inyección.

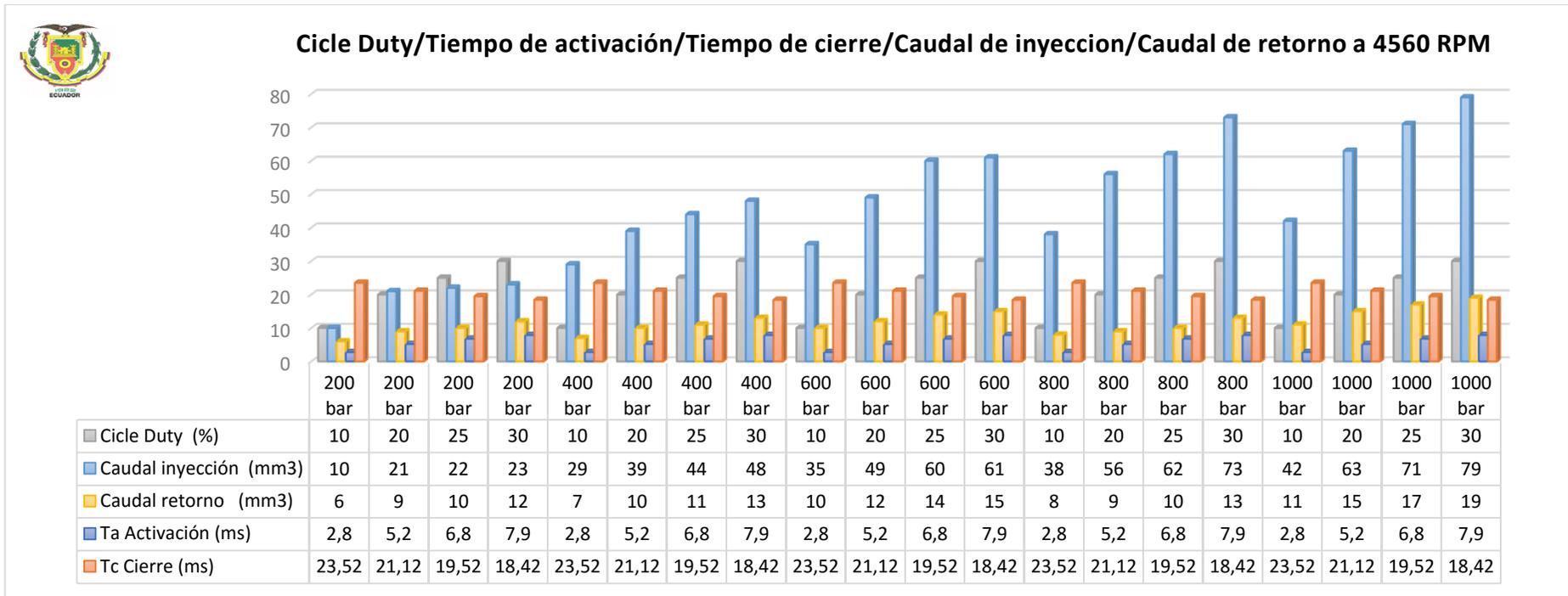


Figura 234: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 4560 rpm.

En la figura 234 se puede apreciar que el caudal de inyección y retorno es directamente proporcional a la presión, el tiempo de activación es directamente proporcional al ciclo de trabajo, e inversamente proporcional al tiempo de cerrado del inyector a cada prueba de trabajo, en la prueba 4 a 1000 bar y con un ciclo de trabajo de 30% se tiene el mayor caudal de inyección y retorno con 79 y 19 ml y en tiempo de activación se tiene en la prueba 4 a 30% de ciclo de trabajo, a distinta presión de prueba de ensayo con 7.9 ms y un menor tiempo de cierre de 18,42 ms.

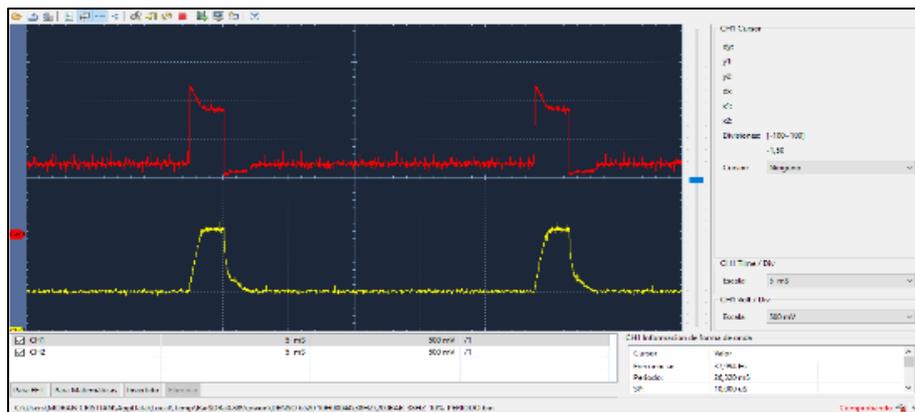


Figura 235: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 4560 rpm.

En la figura 235 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 1,8 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 10% de y a 4560 rpm en un período de 26,30 milisegundos, con una apertura de 2,8 milisegundos y un tiempo de cierre de 23,52 milisegundos.

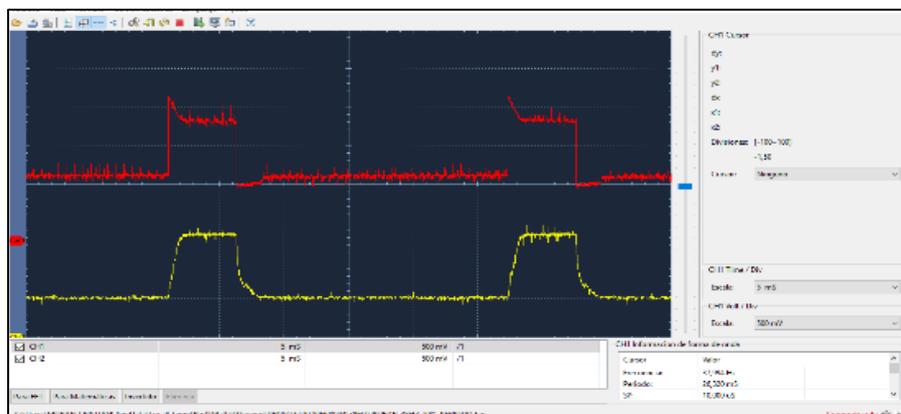


Figura 236: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 4560 rpm.

En la figura 236 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 4,2 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 20% y a 4560 rpm en un período de 26,30 milisegundos, con una apertura de 5,2 milisegundos y un tiempo de cierre de 21,12 milisegundos.

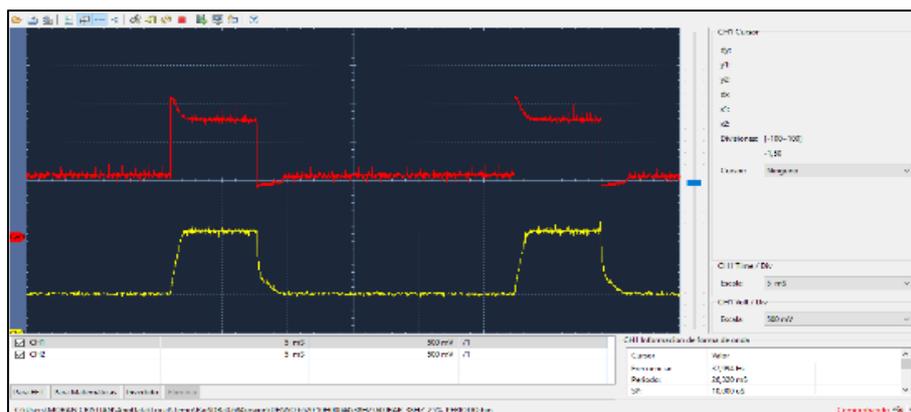


Figura 237: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 4560 rpm.

En la figura 237 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 5,8 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 25% y a 4560 rpm en un período de 26,30 milisegundos, con una apertura de 6,8 milisegundos y un tiempo de cierre de 19,52 milisegundos.

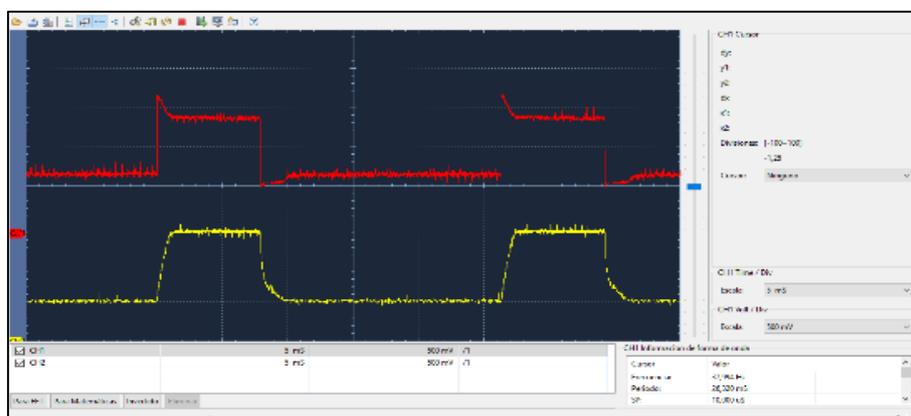


Figura 238: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Denso 6520 10H0044 a 4560 rpm.

En la figura 238 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 6,9 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 30% y a 4560 rpm en un período de 26,30 milisegundos, con una apertura de 7,9 milisegundos y un tiempo de cierre de 18,42 milisegundos.

d) Delphi inductivo**Número de serie:** VQ5CB56B99**Vehículo:****Resistencia:** 0,5 Ohmios**Escala osciloscopio:** Pinza Amperimétrica amperimétrica cada 100mv/1A; Puntas de Osciloscopio x10V.**Ángulo de disparo**

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

$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{6,5}{40}\right) = 9,23^\circ$$

Ángulo de dispersión

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

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{7 + 3}{40}\right) - \arctan\left(\frac{3}{40}\right)$$

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

$$\gamma_T \quad \beta = 9,06^\circ$$

Tabla 58.

Prueba de inyector Delphi VQ5CB56B99 a 4560 RPM con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% y a presiones de (200, 400, 600, 800, 1000) bar.

Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
200	180	11	7	9,06	8	10	7	2,8	0,5	2,3	23,52	26,3	38	4560	10	8
200	150	22	10	9,06	8	10	7,25	5,2	0,5	4,7	21,12	26,3	38	4560	20	8
200	130	23	11	9,06	7,25	11	7,25	6,8	0,5	6,3	19,52	26,3	38	4560	25	8
200	120	24	13	9,06	8	11	8	7,9	0,5	7,4	18,42	26,3	38	4560	30	8
400	280	30	8	9,06	9	10	7	3,9	0,5	3,4	22,42	26,3	38	4560	10	8
400	200	40	11	9,06	8	10	7,25	5,2	0,5	4,7	21,12	26,3	38	4560	20	8
400	180	45	12	9,06	8	10	7	6,8	0,5	6,3	19,52	26,3	38	4560	25	8
400	160	49	14	9,06	7,5	10	7	7,9	0,5	7,4	18,42	26,3	38	4560	30	8
600	370	36	11	9,06	8,75	10	7	2,8	0,5	2,3	23,52	26,3	38	4560	10	8
600	270	50	13	9,06	8,5	11	7	5,2	0,5	4,7	21,12	26,3	38	4560	20	8
600	240	61	15	9,06	8,25	10	7	6,8	0,5	6,3	19,52	26,3	38	4560	25	8
600	200	62	16	9,06	8	10	7	7,9	0,5	7,4	18,42	26,3	38	4560	30	8
800	460	39	9	9,06	9	10	7	2,8	0,5	2,3	23,52	26,3	38	4560	10	8
800	340	57	10	9,06	9	10,5	7,5	5,2	0,5	4,7	21,12	26,3	38	4560	20	8
800	290	63	11	9,06	8,25	10	7	6,8	0,5	6,3	19,52	26,3	38	4560	25	8
800	250	74	14	9,06	8,25	10	7	7,9	0,5	7,4	18,42	26,3	38	4560	30	8
1000	550	43	12	9,06	9	10	7	2,8	0,5	2,3	23,52	26,3	38	4560	10	8
1000	400	64	16	9,06	9	10	7,5	5,2	0,5	4,7	21,12	26,3	38	4560	20	8
1000	350	72	18	9,06	8,25	10	7,25	6,8	0,5	6,3	19,52	26,3	38	4560	25	8
1000	300	80	20	9,06	8,25	10	7	7,9	0,5	7,4	18,42	26,3	38	4560	30	8

En la tabla 58 se observa la variación de presión para cada una de las pruebas, el ciclo de trabajo es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector con voltaje de consumo promedio de 10,25 Voltios y corriente de consumo promedio de 7,15 Amperios.

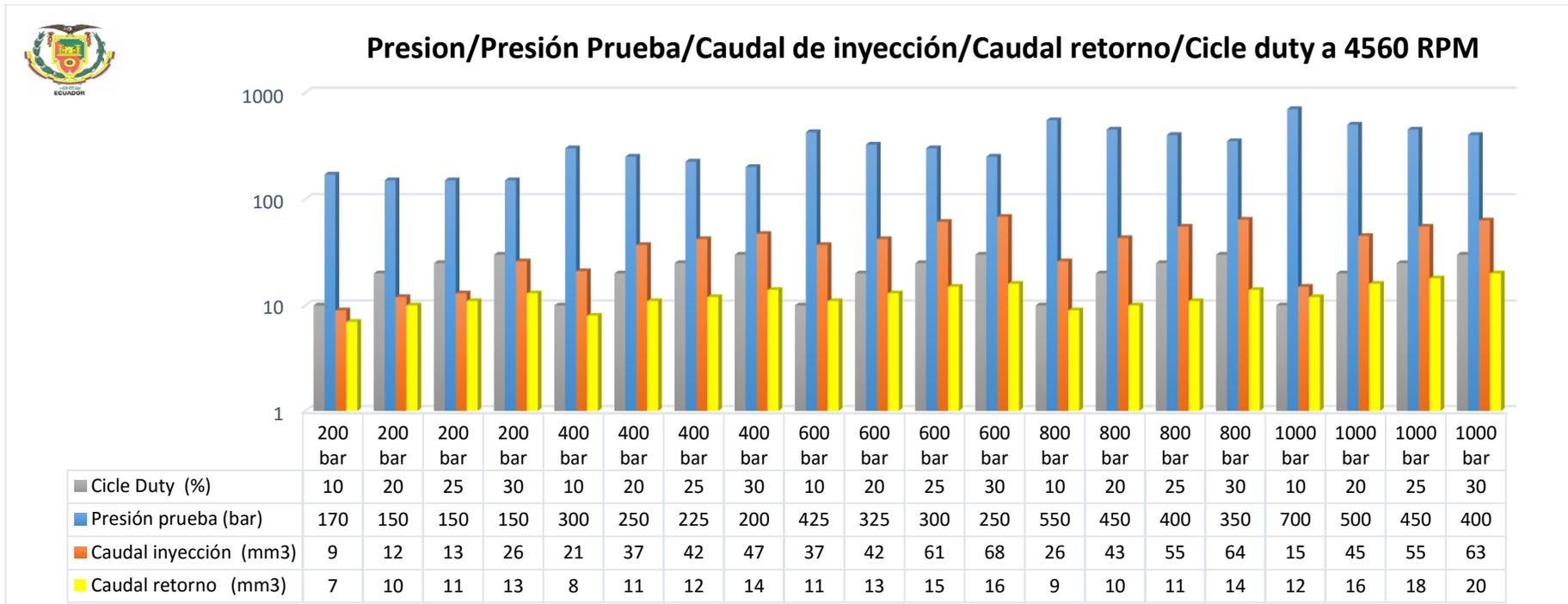


Figura 239: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando el caudal de inyección y retorno inyector inductivo inyector Delphi VQ5CB56B99 a 4560 rpm.

La figura 239 se observa una variación de la presión de prueba por el efecto de la apertura del inyector, el valor más alto de caudal de inyección en la prueba 4 a 600 bar y un ciclo de trabajo del 30% con 68 y retorno se encuentra en la prueba 4 a 1000 bar y un ciclo de trabajo del 30% con 20 ml, los valores están tabulados en la tabla 58, el caudal de inyección y retorno son directamente proporcionales al ciclo de trabajo y tiene una relación de 3 a 1 en cada presión de prueba, el tiempo que se realizó el ensayo es de 8 seg

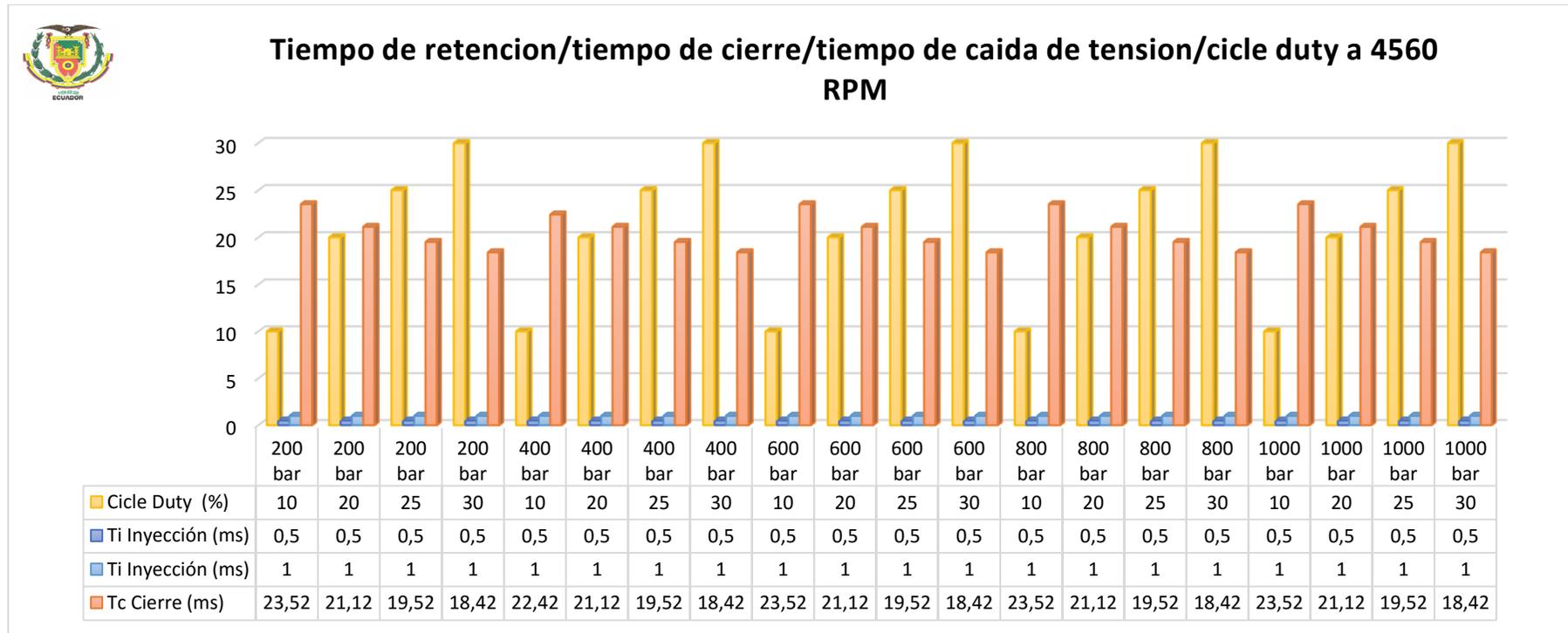


Figura 240: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 4560 rpm.

En la figura 240 se observa que el tiempo de inyección es constante para todas las pruebas que está sujeto el inyector, tanto así el tiempo de cierre decae a medida que se aumenta el ciclo de trabajo, se puede apreciar que el tiempo de retención es el mismo en el ciclo de trabajo, sea para 200 o 1000 bares de presión, de igual manera sucede con el tiempo de cierre, es proporcional al ciclo de trabajo y la presión es independiente al control de inyección.

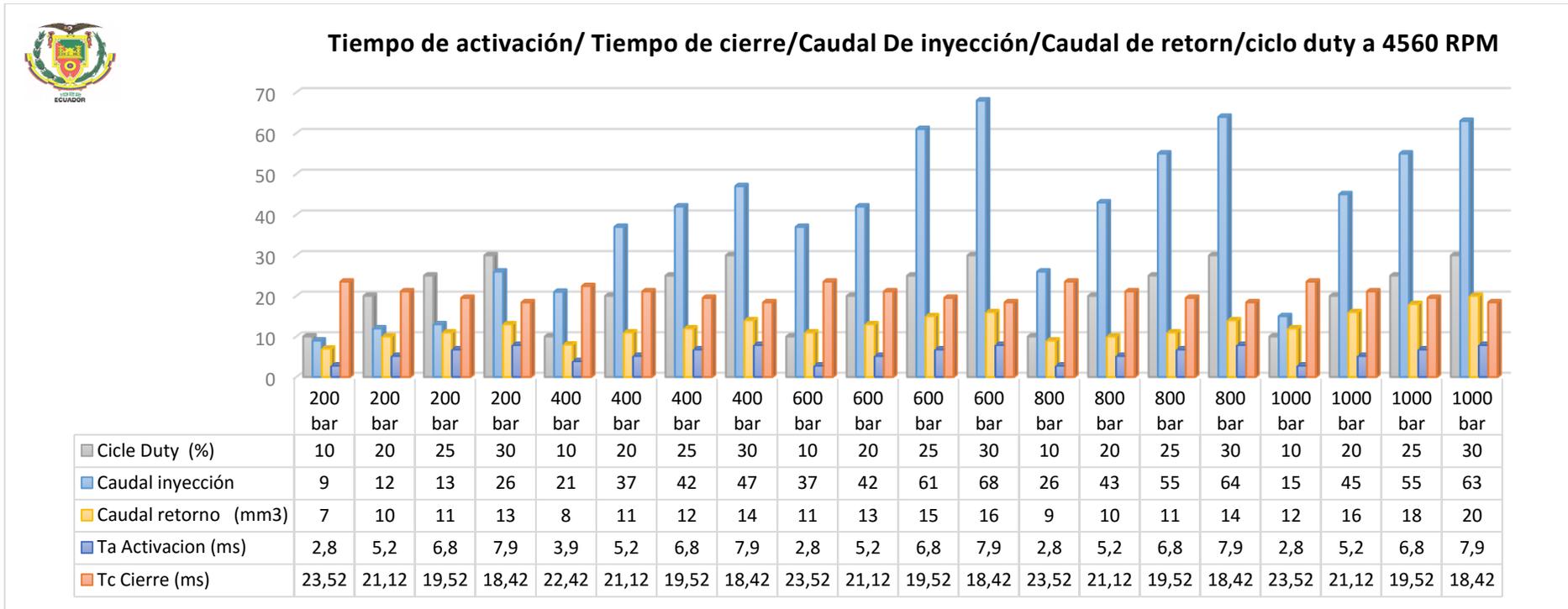


Figura 241: Pruebas a distintas presiones y diferentes ciclos de trabajo evaluando los tiempos de apertura y cierre de inyección caudal de inyección y retorno inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 4560 rpm.

En la figura 241 se puede apreciar que el caudal de inyección y retorno es directamente proporcional a la presión, el tiempo de activación es directamente proporcional al ciclo de trabajo, e inversamente proporcional al tiempo de cerrado del inyector a cada prueba de trabajo, en la prueba 4 a 1000 bar y con un ciclo de trabajo de 30% se tiene el mayor caudal de inyección y retorno con 63 y 20 ml y en tiempo de activación se tiene en la prueba 4 a 30% de ciclo de trabajo, a distinta presión de prueba de ensayo con 7,9 ms y un menor tiempo de cierre de 18,42 ms.

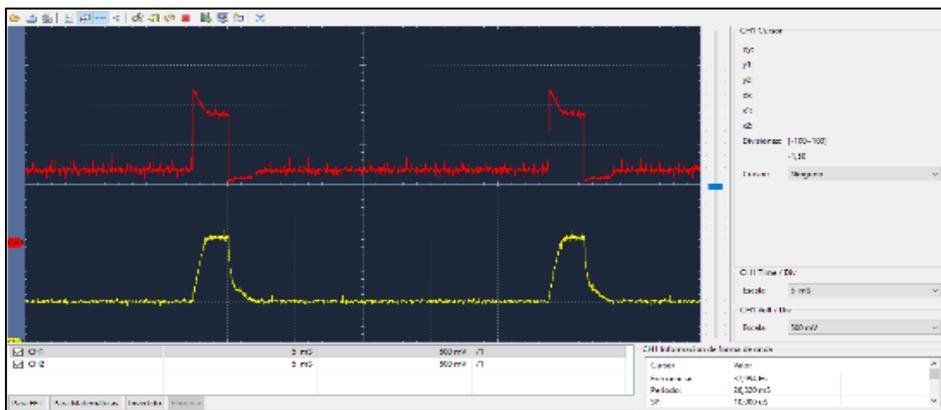


Figura 242: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 10% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 4560 rpm.

En la figura 242 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 1,8 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 10% de y a 4560 rpm en un período de 26,30 milisegundos, con una apertura de 2,8 milisegundos y un tiempo de cierre de 23,52 milisegundos.

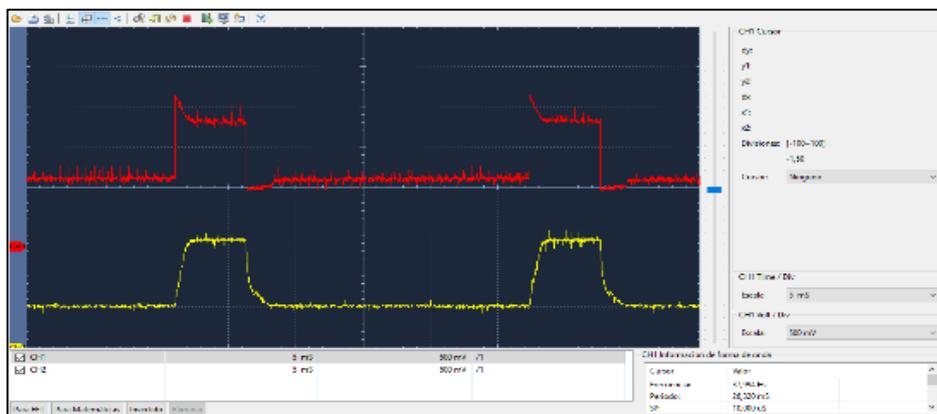


Figura 243: Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 20% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 4560 rpm.

En la figura 243 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 4,2 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 20% y a 4560 rpm en un período de 26,30 milisegundos, con una apertura de 5,2 milisegundos y un tiempo de cierre de 21,12 milisegundos.

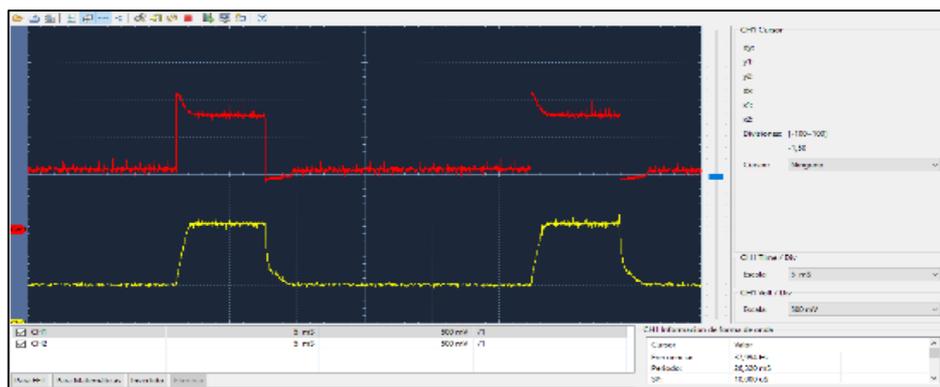


Figura 244: Curvas de Voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 25% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 4560 rpm.

En la figura 244 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 5,8 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 25% y a 4560 rpm en un período de 26,30 milisegundos, con una apertura de 6,8 milisegundos y un tiempo de cierre de 19,52 milisegundos.

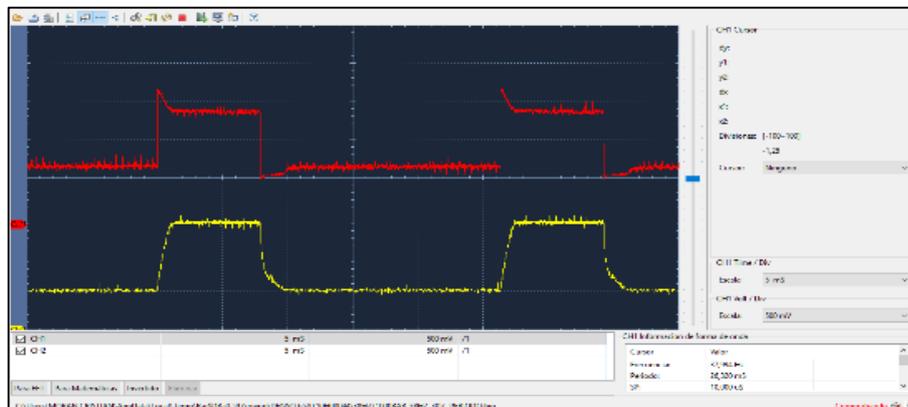


Figura 245. Curvas de voltaje y corriente, ciclo de trabajo al 30% inyector inductivo Delphi VQ5CB56B99 a 4560 rpm.

En la figura 245 se observa que la curva roja presenta el voltaje de activación de 12 voltios en 1 milisegundo y un voltaje de mantenimiento de 7 voltios en un tiempo de 6,9 milisegundos y la curva amarilla que indica la corriente necesaria para activar el inyector de 14 amperios, ciclo de trabajo a 30% y a 4560 rpm en un período de 26,30 milisegundos, con una apertura de 7,9 milisegundos y un tiempo de cierre de 18,42 milisegundos.

Tabla 59.

Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 200 bar de presión a 4560 rpm

	Presión	Presión	Caudal	Caudal	ángulo	Corriente	Voltaje	Voltaje	Ta	Ti	Tr	Tc	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo
	(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
	200	180	12	6	9,74	16	11	7	2,8	0,8	2	23,52	26,3	38	4560	10	8
	200	150	23	10	9,74	16	11	7	5,1	0,8	4,3	21,22	26,3	38	4560	20	8
Bosch	200	140	26	11	9,74	14	11	6,5	6,8	0,8	6	19,52	26,3	38	4560	25	8
0445110070	200	130	53	21	9,74	14	11	7	8	0,8	7,2	18,32	26,3	38	4560	30	8
	200	180	6	5	9,42	6,5	10	5,5	2,70	1	1,7	23,62	26,3	38	4560	10	8
	200	150	11	8	9,42	8	10	5,5	5,25	1	4,25	21,07	26,3	38	4560	20	8
Bosch	200	140	15	10	9,42	7,75	10	5,5	6,60	1	5,6	19,72	26,3	38	4560	25	8
0445110250	200	130	16	11	9,42	7	10	5,5	7,90	1	6,9	18,42	26,3	38	4560	30	8
	200	180	10	6	9,3	8	10	7	2,8	1	1,8	23,52	26,3	38	4560	10	8
	200	150	21	9	9,3	8	10	7,25	5,2	1	4,2	21,12	26,3	38	4560	20	8
Denso 6520	200	130	22	10	9,3	7,25	11	7,25	6,8	1	5,8	19,52	26,3	38	4560	25	8
10H0044	200	120	23	12	9,3	8	11	8	7,9	1	6,9	18,42	26,3	38	4560	30	8
	200	180	11	7	9,06	8	10	7	2,8	0,5	2,3	23,52	26,3	38	4560	10	8
	200	150	22	10	9,06	8	10	7,25	5,2	0,5	4,7	21,12	26,3	38	4560	20	8
Delphi	200	130	23	11	9,06	7,25	11	7,25	6,8	0,5	6,3	19,52	26,3	38	4560	25	8
VQ5CB56B99	200	120	24	13	9,06	8	11	8	7,9	0,5	7,4	18,42	26,3	38	4560	30	8

En la tabla 59 la presión de prueba es de 200 bar a 4560 rpm, para el análisis de los 4 inyectores, los ángulos de pulverización varían por cada inyector, el tiempo de activación se mantiene para los cuatro tipos de inyectores, de acuerdo al ciclo de trabajo y es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector

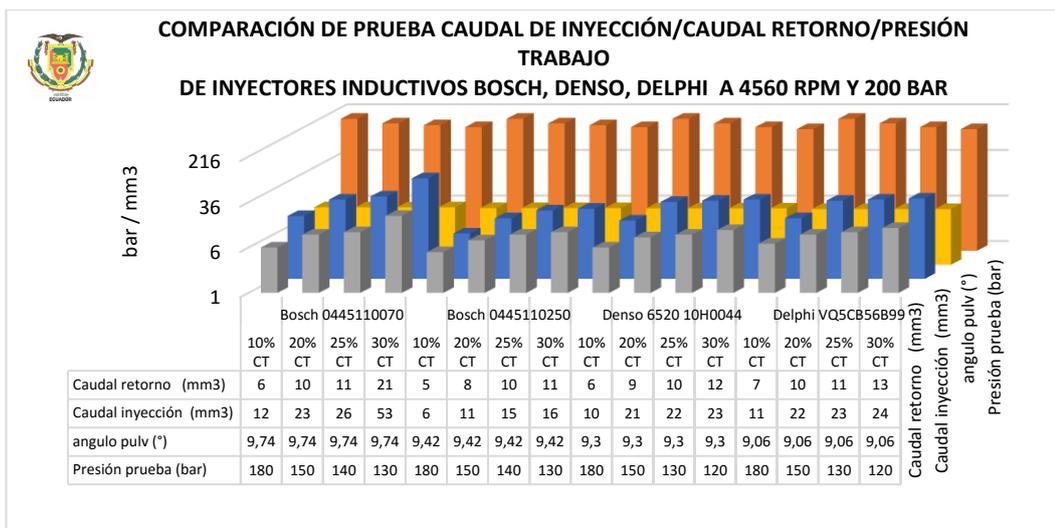


Figura 246: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 200 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, al 30% de ciclo duty y un mayor retorno en el inyector Delphi con 13 ml al 30% de apertura de la aguja, en los ensayos se observa una variación en la presión por el inicio de inyección para cada ciclo de trabajo.

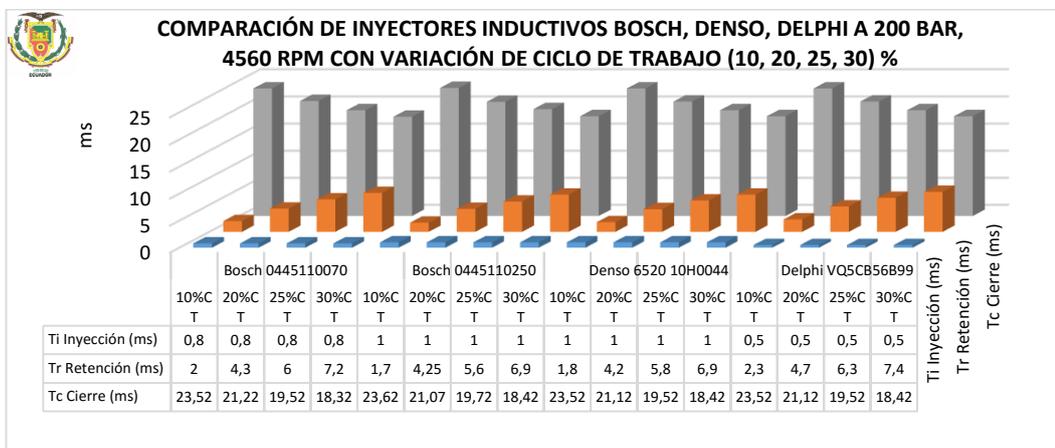


Figura 247: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 200 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

El inyector Delphi presenta un tiempo de inyección de 0,5 milisegundo, a diferencia de los otros 3 inyectores que tienen un tiempo de apertura de la aguja del inyector de 1 milisegundo el ciclo de trabajo es directamente proporcional al tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector

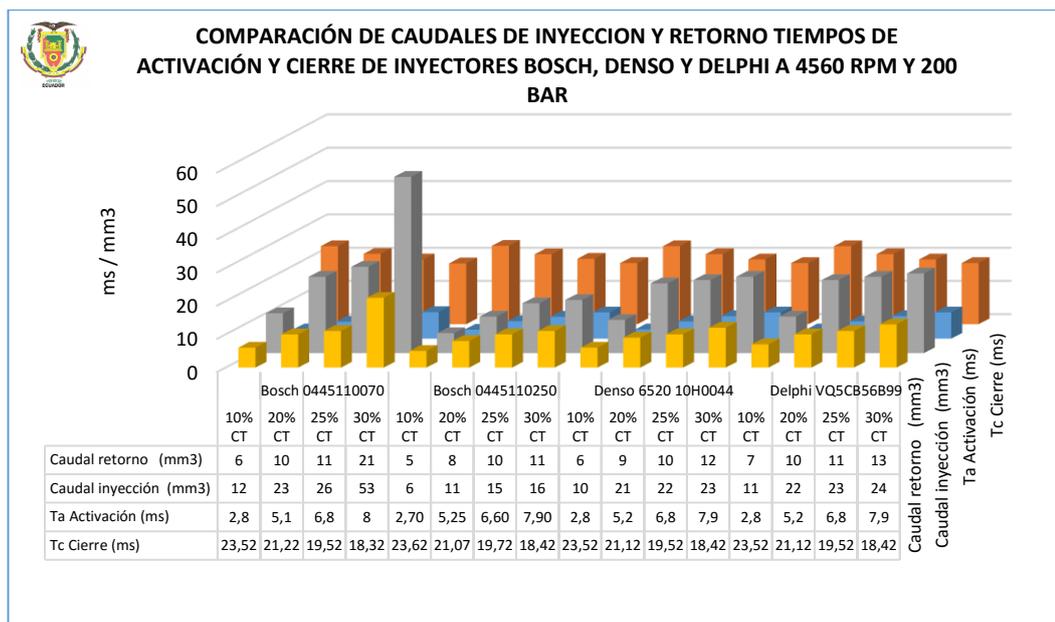


Figura 248: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 200 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Denso 652010H044 del vehículo Hino dutro para cada una de las pruebas, el menor caudal de retorno se muestra en el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, se tiene un periodo de 76,9 ms que tarda en abrir y cerrar la aguja del inyector a ralentí.

Análisis y conclusiones

- Las pruebas a 200 bar, a 4560 rpm del motor, con variaciones de ciclo de trabajo entre 10 a 30% de apertura del inyector, obteniendo una relación de 3 a 1 en caudal de inyección y retorno.
- En prueba a 200 bar se observa que al 10 % de ciclo de trabajo se obtiene un tiempo de activación de 7,8 milisegundos y un caudal de inyección de 23 ml en comparación al 30 % de ciclo de trabajo se consigue un tiempo de 20,8 milisegundos con un caudal de inyección de 53 ml, hay una diferencia entre el (10 y 30) % de 13 milisegundos y una proporción de caudal de inyección 30 ml.
- Se puede controlar el tiempo de apertura de los inyectores, se observa que los 4 inyectores a prueba presentan similares características en tiempos de activación, tiempos de cierre, el caudal de retorno y caudal de inyección varía de acuerdo al ciclo de trabajo.

Tabla 60.

Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 400 bar de presión a 4560 rpm.

	Presión	Presión	Caudal	Caudal	ángulo	Corriente	Voltaje	Voltaje	Ta	Ti	Tr	Tc	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo
	(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
Bosch 0445110070	400	310	19	8	9,74	14	11	6,5	2,8	0,8	2	23,52	26,3	38	4560	10	8
	400	240	32	10	9,74	14	11	7	5,1	0,8	4,3	21,22	26,3	38	4560	20	8
	400	210	38	14	9,74	14	11	7	6,8	0,8	6	19,52	26,3	38	4560	25	8
	400	190	42	16	9,74	14	11	6,5	8	0,8	7,2	18,32	26,3	38	4560	30	8
Bosch 0445110250	400	310	15	6	9,42	7,75	10	5,5	2,70	1	1,7	23,62	26,3	38	4560	10	8
	400	250	28	9	9,42	7,75	10	5,25	5,25	1	4,25	21,07	26,3	38	4560	20	8
	400	230	33	10	9,42	7,75	10	5,25	6,70	1	5,7	19,62	26,3	38	4560	25	8
	400	200	37	11	9,42	7,5	10	5,25	7,90	1	6,9	18,42	26,3	38	4560	30	8
Denso 6520 10H0044	400	280	29	7	9,3	9	10	7	2,8	1	1,8	23,52	26,3	38	4560	10	8
	400	200	39	10	9,3	8	10	7,25	5,2	1	4,2	21,12	26,3	38	4560	20	8
	400	180	44	11	9,3	8	10	7	6,8	1	5,8	19,52	26,3	38	4560	25	8
	400	160	48	13	9,3	7,5	10	7	7,9	1	6,9	18,42	26,3	38	4560	30	8
Delphi VQ5CB56B99	400	280	30	8	9,06	9	10	7	3,9	0,5	3,4	22,42	26,3	38	4560	10	8
	400	200	40	11	9,06	8	10	7,25	5,2	0,5	4,7	21,12	26,3	38	4560	20	8
	400	180	45	12	9,06	8	10	7	6,8	0,5	6,3	19,52	26,3	38	4560	25	8
	400	160	49	14	9,06	7,5	10	7	7,9	0,5	7,4	18,42	26,3	38	4560	30	8

En la tabla 60 la presión de prueba es de 1000 bar a 1560 rpm, para el análisis de los 4 inyectores, los ángulos de pulverización varían por cada inyector, el tiempo de activación se mantiene para los cuatro tipos de inyectores, de acuerdo al ciclo de trabajo y es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector

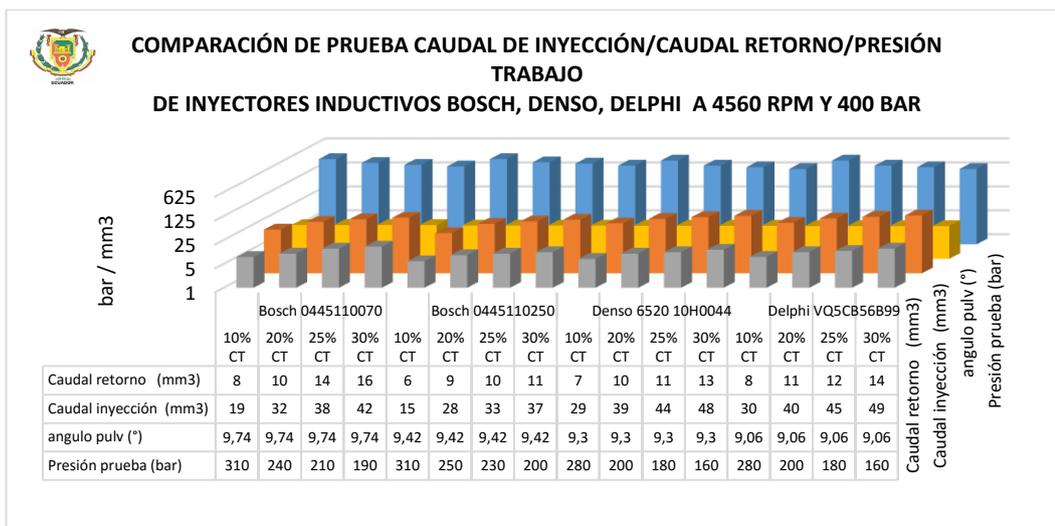


Figura 249: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 400 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, al 30% de ciclo duty y un mayor retorno en el inyector Delphi con 13 ml al 30% de apertura de la aguja, en los ensayos se observa una variación en la presión por el inicio de inyección para cada ciclo de trabajo.

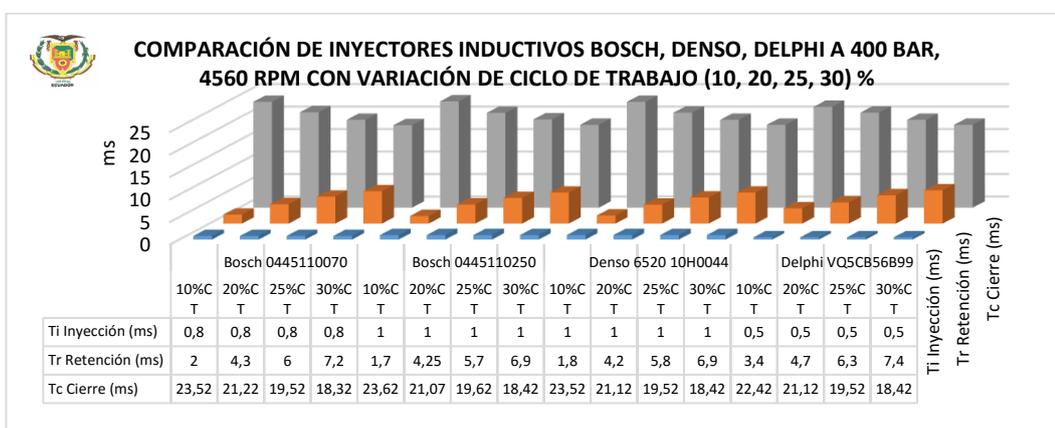


Figura 250: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 400 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

El inyector Delphi presenta un tiempo de inyección de 0,5 milisegundo, a diferencia de los otros 3 inyectores que tienen un tiempo de apertura de la aguja del inyector de 1 milisegundo el ciclo de trabajo es directamente proporcional al tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector

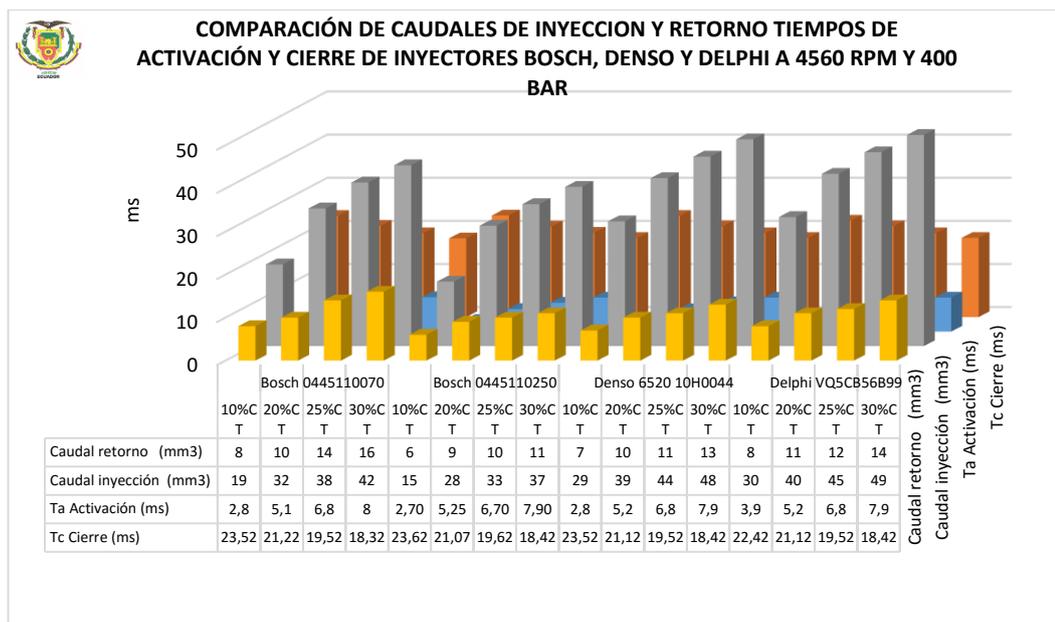


Figura 251: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 400 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Denso 652010H044 del vehículo Hino dutro para cada una de las pruebas, el menor caudal de retorno se muestra en el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, se tiene un periodo de 76,9 ms que tarda en abrir y cerrar la aguja del inyector a ralentí.

Análisis y conclusiones

- Las pruebas a 400 bar, a 4560 rpm del motor, con variaciones de ciclo de trabajo entre 10 a 30% de apertura del inyector, obteniendo una relación de 3 a 1 en caudal de inyección y retorno.
- En prueba a 400 bar se observa que al 10 % de ciclo de trabajo se obtiene un tiempo de activación de 7,8 milisegundos y un caudal de inyección de 23 ml en comparación al 30 % de ciclo de trabajo se consigue un tiempo de 20,8 milisegundos con un caudal de inyección de 53 ml, hay una diferencia entre el (10 y 30) % de 13 milisegundos y una proporción de caudal de inyección 30 ml.
- Se puede controlar el tiempo de apertura de los inyectores, se observa que los 4 inyectores a prueba presentan similares características en tiempos de activación, tiempos de cierre, el caudal de retorno y caudal de inyección varía de acuerdo al ciclo de trabajo.

Tabla 61.

Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 600 bar de presión a 4560 rpm.

	Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
	(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
Bosch 0445110070	600	450	26	11	9,74	14	11	6,5	2,8	0,8	2	23,52	26,3	38	4560	10	8
	600	320	40	12	9,74	14	11	6,5	5,1	0,8	4,3	21,22	26,3	38	4560	20	8
	600	290	45	13	9,74	14	11	7	6,8	0,8	6	19,52	26,3	38	4560	25	8
	600	250	51	15	9,74	14	11	7	8	0,8	7,2	18,32	26,3	38	4560	30	8
Bosch 0445110250	600	440	21	8	9,42	6,75	10	5,25	2,70	1	1,7	23,62	26,3	38	4560	10	8
	600	340	35	12	9,42	6,75	10	5,25	5,25	1	4,25	21,07	26,3	38	4560	20	8
	600	310	43	13	9,42	6,75	10	5,25	6,60	1	5,6	19,72	26,3	38	4560	25	8
	600	290	48	13	9,42	6,5	10	5,5	7,90	1	6,9	18,42	26,3	38	4560	30	8
Denso 6520 10H0044	600	370	35	10	9,3	8,75	10	7	2,8	1	1,8	23,52	26,3	38	4560	10	8
	600	270	49	12	9,3	8,5	11	7	5,2	1	4,2	21,12	26,3	38	4560	20	8
	600	240	60	14	9,3	8,25	10	7	6,8	1	5,8	19,52	26,3	38	4560	25	8
	600	200	61	15	9,3	8	10	7	7,9	1	6,9	18,42	26,3	38	4560	30	8
Delphi VQ5CB56B99	600	370	36	11	9,06	8,75	10	7	2,8	0,5	2,3	23,52	26,3	38	4560	10	8
	600	270	50	13	9,06	8,5	11	7	5,2	0,5	4,7	21,12	26,3	38	4560	20	8
	600	240	61	15	9,06	8,25	10	7	6,8	0,5	6,3	19,52	26,3	38	4560	25	8
	600	200	62	16	9,06	8	10	7	7,9	0,5	7,4	18,42	26,3	38	4560	30	8

En la tabla 61 la presión de prueba es de 600 bar a 4560 rpm, para el análisis de los 4 inyectores, los ángulos de pulverización varían por cada inyector, el tiempo de activación se mantiene para los cuatro tipos de inyectores, de acuerdo al ciclo de trabajo y es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector

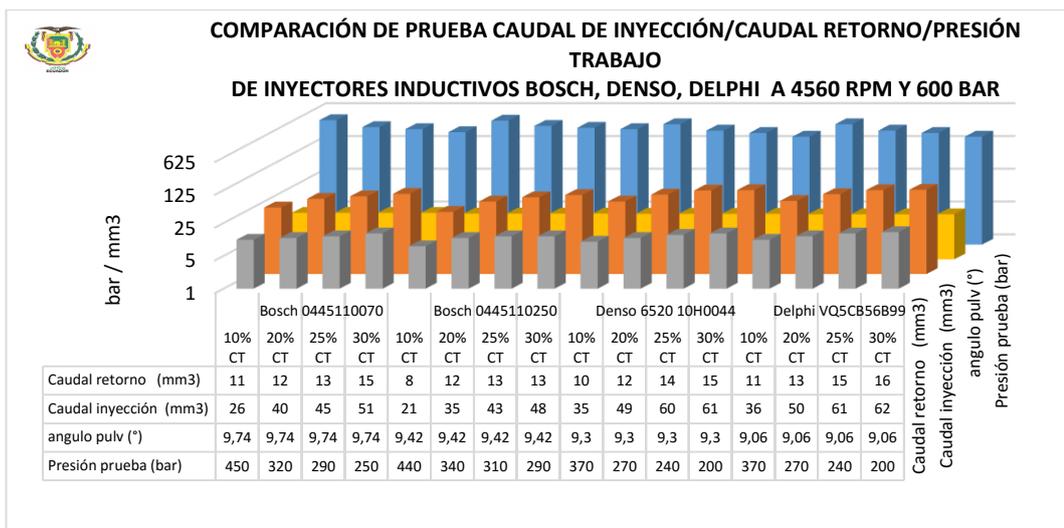


Figura 252: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 600 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, al 30% de ciclo duty y un mayor retorno en el inyector Delphi con 13 ml al 30% de apertura de la aguja, en los ensayos se observa una variación en la presión por el inicio de inyección para cada ciclo de trabajo.

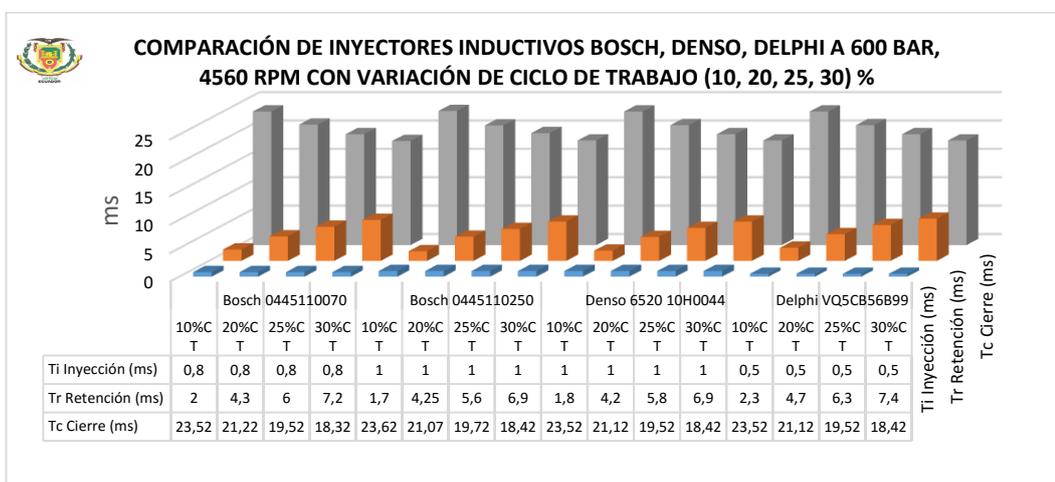


Figura 253: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 600 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

El inyector Delphi presenta un tiempo de inyección de 0,5 milisegundo, a diferencia de los otros 3 inyectores que tienen un tiempo de apertura de la aguja del inyector de 1 milisegundo el ciclo de trabajo es directamente proporcional al tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector

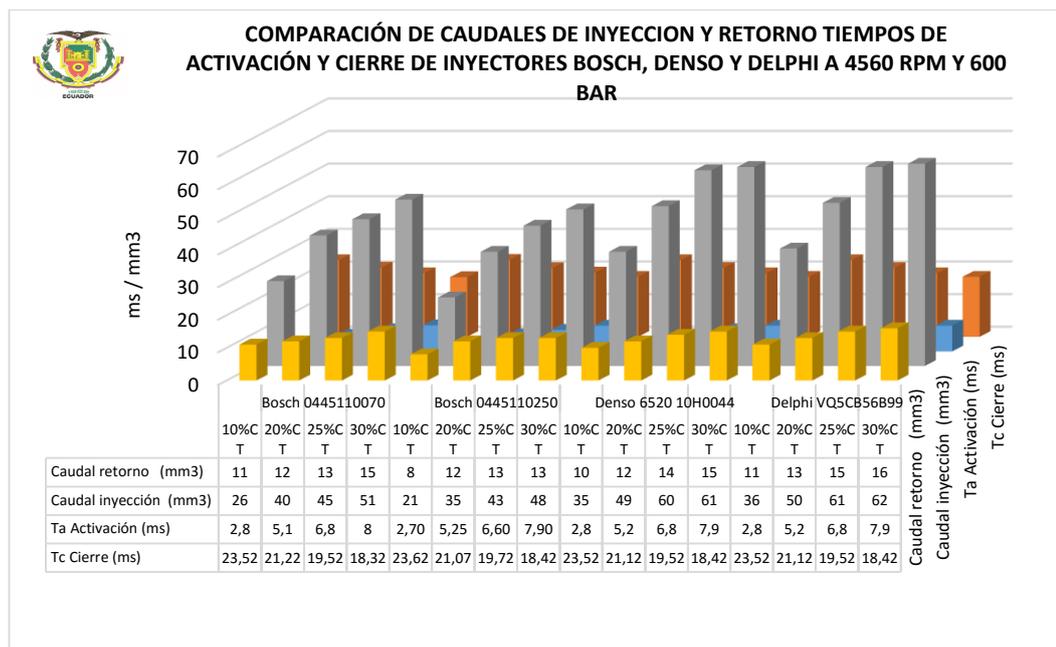


Figura 254: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 600 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Denso 652010H044 del vehículo Hino dutro para cada una de las pruebas, el menor caudal de retorno se muestra en el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, se tiene un periodo de 76,9 ms que tarda en abrir y cerrar la aguja del inyector a ralentí.

Análisis y conclusiones

- Las pruebas a 600 bar, a 4560 rpm del motor, con variaciones de ciclo de trabajo entre 10 a 30% de apertura del inyector, obteniendo una relación de 3 a 1 en caudal de inyección y retorno.
- En prueba a 600 bar se observa que al 10 % de ciclo de trabajo se obtiene un tiempo de activación de 7,8 milisegundos y un caudal de inyección de 23 ml en comparación al 30 % de ciclo de trabajo se consigue un tiempo de 20,8 milisegundos con un caudal de inyección de 53 ml, hay una diferencia entre el (10 y 30) % de 13 milisegundos y una proporción de caudal de inyección 30 ml.
- Se puede controlar el tiempo de apertura de los inyectores, se observa que los 4 inyectores a prueba presentan similares características en tiempos de activación, tiempos de cierre, el caudal de retorno y caudal de inyección varía de acuerdo al ciclo de trabajo.

Tabla 62.

Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 800 bar de presión a 4560 rpm.

	Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
	(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
Bosch	800	560	27	8	9,74	14	11	6,5	2,8	0,8	2	23,52	26,3	38	4560	10	8
0445110070	800	410	40	12	9,74	14	11	7	5,1	0,8	4,3	21,22	26,3	38	4560	20	8
	800	350	56	13	9,74	15	11	7	6,8	0,8	6	19,52	26,3	38	4560	25	8
	800	320	59	15	9,74	13	11	6,5	8	0,8	7,2	18,32	26,3	38	4560	30	8
Bosch	800	600	21	8	9,42	7	10	5,25	2,70	1	1,7	23,62	26,3	38	4560	10	8
0445110250	800	450	41	11	9,42	6,5	10	5,5	5,25	1	4,25	21,07	26,3	38	4560	20	8
	800	380	50	12	9,42	6,5	10	5,5	6,60	1	5,6	19,72	26,3	38	4560	25	8
	800	350	52	14	9,42	6,5	10	5,5	7,90	1	6,9	18,42	26,3	38	4560	30	8
Denso 6520	800	460	38	8	9,3	9	10	7	2,8	1	1,8	23,52	26,3	38	4560	10	8
10H0044	800	340	56	9	9,3	9	10,5	7,5	5,2	1	4,2	21,12	26,3	38	4560	20	8
	800	290	62	10	9,3	8,25	10	7	6,8	1	5,8	19,52	26,3	38	4560	25	8
	800	250	73	13	9,3	8,25	10	7	7,9	1	6,9	18,42	26,3	38	4560	30	8
Delphi	800	460	39	9	9,06	9	10	7	2,8	0,5	2,3	23,52	26,3	38	4560	10	8
VQ5CB56B99	800	340	57	10	9,06	9	10,5	7,5	5,2	0,5	4,7	21,12	26,3	38	4560	20	8
	800	290	63	11	9,06	8,25	10	7	6,8	0,5	6,3	19,52	26,3	38	4560	25	8
	800	250	74	14	9,06	8,25	10	7	7,9	0,5	7,4	18,42	26,3	38	4560	30	8

En la tabla 62 la presión de prueba es de 800 bar a 4560 rpm, para el análisis de los 4 inyectores, los ángulos de pulverización varían por cada inyector, el tiempo de activación se mantiene para los cuatro tipos de inyectores, de acuerdo al ciclo de trabajo y es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector

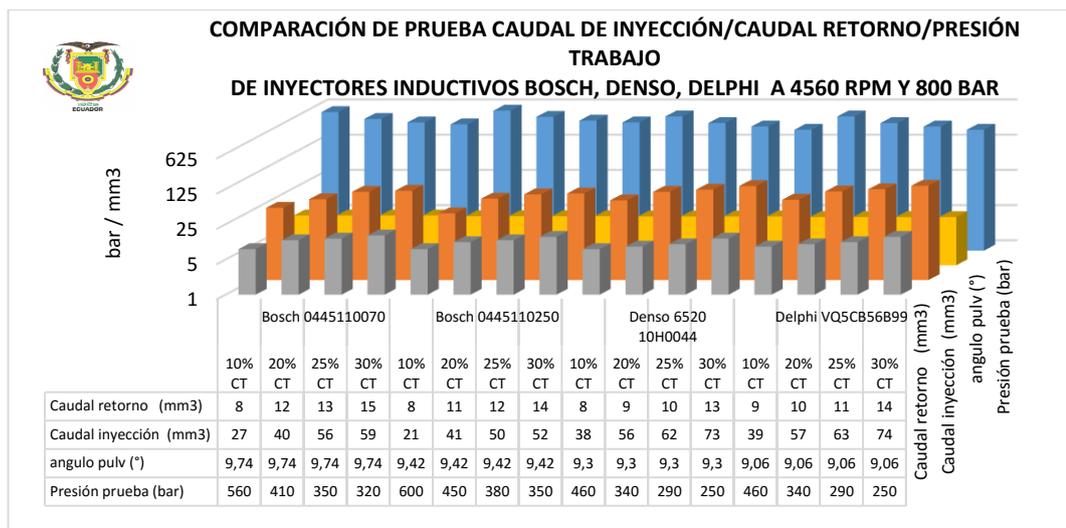


Figura 255: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 800 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, al 30% de ciclo duty y un mayor retorno en el inyector Delphi con 13 ml al 30% de apertura de la aguja, en los ensayos se observa una variación en la presión por el inicio de inyección para cada ciclo de trabajo.

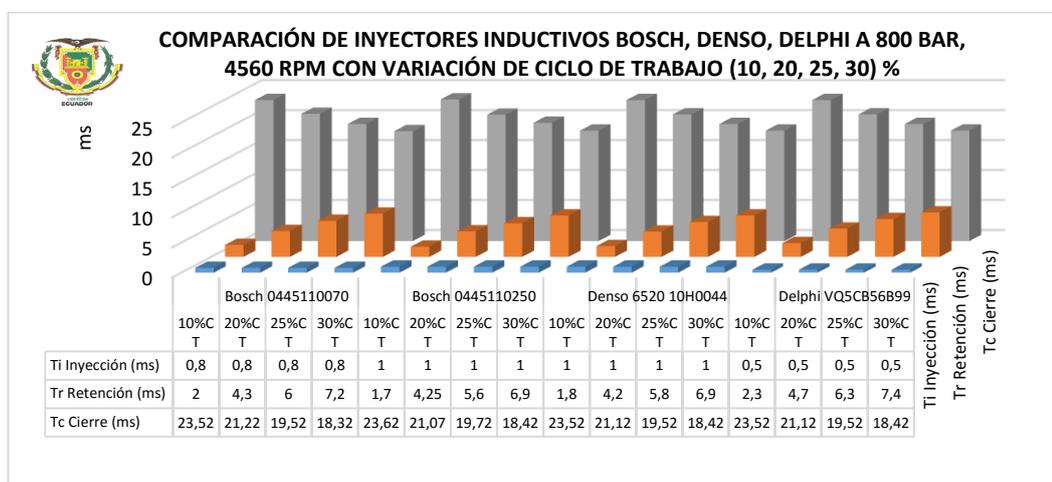


Figura 256: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 800 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

El inyector Delphi presenta un tiempo de inyección de 0,5 milisegundo, a diferencia de los otros 3 inyectores que tienen un tiempo de apertura de la aguja del inyector de 1 milisegundo el ciclo de trabajo es directamente proporcional al tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector.

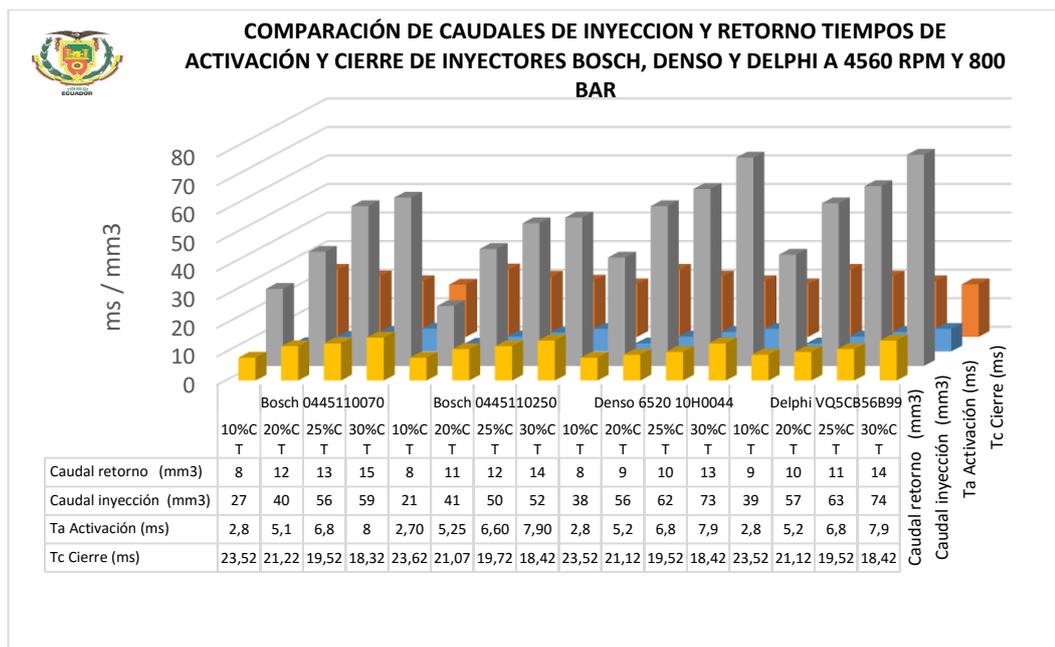


Figura 257: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 1000 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Denso 652010H044 del vehículo Hino dutro para cada una de las pruebas, el menor caudal de retorno se muestra en el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, se tiene un periodo de 76,9 ms que tarda en abrir y cerrar la aguja del inyector a ralentí.

Análisis y conclusiones

- Las pruebas a 800 bar, a 4560 rpm del motor, con variaciones de ciclo de trabajo entre 10 a 30% de apertura del inyector, obteniendo una relación de 3 a 1 en caudal de inyección y retorno.
- En prueba a 800 bar se observa que al 10 % de ciclo de trabajo se obtiene un tiempo de activación de 7,8 milisegundos y un caudal de inyección de 23 ml en comparación al 30 % de ciclo de trabajo se consigue un tiempo de 20,8 milisegundos con un caudal de inyección de 53 ml, hay una diferencia entre el (10 y 30) % de 13 milisegundos y una proporción de caudal de inyección 30 ml.
- Se puede controlar el tiempo de apertura de los inyectores, se observa que los 4 inyectores a prueba presentan similares características en tiempos de activación, tiempos de cierre, el caudal de retorno y caudal de inyección varía de acuerdo al ciclo de trabajo.

Tabla 63.

Comparación de los 4 tipos de inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi, con variación de ciclo duty al 10%, 20%, 25%, 30% a 1000 bar de presión a 4560 rpm.

	Presión	Presión prueba	Caudal inyección	Caudal retorno	ángulo pulv	Corriente	Voltaje	Voltaje Mantenimiento	Ta Activación	Ti Inyección	Tr Retención	Tc Cierre	Período	Frecuencia	RPM	Ciclo Duty	tiempo de prueba
	(bar)	(bar)	(mm3)	(mm3)	(°)	(A)	(V)	(V)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(Hz)		(%)	(s)
Bosch 0445110070	1000	700	32	10	9,74	15	11	7,5	2,8	0,8	2	23,52	26,3	38	4560	10	8
	1000	510	58	11	9,74	15	11	7	5,1	0,8	4,3	21,22	26,3	38	4560	20	8
	1000	450	61	12	9,74	14	11	7	6,8	0,8	6	19,52	26,3	38	4560	25	8
Bosch 0445110250	1000	400	69	14	9,74	14	11	6,5	8	0,8	7,2	18,32	26,3	38	4560	30	8
	1000	700	28	12	9,42	6,5	10	5,25	2,70	1	1,7	23,62	26,3	38	4560	10	8
	1000	550	49	13	9,42	6,25	10	5,25	5,25	1	4,25	21,07	26,3	38	4560	20	8
	1000	520	60	13	9,42	6,25	10	5,5	6,60	1	5,6	19,72	26,3	38	4560	25	8
Denso 6520 10H0044	1000	400	62	17	9,42	6	10	6	7,90	1	6,9	18,42	26,3	38	4560	30	8
	1000	550	42	11	9,3	9	10	7	2,8	1	1,8	23,52	26,3	38	4560	10	8
	1000	400	63	15	9,3	9	10	7,5	5,2	1	4,2	21,12	26,3	38	4560	20	8
	1000	350	71	17	9,3	8,25	10	7,25	6,8	1	5,8	19,52	26,3	38	4560	25	8
Delphi VQ5CB56B99	1000	300	79	19	9,3	8,25	10	7	7,9	1	6,9	18,42	26,3	38	4560	30	8
	1000	550	43	12	9,06	9	10	7	2,8	0,5	2,3	23,52	26,3	38	4560	10	8
	1000	400	64	16	9,06	9	10	7,5	5,2	0,5	4,7	21,12	26,3	38	4560	20	8
	1000	350	72	18	9,06	8,25	10	7,25	6,8	0,5	6,3	19,52	26,3	38	4560	25	8
	1000	300	80	20	9,06	8,25	10	7	7,9	0,5	7,4	18,42	26,3	38	4560	30	8

En la tabla 45 la presión de prueba es de 1000 bar a 4560 rpm, para el análisis de los 4 inyectores, los ángulos de pulverización varían por cada inyector, el tiempo de activación se mantiene para los cuatro tipos de inyectores, de acuerdo al ciclo de trabajo y es directamente proporcional al caudal de inyección, caudal de retorno, tiempo de activación, tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector

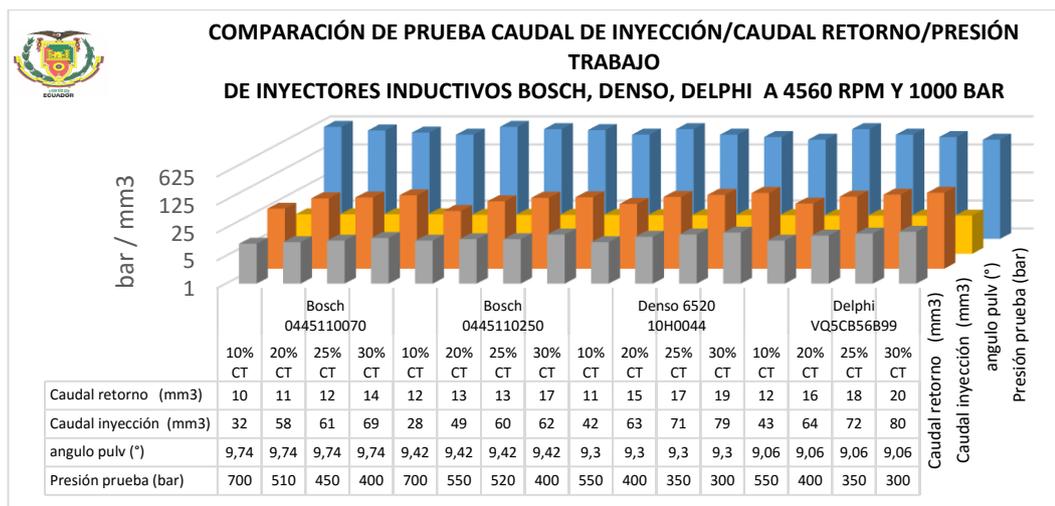


Figura 258: Comparación de caudales de inyección y retorno de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 1000 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, al 30% de ciclo duty y un mayor retorno en el inyector Delphi con 13 ml al 30% de apertura de la aguja, en los ensayos se observa una variación en la presión por el inicio de inyección para cada ciclo de trabajo.

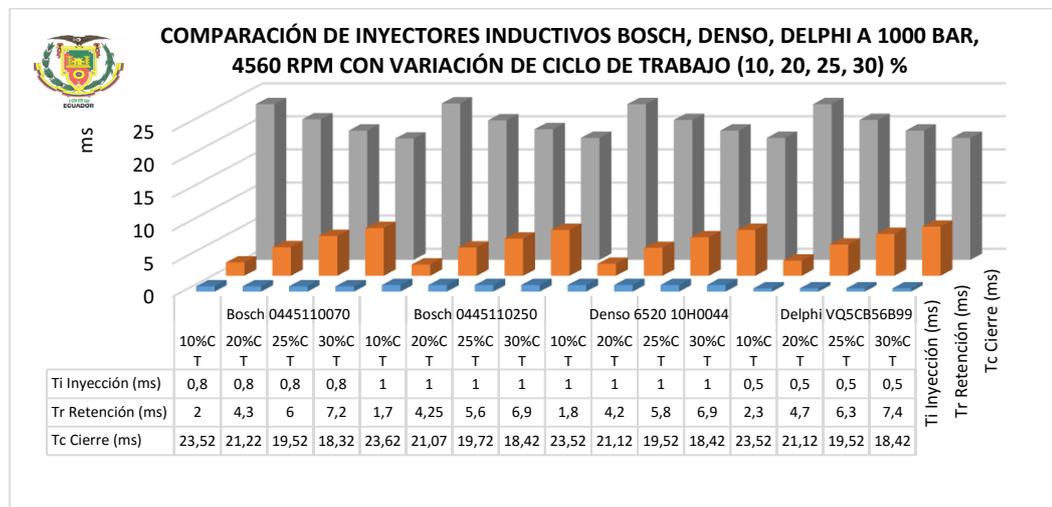


Figura 259: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi a 1000 bar y 4560 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

El inyector Delphi presenta un tiempo de inyección de 0,5 milisegundo, a diferencia de los otros 3 inyectores que tienen un tiempo de apertura de la aguja del inyector de 1 milisegundo el ciclo de trabajo es directamente proporcional al tiempo de retención e inversamente proporcional al tiempo de cierre del inyector

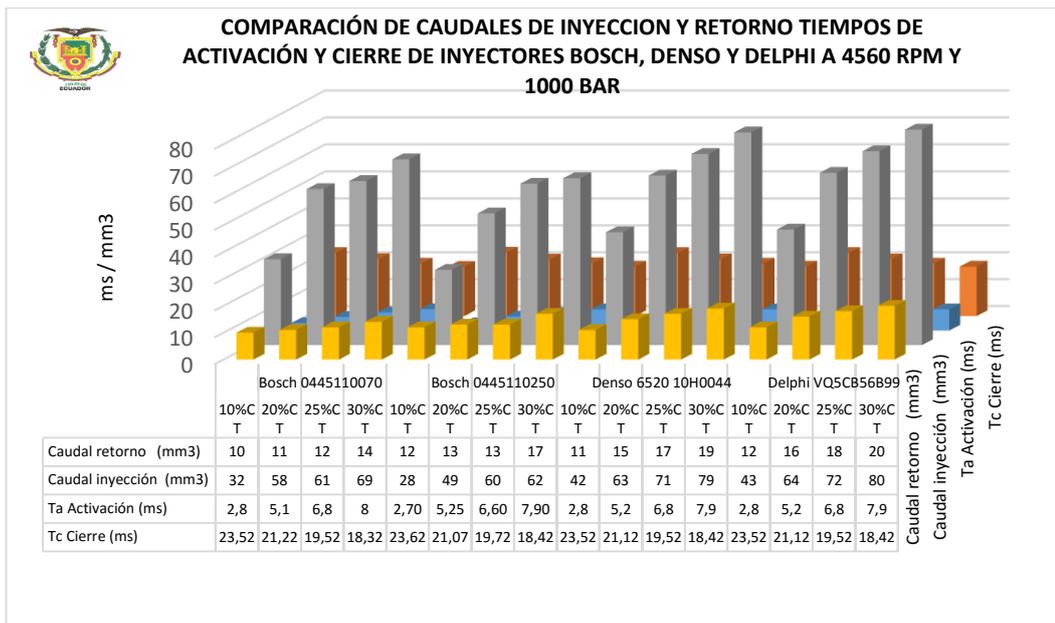


Figura 260: Comparación de tiempos de apertura y cierre de inyectores inductivos Bosch, Denso, Delphi y caudales de inyección y retorno a 1000 bar y 840 rpm con variación de ciclo de trabajo (10, 20, 25, 30) %.

Un mayor caudal de inyección tiene el inyector Denso 652010H044 del vehículo Hino dutro para cada una de las pruebas, el menor caudal de retorno se muestra en el inyector Bosch 0445110070 del vehículo Terracan, se tiene un periodo de 76,9 ms que tarda en abrir y cerrar la aguja del inyector a ralentí.

Análisis y conclusiones

- Las pruebas a 1000 bar, a 4560 rpm del motor, con variaciones de ciclo de trabajo entre 10 a 30% de apertura del inyector, obteniendo una relación de 3 a 1 en caudal de inyección y retorno.
- En prueba a 1000 bar se observa que al 10 % de ciclo de trabajo se obtiene un tiempo de activación de 7,8 milisegundos y un caudal de inyección de 23 ml en comparación al 30 % de ciclo de trabajo se consigue un tiempo de 20,8 milisegundos con un caudal de inyección de 53 ml, hay una diferencia entre el (10 y 30) % de 13 milisegundos y una proporción de caudal de inyección 30 ml.
- Se puede controlar el tiempo de apertura de los inyectores, se observa que los 4 inyectores a prueba presentan similares características en tiempos de activación, tiempos de cierre, el caudal de retorno y caudal de inyección varía de acuerdo al ciclo de trabajo.

4.10. Pruebas de inyectores inductivos con modulación de anchos de pulsos PWM

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ ESPE LATACUNGA INFORME DE PRÁCTICA DEL EQUIPO DE DIAGNÓSTICO		
Cristian Morán Rodrigo Passo	Práctica N° 06	2016/
Tema: Cálculos y medición de anchos de pulsos PWM.	Asignatura: Autotrónica III	

Objetivos

- Conocer y verificar cada uno de los tiempos de activación y cierre mediante cálculos a 960 rpm, y con variaciones de modulación de ancho de pulso PWM y comparar gráficamente mediante el osciloscopio.
- Obtener curvas características de corriente y voltaje para analizar los tiempos de activación de cada inyector.
- Realizar tablas de mediciones en hojas de cálculo de Excel para poder realizar una comparación a presiones de (200, 700, 1000) bar.
- Realizar graficas en Excel mediante las tablas obtenidas a los diferentes ensayos de presiones y ciclos de trabajo.

Equipo

- Banco de comprobación de inyectores.
- Multímetro.
- Inyectores.
- Caja de herramientas.
- Osciloscopio
- Pinza amperimétrica amperimétrica
- Equipo de seguridad para manipular maquinaria (guantes, gafas mandil, zapatos industriales).
- Computador instalado el programa Owon.

Desarrollo de la Práctica

Realizar grupos de trabajo para la práctica de cálculos y medición de modulaciones de ancho de pulso, de los distintos inyectores inductivos crdi, el equipo se puede realizar la prueba de un inyector CRDI a la vez.

Todos los integrantes del equipo deben de poseer los respectivos implementos de seguridad, para realizar la práctica ya que están manipulando maquinaria a elevadas presiones y voltajes altos.

4.10.1. Pruebas para diagnóstico de inyectores Modo CRDI

Esencialmente existen tres pruebas necesarias para poder diagnosticar inyectores:

- Modo pilot
- Modo main
- Modo max
- Modo manual

a. Modo pilot

En esta prueba se evalúa los anchos de pulsos a 150 us para preinyección de los inyectores durante un tiempo de 37 segundos y por mediciones de caudal de inyección y retorno.

b. Modo main

En esta prueba se tiene una modulación de ancho de pulsos de 800 us para la inyección principal en un tiempo estimado de 37 segundos programados en el módulo de control electrónico.

c. Modo max

En esta prueba se evalúa una apertura de inyección de 1500 us, en 37 segundos programados se encuentra en un tiempo estimado de inyección que oscila entre 0,8 a 1,5 milisegundos.

d. Modo manual

En esta prueba se puede variar la modulación de ancho de pulso de 150 a 1500 us, durante la prueba se modifica los tiempos de apertura del inyector y la prueba se la realiza en un tiempo programado de 37 segundos.

ADVERTENCIA: en este modo prueba se debe seleccionar el tipo de inyector correcto ya que los inyectores inductivos Delphi trabajan a un voltaje de 12V DC, y

los inyectores Bosch y Denso a un voltaje de apertura de 60 a 80V DC, de no prestar atención a esta precaución se podría quemar la bobina del inyector Delphi.

4.10.2. Cálculo de prueba de RPM en función de la frecuencia

Datos:

T= 125 ms

$$N = \frac{120000}{T}$$

$$N = 960 \text{ RPM}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = 8 \text{ Hz}$$

4.10.3. Cálculos de ángulos de inyección

a) Inyector inductivo Bosch

Número de serie: 0445110070

Vehículo: Terracan 2.0

Resistencia: 0,5 Ohmios

Escala osciloscopio: Pinza Amperimétrica amperimétrica cada 100mv/1A; Puntas de Osciloscopio x10V.

Ángulo de disparo

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

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

Ángulo de dispersión

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

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{7 + 3}{40}\right) - \arctan\left(\frac{3}{40}\right)$$

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

$$\gamma_T \quad \beta = 9,74^\circ$$

Tabla 64.

Prueba de Inyector Bosch 0445110070 a 960 RPM con variación de modulación de ancho de pulso PWM y a presiones de (200, 700, 1000) bar.

	Presión prueba (bar)	Tiempo de prueba (s)	Caudal inyección (ml)	Caudal retorno (ml)	Período (ms)	Ta (ms)	Ti (ms)	Tr (ms)	Tc (ms)	Frecuencia (Hz)	RPM	Voltaje (V)	Corriente de apertura (A)	Corriente de mantenimiento (A)	Ángulo de pulverización
MODO PILOT	200	37	1	21	125	0,25	0,04	0,21	124,75	8	960	64	19	5	9,74
	700		3	7	125	0,2	0,04	0,16	124,8	8	960	57	20	8	9,74
	1000		5	8	125	0,16	0,04	0,12	124,84	8	960	68,5	19	10	9,74
MODO MAIN	200	37	1	3	125	0,65	0,08	0,57	124,35	8	960	53	23	9	9,74
	700		10	6	125	0,64	0,04	0,6	124,36	8	960	68	22	9	9,74
	1000		12	10	125	0,64	0,08	0,56	124,36	8	960	64	20	10	9,74
MODO MAX	200	37	2	4	125	1	0,04	0,96	124	8	960	60	20	9	9,74
	700		12	6	125	1	0,04	0,96	124	8	960	65	20	9	9,74
	1000		16	10	125	1	0,04	0,96	124	8	960	64	19	11	9,74
MODO MANUAL PWM=150	200	37	1	2	125	0,2	0,04	0,16	124,8	8	960	65	20	9	9,74
	700		3	5	125	0,12	0,04	0,08	124,88	8	960	68	18	5	9,74
	1000		6	12	125	0,2	0,04	0,16	124,8	8	960	68	19	5	9,74
MODO MANUAL PWM=800	200	37	2	3	125	0,8	0,04	0,76	124,2	8	960	65	18	8	9,74
	700		11	6	125	0,8	0,04	0,76	124,2	8	960	56	20	9	9,74
	1000		13	9	125	0,8	0,04	0,76	124,2	8	960	65	18	9	9,74
MODO MANUAL PWM=1500	200	37	4	5	125	1,5	0,04	1,46	123,5	8	960	65	20	8	9,74
	700		15	9	125	1,5	0,08	1,42	123,5	8	960	54	21	9	9,74
	1000		20	11	125	1,55	0,04	1,51	123,45	8	960	65	18	8	9,74

En la tabla 64 se 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 Bosch se realizó pruebas a (200, 700, 1000) bares de presión.

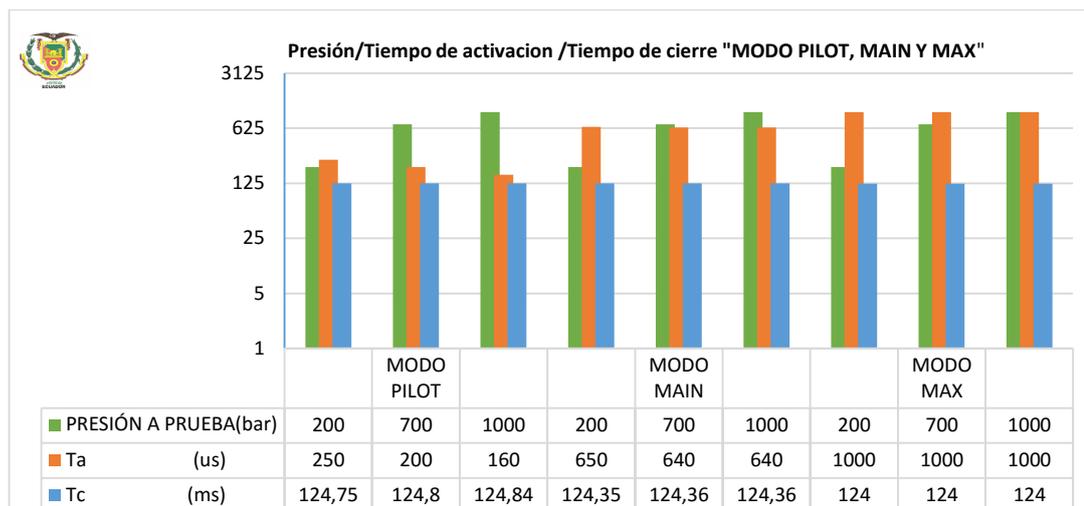


Figura 261: Comparación de modulación de ancho de pulso automática para inyector Bosch 0445110070 a 960 RPM.

En la figura 261 se observa, que los tiempos de cierre es 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.

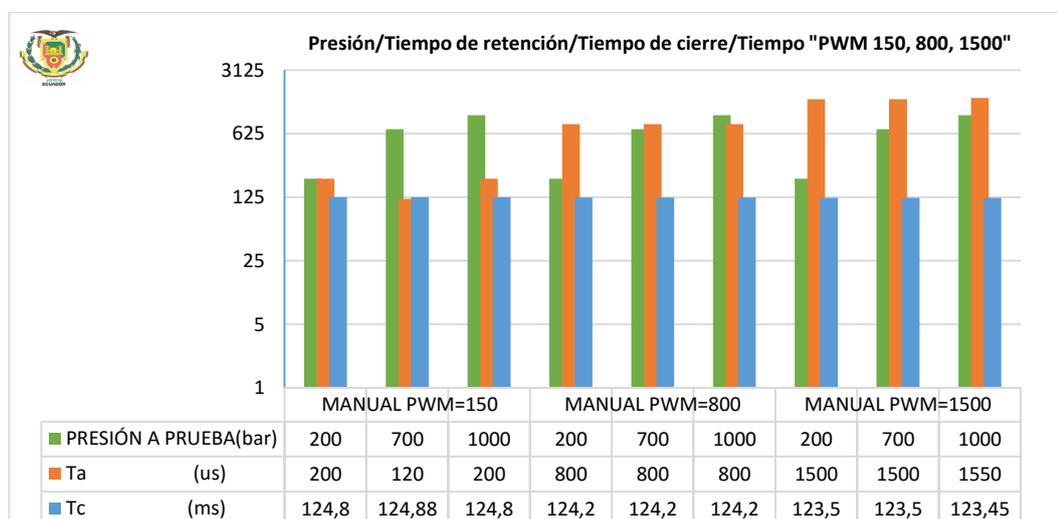


Figura 262: Comparación de modulación de ancho de pulso controlada para inyector Bosch 0445110070 a 960 RPM.

En la figura 262 se observa, que los tiempos de cierre es 124 ms y permanece constante en cada una de las pruebas realizadas, mientras que los tiempos de apertura oscilan entre (0,12 a 1,5) milisegundos, la parte electrónica es independiente de la presión de prueba.

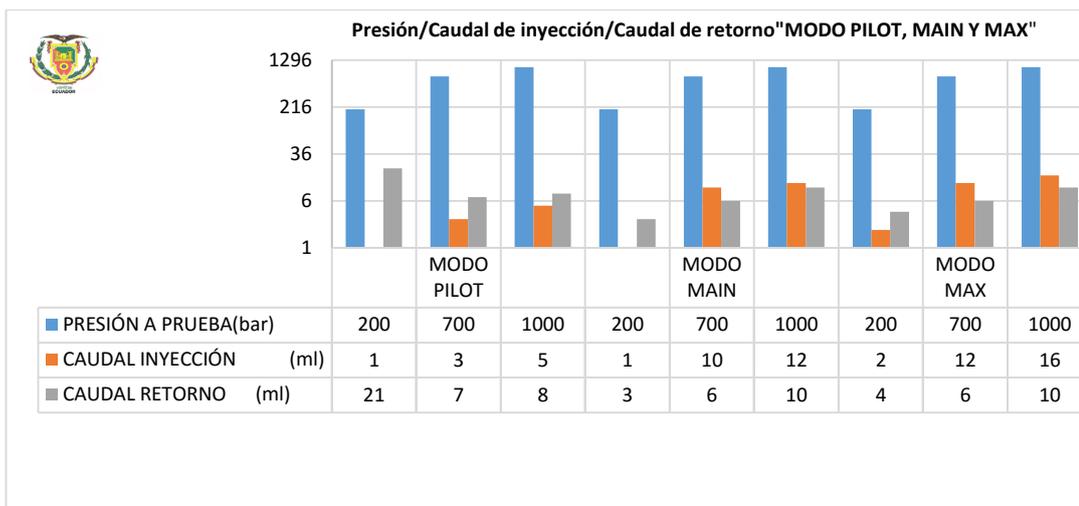


Figura 263: Comparación de caudales de inyección y retorno con PWM automático para inyector Bosch 0445110070 a 960 RPM.

En la figura 263 se observa que se tiene el mínimo caudal de inyección a presión de 200 bar y el mayor caudal de retorno en modo pilot con 21 ml a comparación de los 1000 bares tiene un retorno de 8 ml, la relación entre caudal de inyección y retorno es de 2 a 1 la presión es directamente proporcional al caudal de inyección.

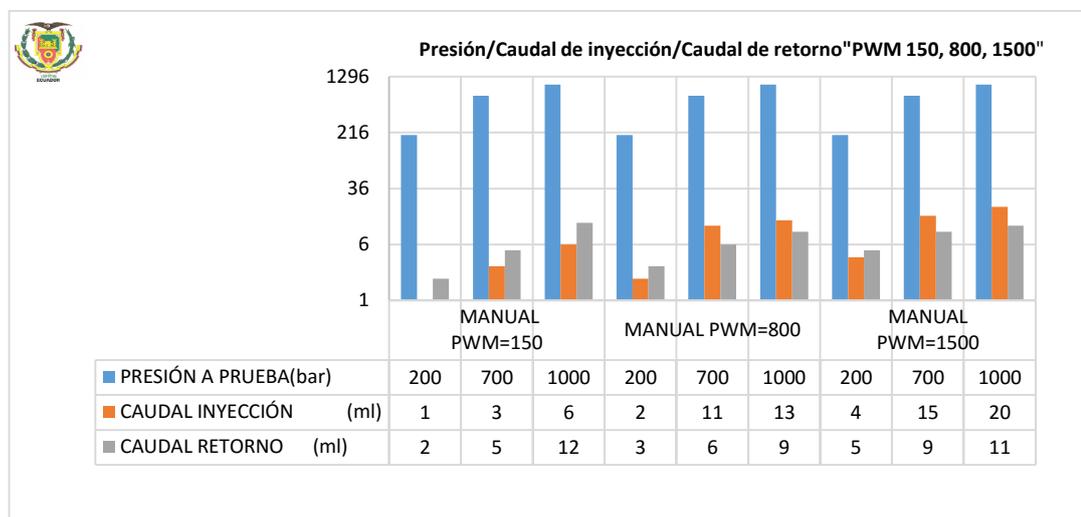


Figura 264: Comparación de caudales de inyección y retorno con PWM controlado para inyector Bosch 0445110070 a 960 RPM.

En la figura 264 se observa que se tiene el mínimo caudal de inyección a presión de 200 bar y el mayor caudal de retorno a una modulación de ancho de pulso de 1,5 ms con 12 ml a 1000 bar, la relación entre caudal de inyección y retorno es de 2 a 1 la presión es directamente proporcional al caudal de inyección.

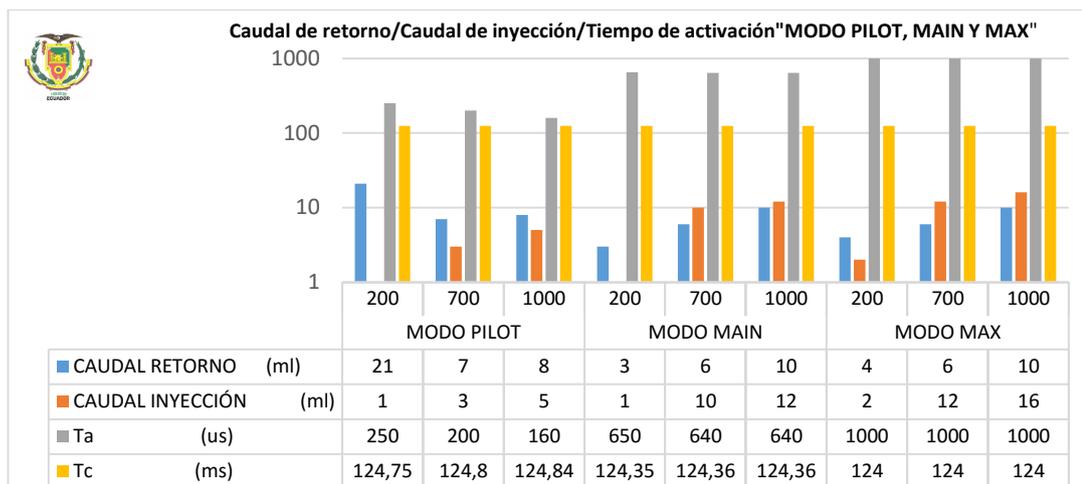


Figura 265: Comparación de caudales de inyección / retorno y tiempos de activación / cierre con PWM automático para inyector Bosch 0445110070 a 960 RPM.

En la figura 265 se observa, que los tiempos de cierre es 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.

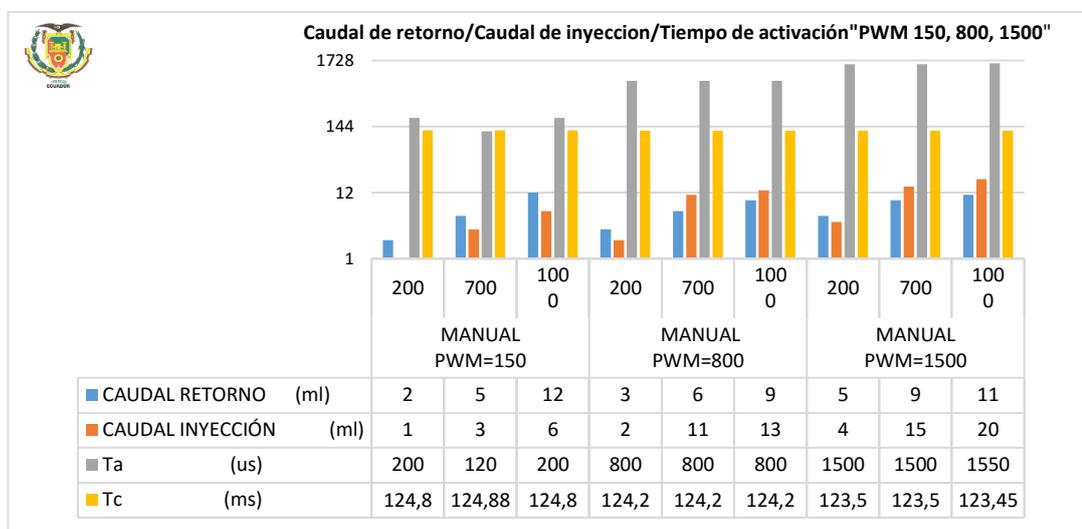


Figura 266: Comparación de caudales de inyección / retorno y tiempos de activación / cierre con PWM automático para inyector Bosch 0445110070 a 960 RPM.

En la figura 266 se observa, que los tiempos de cierre es 124 ms y permanece constante en cada una de las pruebas realizadas, el mayor caudal de inyección es 20 ml a 1000 bares con 1 ms de apertura.

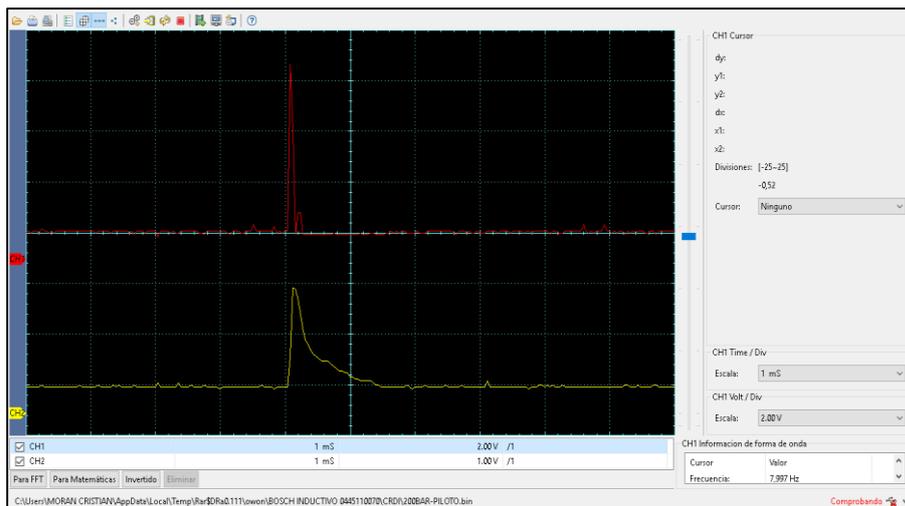


Figura 267: Curva de corriente y voltaje para inyector Bosch 0445110070 a 960 RPM y función pilot.

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 20°, 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.

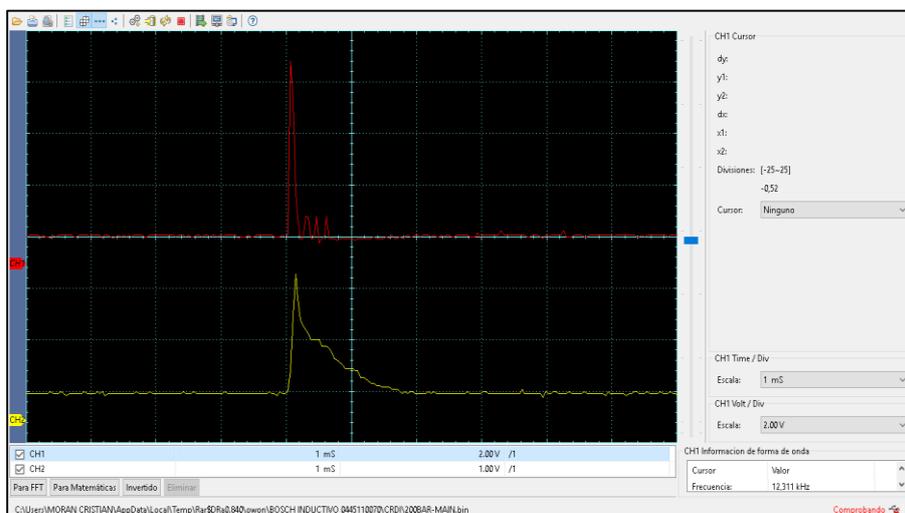


Figura 268: Curva de corriente y voltaje para inyector Bosch 0445110070 a 960 RPM y función main.

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 el periodo total es de 125 ms a 960 rpm y 8 Hz.

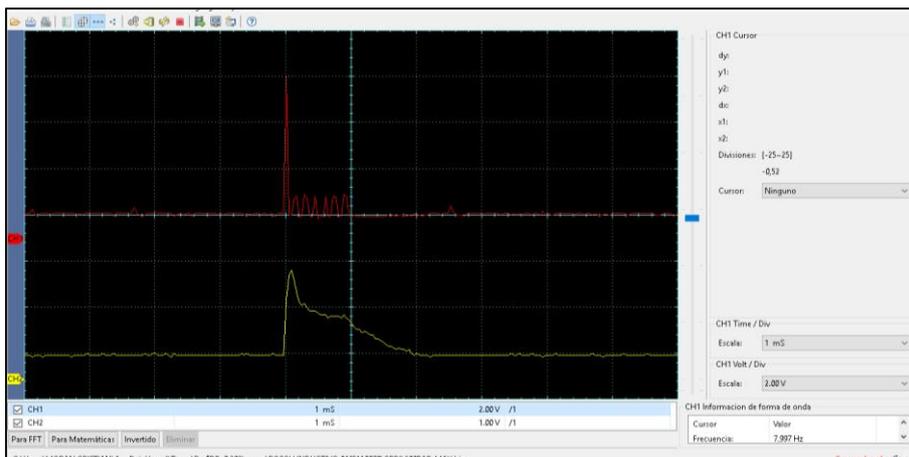


Figura 269: Curva de corriente y voltaje para inyector Bosch 0445110070 a 960 RPM y función max.

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 1 ms con un tiempo de cierre de 124,35 el periodo total es de 125 ms a 960 rpm y 8 Hz.

b) Inyector inductivo Bosch

Número de serie: 0445110250

Vehículo: Mazda BT 50 2.5

Resistencia: 0,3 Ohmios

Escala osciloscopio: Pinza Amperimétrica amperimétrica cada 100mv/1A; Puntas de Osciloscopio x10V.

Ángulo de disparo

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

$$I_T = 14,04^\circ$$

Ángulo de dispersión

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

$$\gamma_T \quad \beta = 18,65^\circ - 9,23^\circ$$

$$\gamma_T \quad \beta = 9,42^\circ$$

Tabla 65.

Prueba de Inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM con variación de modulación de ancho de pulso PWM y a presiones de (200, 700, 1000) bar.

	PRESIÓN A PRUEBA(bar)	TIEMPO DE PRUEBA(s)	CAUDAL INYECCIÓN (ml)	CAUDAL RETORNO (ml)	PERIODO (ms)	Ta (ms)	Ti (ms)	Tr (ms)	Tc (ms)	FRECUENCIA (Hz)	RPM	VOLTAJE (v)	I DE APERTURA (A)	I DE MANTENIMIENTO (A)	ÁNGULO DE PULVERIZACIÓN
MODO PILOT	200	37	1	19	125	0,325	0,085	0,24	124,675	8	960	64	15	5	9,74
	700		6	30	125	0,2	0,085	0,115	124,8	8	960	64	15	7	9,74
	1000		10	10	125	0,16	0,085	0,075	124,84	8	960	68	21	5	9,74
MODO MAIN	200	37	2	8	125	0,6	0,085	0,515	124,4	8	960	65	16	7	9,74
	700		12	10	125	0,6	0,085	0,515	124,4	8	960	68	22	9	9,74
	1000		14	10	125	0,6	0,085	0,515	124,4	8	960	64	13	7	9,74
MODO MAX	200	37	4	6	125	0,98	0,085	0,895	124,02	8	960	65	16	8	9,74
	700		14	10	125	1	0,085	0,915	124	8	960	68	8	4	9,74
	1000		17	10	125	1	0,085	0,915	124	8	960	64	24	14	9,74
MODO MANUAL PWM=150	200	37	1	3	125	0,2	0,085	0,115	124,8	8	960	65	14	5	9,74
	700		7	9	125	0,2	0,085	0,115	124,8	8	960	64	25	5	9,74
	1000		10	10	125	0,2	0,085	0,115	124,8	8	960	64	11	3	9,74
MODO MANUAL PWM=800	200	37	2	5	125	0,8	0,085	0,715	124,2	8	960	65	14	5	9,74
	700		13	9	125	0,8	0,085	0,715	124,2	8	960	62	18	10	9,74
	1000		15	9	125	0,8	0,085	0,715	124,2	8	960	69	11	5	9,74
MODO MANUAL PWM=1500	200	37	6	6	125	1,5	0,085	1,415	123,5	8	960	64	14	5	9,74
	700		19	11	125	1,5	0,085	1,415	123,5	8	960	68	12	5	9,74
	1000		22	11	125	1,5	0,085	1,415	123,5	8	960	69	24	12	9,74

En la tabla 65 se 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 Bosch se realizó pruebas a (200, 700, 1000) bares de presión.

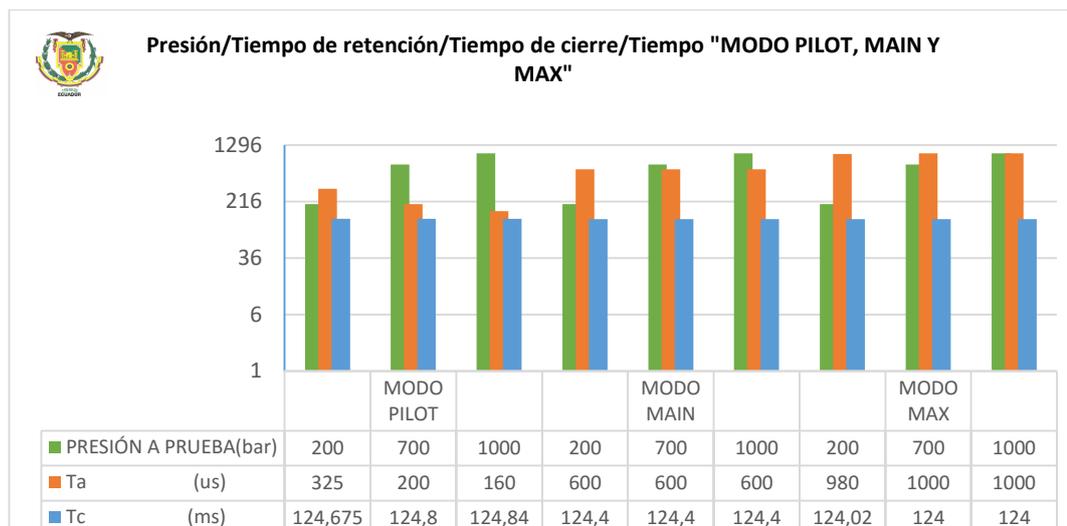


Figura 270: Comparación de modulación de ancho de pulso automática para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM.

En la figura 270 se observa, que los tiempos de cierre es 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.

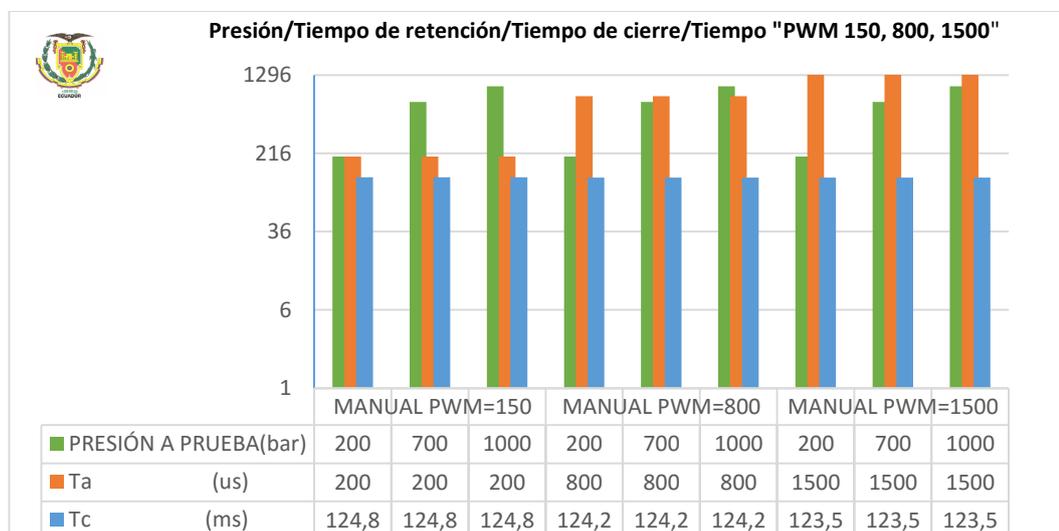


Figura 271: Comparación de modulación de ancho de pulso controlada para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM.

En la figura 271 se observa, que los tiempos de cierre es 124 ms y permanece constante en cada una de las pruebas realizadas, mientras que los tiempos de apertura oscilan entre (0,2 a 1,5) milisegundos, la parte electrónica es independiente de la presión de prueba

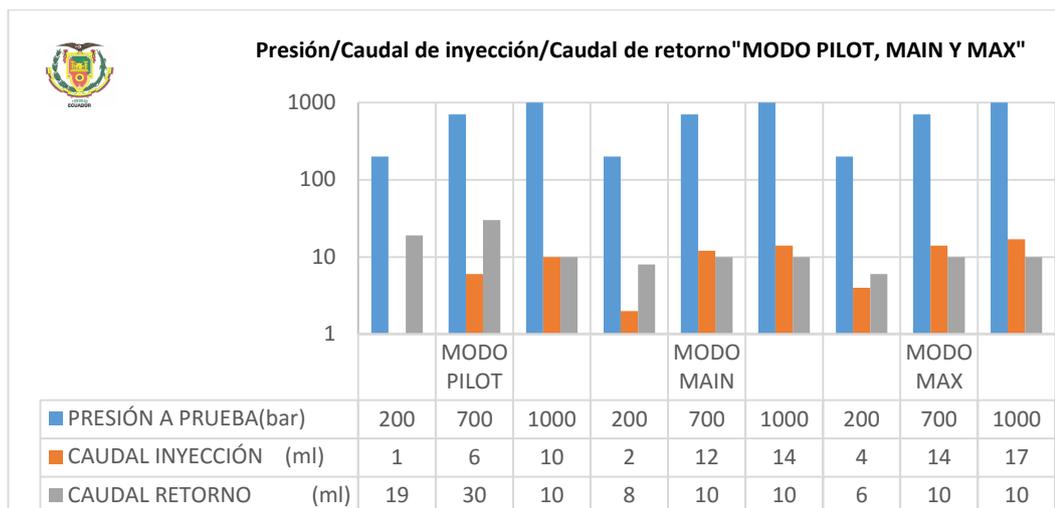


Figura 272: Comparación de caudales de inyección y retorno con PWM automático para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM.

En la figura 272 se observa que se tiene el mínimo caudal de inyección a presión de 200 bar y el mayor caudal de retorno en modo pilot con 30 ml a 700 bares a comparación de 1000 bares 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.

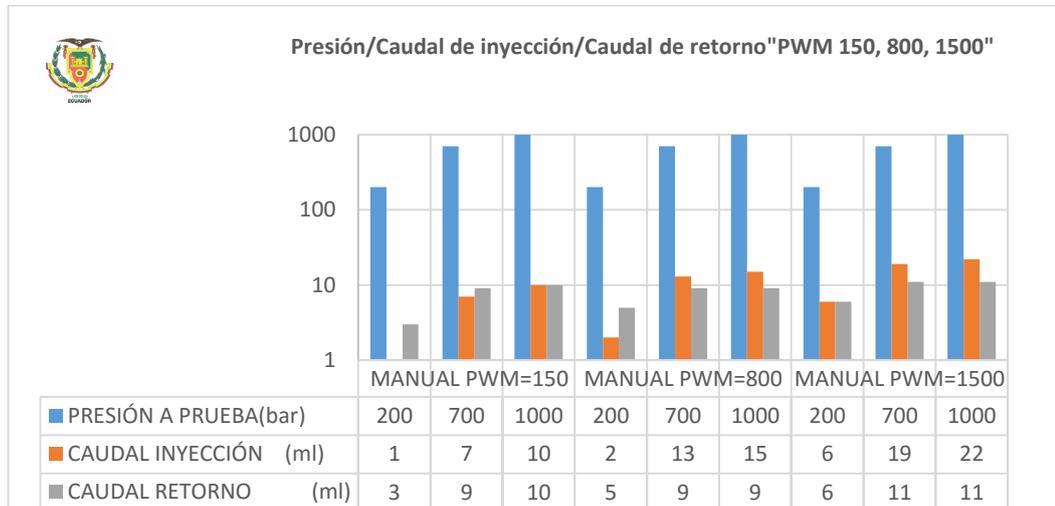


Figura 273: Comparación de caudales de inyección y retorno con PWM controlado para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM.

En la figura 273 se observa que se tiene el mínimo caudal de inyección a presión de 200 bar y el mayor caudal de retorno a una modulación de ancho de pulso de 1,5 ms con 1 ml a 1000 bar, la relación entre caudal de inyección y retorno es de 3 a 1 la presión es directamente proporcional al caudal de inyección.

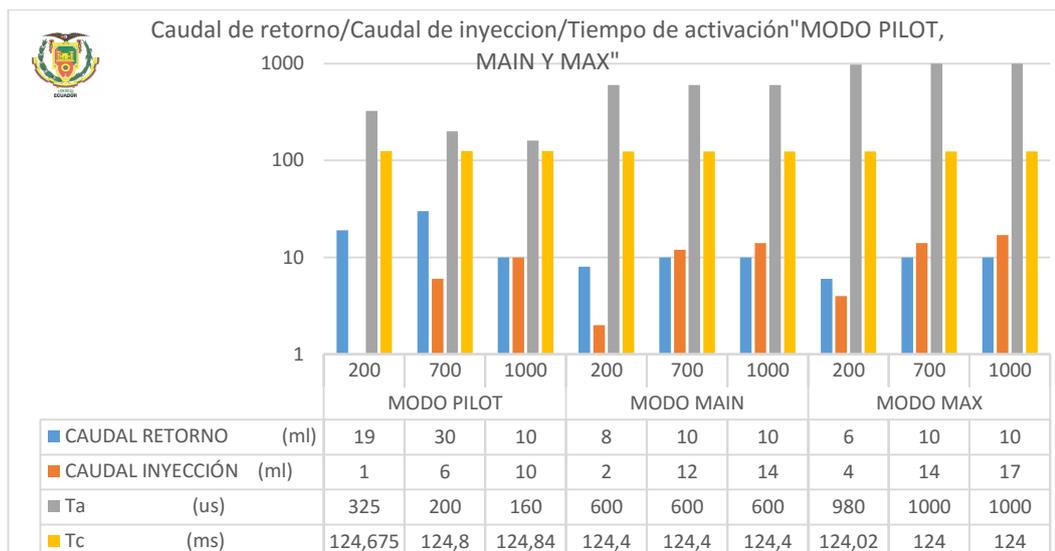


Figura 274: Comparación de caudales de inyección / retorno y tiempos de activación / cierre con PWM automático para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM.

En la figura 274 se observa, que los tiempos de cierre es 124 ms y permanece constante en cada una de las pruebas realizadas, el mayor caudal de inyección es 17 ml a 1000 bares con 1 ms de apertura.

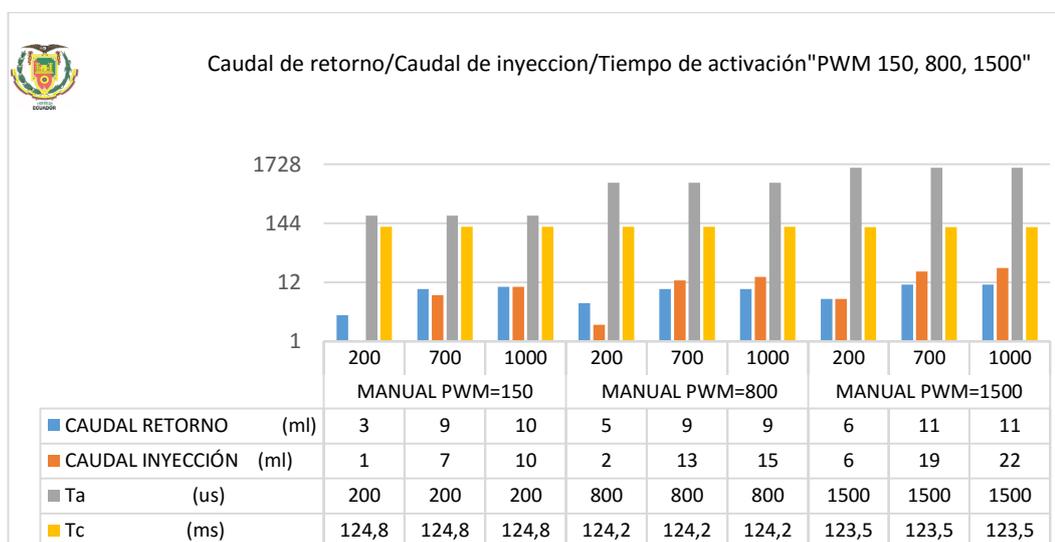


Figura 275: Comparación de caudales de inyección / retorno y tiempos de activación / cierre con PWM automático para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM.

En la figura 275 se observa, que los tiempos de cierre es 124 ms y permanece constante en cada una de las pruebas realizadas, el mayor caudal de inyección es 22 ml a 1000 bares con una modulación de ancho de pulso a 1,5 ms.

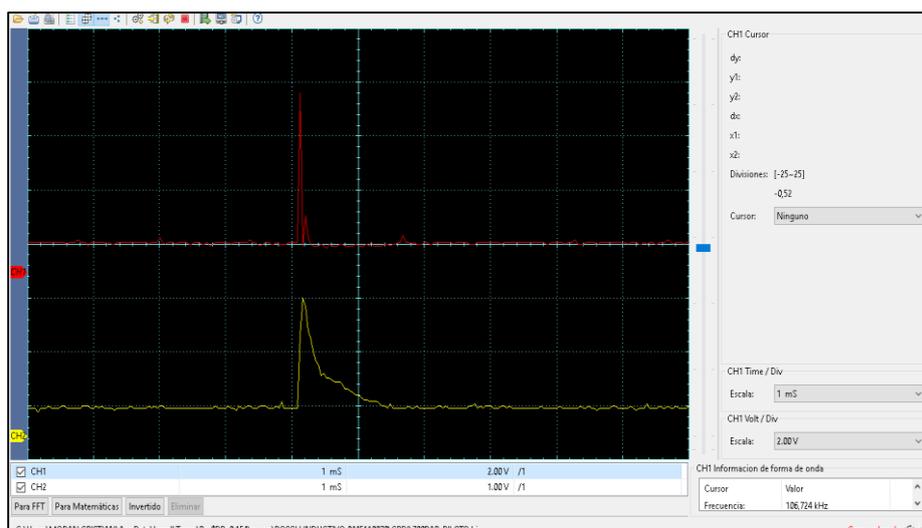


Figura 276: Curva de corriente y voltaje para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM y función pilot.

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 20°, 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

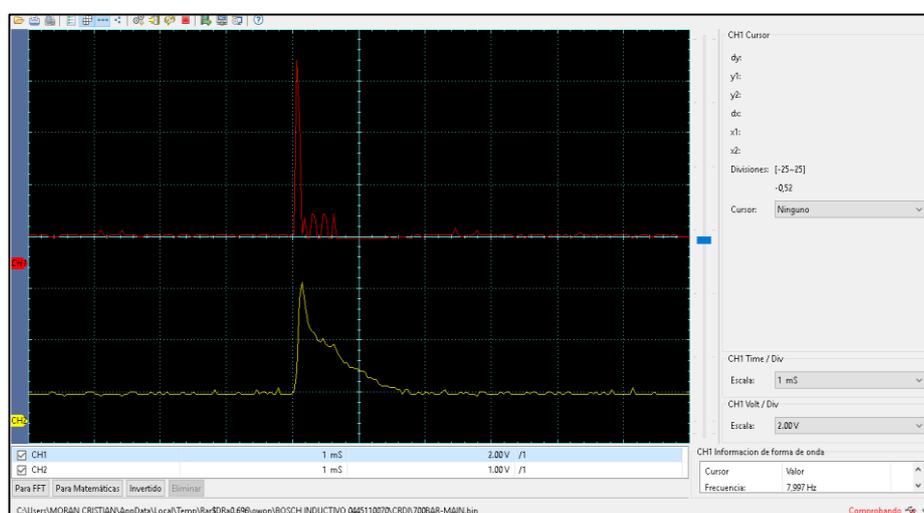


Figura 277: Curva de corriente y voltaje para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM y función main.

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 el periodo total es de 125 ms a 960 rpm y 8 Hz.

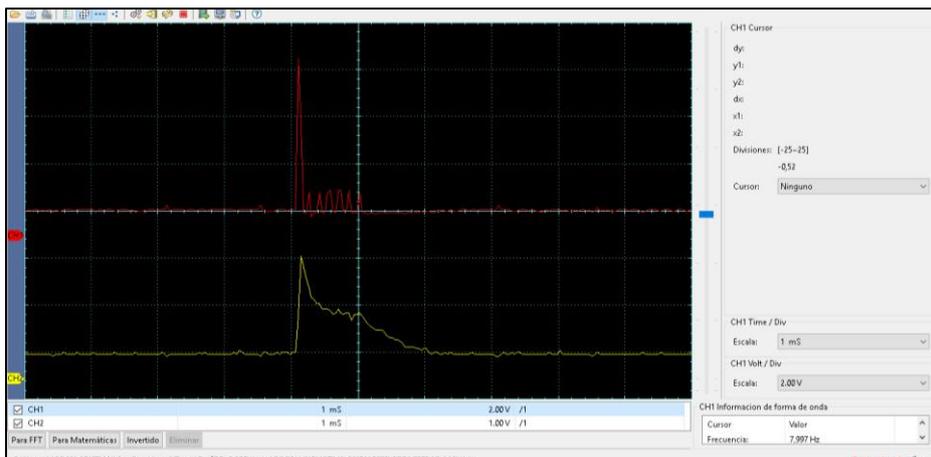


Figura 278: Curva de corriente y voltaje para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM y función max.

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 1 ms con un tiempo de cierre de 124,35 el periodo total es de 125 ms a 960 rpm y 8 Hz.

c) Denso inductivo

Número de serie: 6520 10H0044

Vehículo: Hino dutro

Resistencia: 0,4 Ohmios

Escala osciloscopio: Pinza Amperimétrica amperimétrica cada 100mv/1A; Puntas de Osciloscopio x10V.

Ángulo de disparo

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

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

Ángulo de dispersión

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

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

$$\gamma_T \quad \beta = 9,30^\circ$$

Tabla 66.

Prueba de Inyector Denso inductivo 6520 10H0044 a 960 RPM con modulación de ancho de pulso PWM y a presiones de (200, 700, 1000) bar.

	PRESIÓN A PRUEBA(bar)	TIEMPO DE PRUEBA(s)	CAUDAL INYECCIÓN (ml)	CAUDAL RETORNO (ml)	PERIODO (ms)	Ta (ms)	Ti (ms)	Tr (ms)	Tc (ms)	FRECUENCIA (Hz)	RPM	VOLTAJE (v)	I DE APERTURA (A)	I DE MATENIMIENTO (A)	ÁNGULO DE PULVERIZACIÓN
MODO PILOT	200	37	1	3	125	0,2	0,065	0,135	124,8	8	960	65	19	5	9,74
	700		8	7	125	0,2	0,065	0,135	124,8	8	960	56	20	8	9,74
	1000		11	9	125	0,2	0,065	0,135	124,8	8	960	67	19	10	9,74
MODO MAIN	200	37	1,5	3,5	125	0,6	0,08	0,52	124,4	8	960	55	23	9	9,74
	700		17	8	125	0,6	0,08	0,52	124,4	8	960	66	22	9	9,74
	1000		21	10	125	0,6	0,076	0,524	124,4	8	960	24	20	10	9,74
MODO MAX	200	37	2,5	3	125	0,98	0,06	0,92	124,02	8	960	60	20	9	9,74
	700		24	9	125	0,98	0,06	0,92	124,02	8	960	66	20	9	9,74
	1000		27	11	125	0,98	0,06	0,92	124,02	8	960	63	19	11	9,74
MODO MANUAL PWM=150	200	37	3	6	125	0,15	0,065	0,085	124,85	8	960	66	20	9	9,74
	700		8	7	125	0,15	0,065	0,085	124,85	8	960	67	18	5	9,74
	1000		13	10	125	0,15	0,065	0,085	124,85	8	960	67	19	5	9,74
MODO MANUAL PWM=800	200	37	1	3	125	0,8	0,04	0,76	124,2	8	960	66	18	8	9,74
	700		20	9	125	0,8	0,04	0,76	124,2	8	960	57	20	9	9,74
	1000		23	10	125	0,8	0,04	0,76	124,2	8	960	65	18	9	9,74
MODO MANUAL PWM=1500	200	37	7	5	125	1,5	0,065	1,435	123,5	8	960	64	20	8	9,74
	700		29	10	125	1,5	0,065	1,435	123,5	8	960	65	21	9	9,74
	1000		36	16	125	1,5	0,065	1,435	123,5	8	960	63	18	8	9,74

En la tabla 66 se 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.

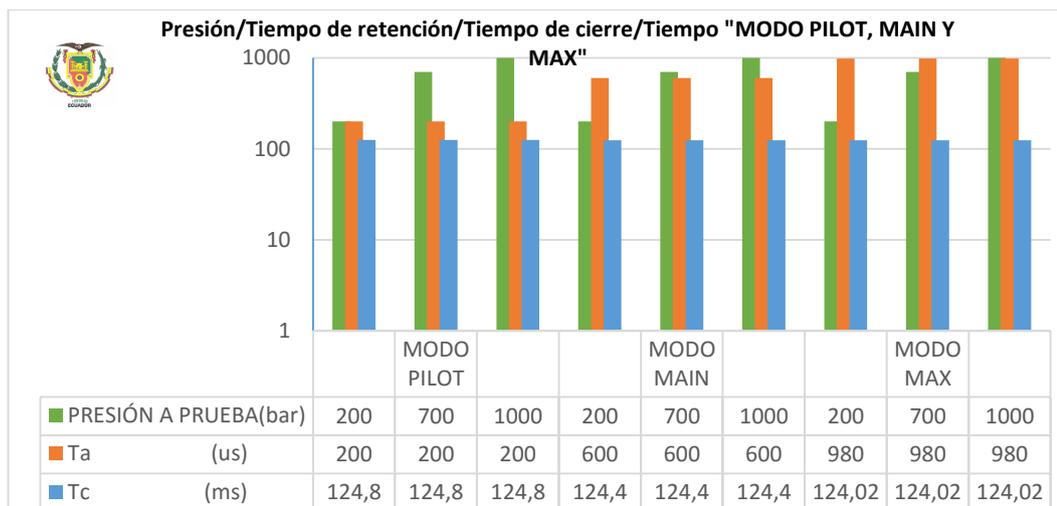


Figura 279: Comparación de modulación de ancho de pulso automática para Inyector Denso 6520 10H0044 a 960 RPM.

En la figura 279 se observa, que los tiempos de cierre es 124 ms y permanece constante en cada una de las pruebas realizadas, mientras que los tiempos de apertura oscilan entre (0,2 a 0,98) milisegundos, la parte electrónica es independiente de la presión de prueba.

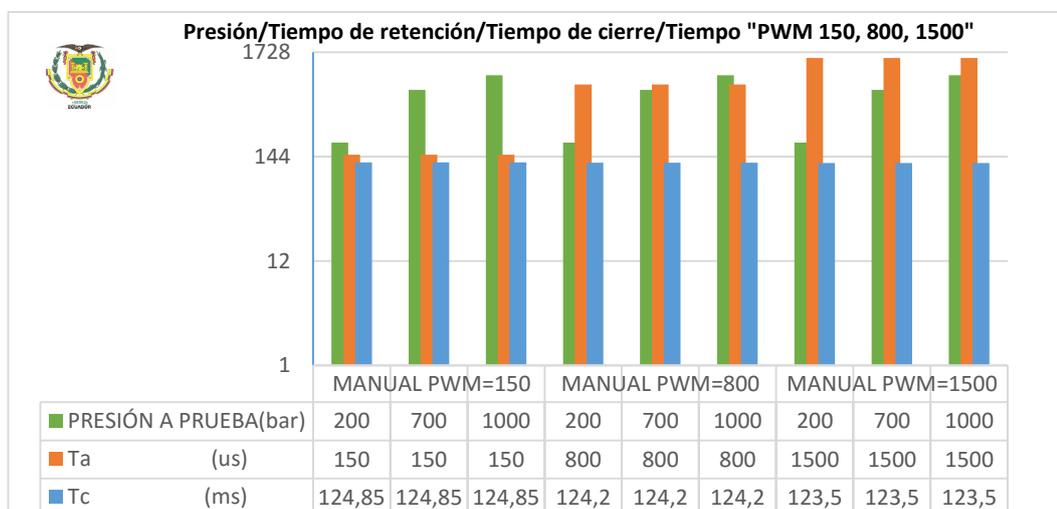


Figura 280: Comparación de modulación de ancho de pulso controlada para Inyector Denso 6520 10H0044 a 960 RPM.

En la figura 280 se observa, que los tiempos de cierre es 124 ms y permanece constante en cada una de las pruebas realizadas, mientras que los tiempos de apertura oscilan entre (0,15 a 1,5) milisegundos, la parte electrónica es independiente de la presión de prueba

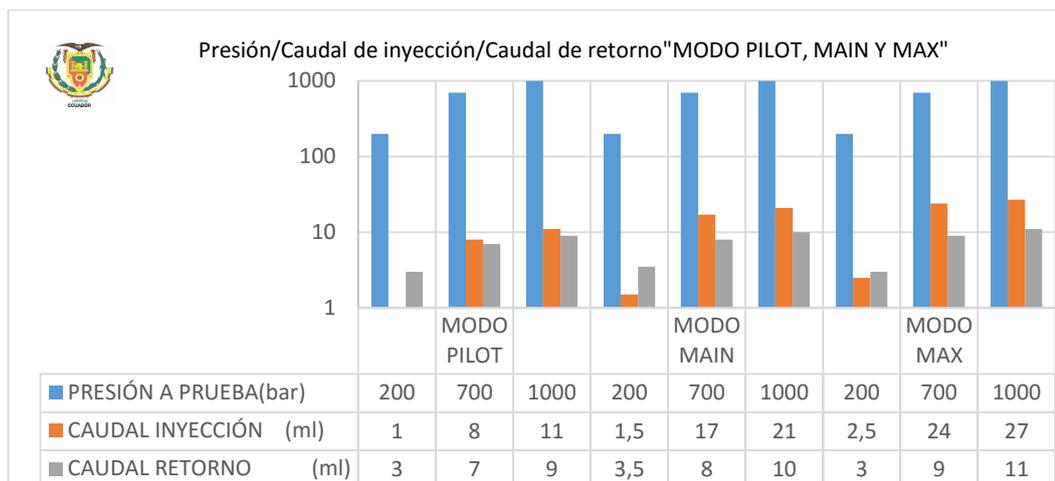


Figura 281: Comparación de caudales de inyección y retorno con PWM automático para Inyector Denso 6520 10H0044 a 960 RPM.

En la figura 281 se observa que se tiene el mínimo caudal de inyección a presión de 200 bar y el mayor caudal de retorno en modo max 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.

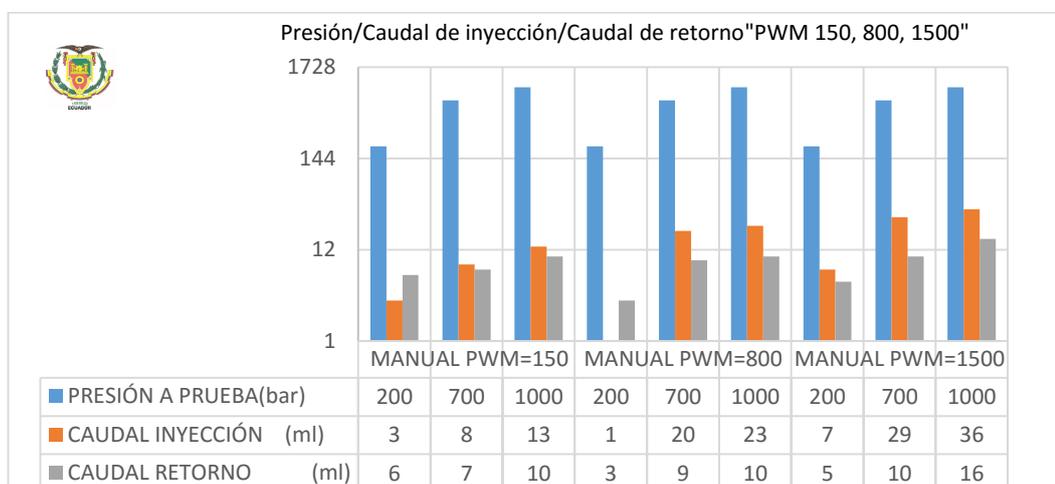


Figura 282: Comparación de caudales de inyección y retorno con PWM controlado para Inyector Denso 6520 10H0044 a 960 RPM.

En la figura 282 se observa que se tiene el mínimo caudal de inyección a presión de 200 bar y el mayor caudal de retorno a una modulación de ancho de pulso de 1,5 ms con 16 ml a 1000 bar, la relación entre caudal de inyección y retorno es de 3 a 1 la presión es directamente proporcional al caudal de inyección.

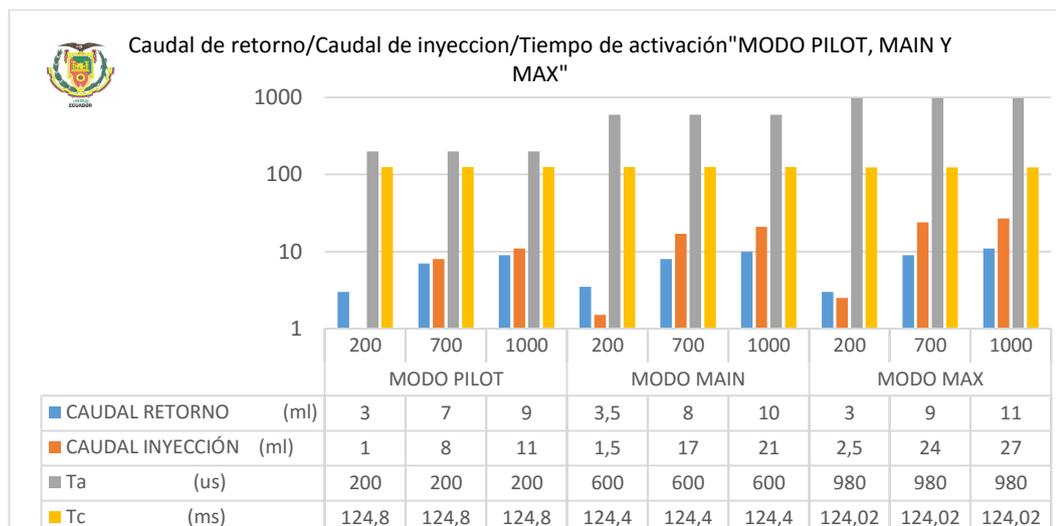


Figura 283: Comparación de caudales de inyección / retorno y tiempos de activación / cierre con PWM automático para Inyector Denso 6520 10H0044 a 960 RPM.

En la figura 283 se observa, que los tiempos de cierre es 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.

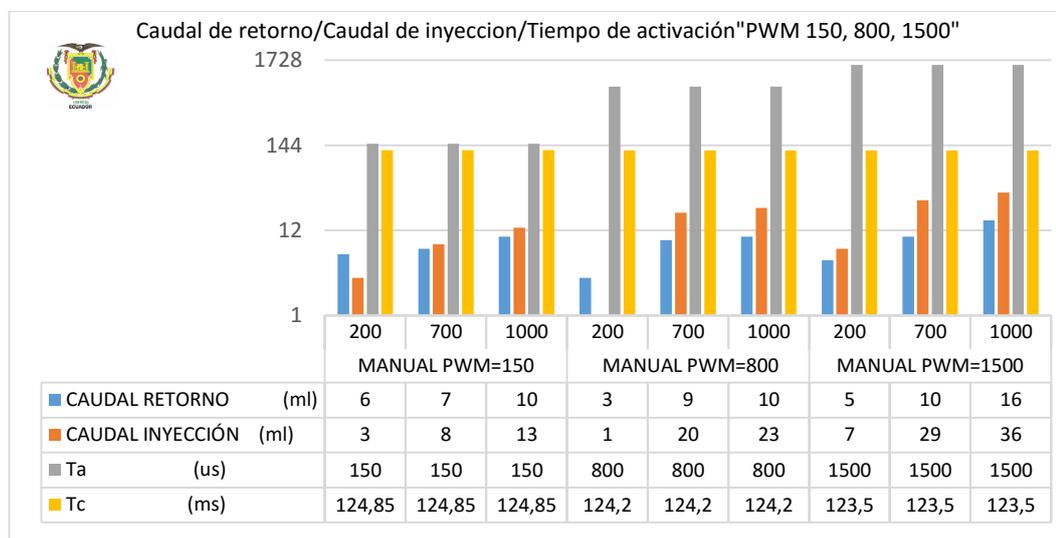


Figura 284: Comparación de caudales de inyección / retorno y tiempos de activación / cierre con PWM automático para Inyector Denso 6520 10H0044 a 960 RPM.

En la figura 284 se observa, que los tiempos de cierre es 124 ms y permanece constante en cada una de las pruebas realizadas, el mayor caudal de inyección es 36 ml a 1000 bares con una modulación de ancho de pulso a 1,5 ms

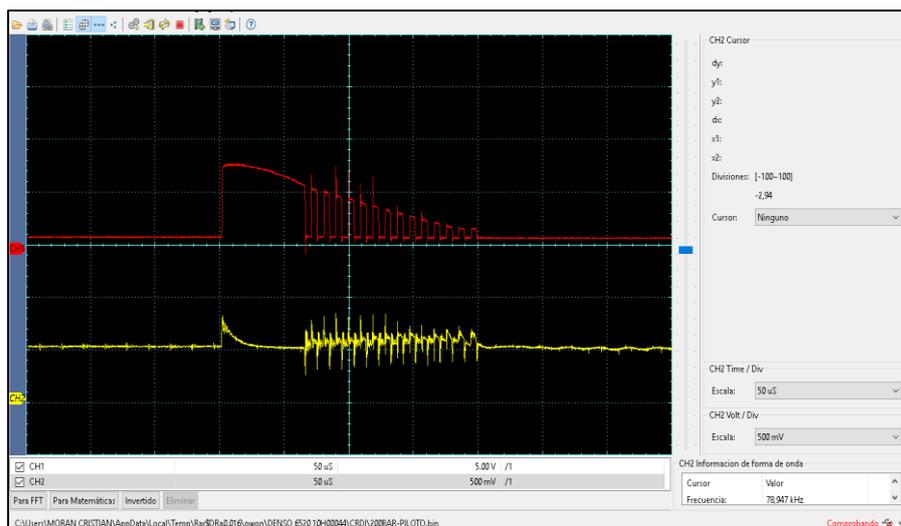


Figura 285: Curva de corriente y voltaje para Inyector Denso 6520 10H0044 a 960 RPM y función pilot.

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

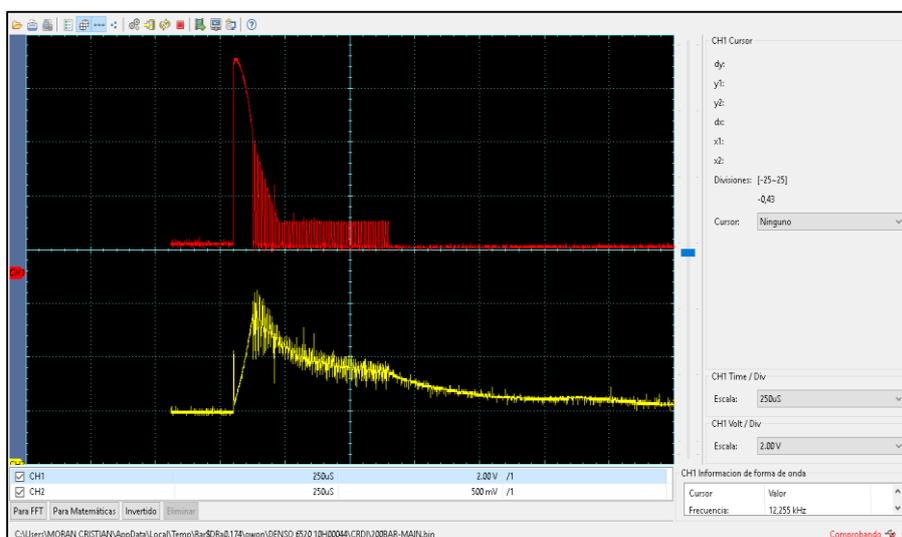


Figura 286: Curva de corriente y voltaje para Inyector Denso 6520 10H0044 a 960 RPM y función main.

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.

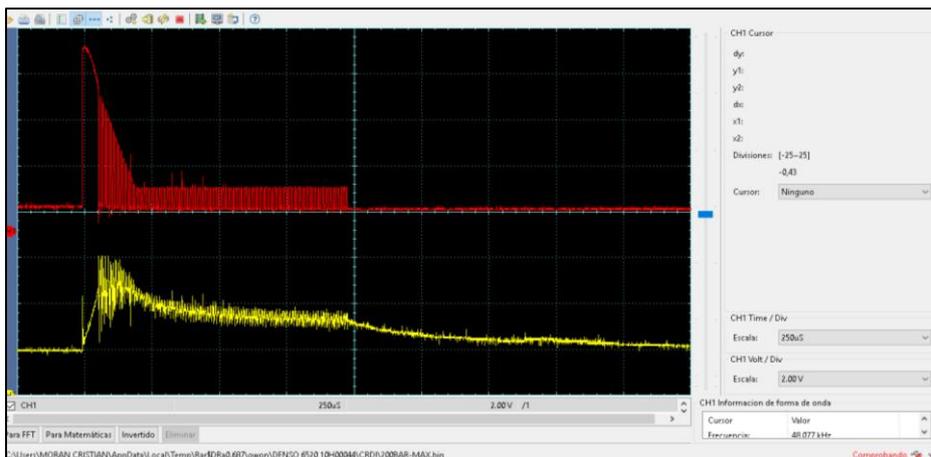


Figura 287: Curva de corriente y voltaje para Inyector Denso 6520 10H0044 a 960 RPM y función máx.

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 20A 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.

d) Delphi inductivo

Número de serie: VQ5CB56B99

Vehículo:

Resistencia: 0,5 Ohmios

Escala osciloscopio: Pinza Amperimétrica amperimétrica cada 100mv/1A; Puntas de Osciloscopio x10V.

Ángulo de disparo

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

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

Ángulo de dispersión

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

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

$$\gamma_T \quad \beta = 9,06^\circ$$

Tabla 67.

Prueba de Inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM con modulación de ancho de pulso PWM y a presiones de (200, 700, 1000) bar.

	PRESIÓN A PRUEBA(bar)	TIEMPO DE PRUEBA(s)	CAUDAL INYECCIÓN (ml)	CAUDAL RETORNO (ml)	PERIODO (ms)	Ta (ms)	Ti (ms)	Tr (ms)	Tc (ms)	FRECUENCIA (Hz)	RPM	VOLTAJE (v)	I DE APERTURA (A)	I DE MATENIMIENTO (A)	ÁNGULO DE PULVERIZACIÓN
MODO PILOT	200	37	0	2	125	0,22	0,08	0,14	124,78	8	960	12	15	8	9,74
	700		3	7	125	0,2	0,08	0,12	124,8	8	960	11	15	4	9,74
	1000		5	8	125	0,21	0,08	0,13	124,79	8	960	11	14	5	9,74
MODO MAIN	200	37	1	3	125	0,61	0,08	0,53	124,39	8	960	12	16	10	9,74
	700		10	6	125	0,61	0,08	0,53	124,39	8	960	12	16	10	9,74
	1000		12	10	125	0,65	0,08	0,57	124,35	8	960	12	16	10	9,74
MODO MAX	200	37	2	4	125	1	0,08	0,92	124	8	960	11	15	9	9,74
	700		12	6	125	1	0,08	0,92	124	8	960	12	15	9	9,74
	1000		16	10	125	0,95	0,08	0,87	124,05	8	960	12	14	11	9,74
MANUAL PWM=150	200	37	1	2	125	0,2	0,08	0,12	124,8	8	960	12	15	9	9,74
	700		3	5	125	0,18	0,08	0,1	124,82	8	960	11	15	6	9,74
	1000		6	12	125	0,2	0,08	0,12	124,8	8	960	11	15	7	9,74
MANUAL PWM=800	200	37	2	3	125	0,81	0,08	0,73	124,19	8	960	12	15	8	9,74
	700		11	6	125	0,75	0,08	0,67	124,25	8	960	12	14	9	9,74
	1000		13	9	125	0,8	0,08	0,72	124,2	8	960	12	15	9	9,74
MANUAL PWM=1500	200	37	4	5	125	1,5	0,08	1,42	123,5	8	960	12	15	5	9,74
	700		15	9	125	1,6	0,08	1,52	123,4	8	960	11	15	9	9,74
	1000		20	11	125	1,6	0,08	1,52	123,4	8	960	12	15	9	9,74

En la tabla 67 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.

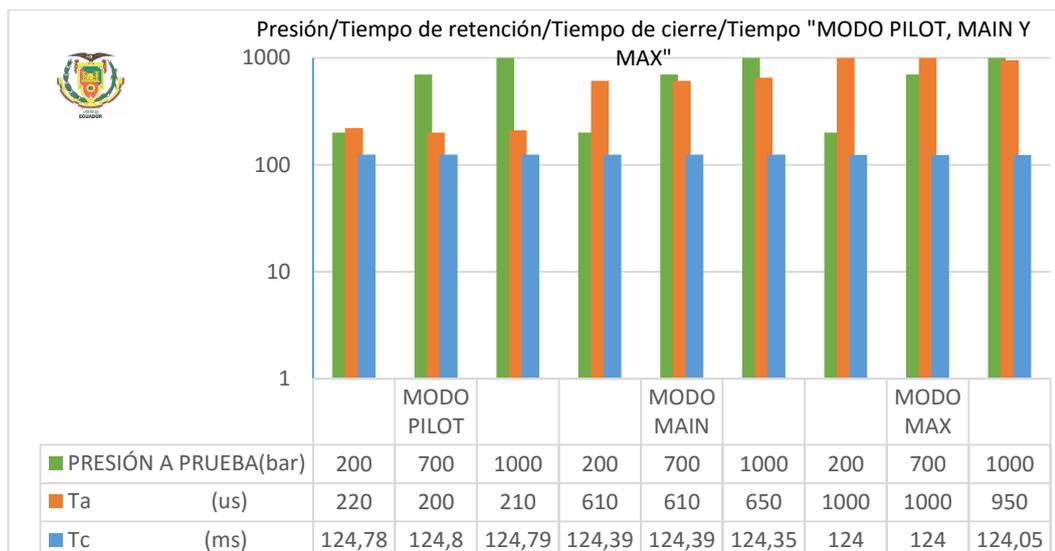


Figura 288: Comparación de modulación de ancho de pulso automática para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM.

En la figura 288 se observa, que los tiempos de cierre es 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.

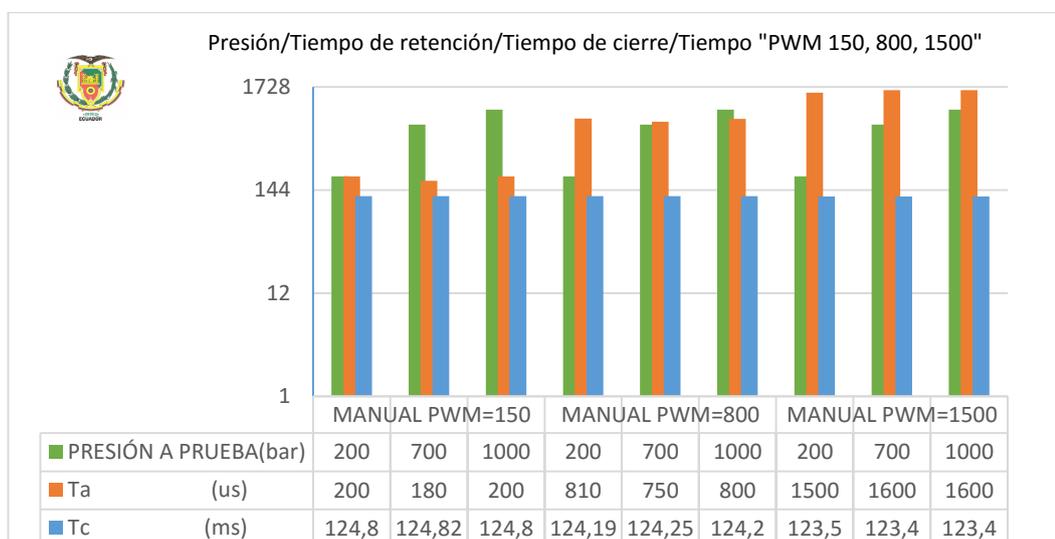


Figura 289: Comparación de modulación de ancho de pulso controlada para inyector Delphi VQ5CB56B99 RPM.

En la figura 289 se observa, que los tiempos de cierre es 124 ms y permanece constante en cada una de las pruebas realizadas, mientras que los tiempos de apertura oscilan entre (0,2 a 1,5) milisegundos, la parte electrónica es independiente de la presión de prueba

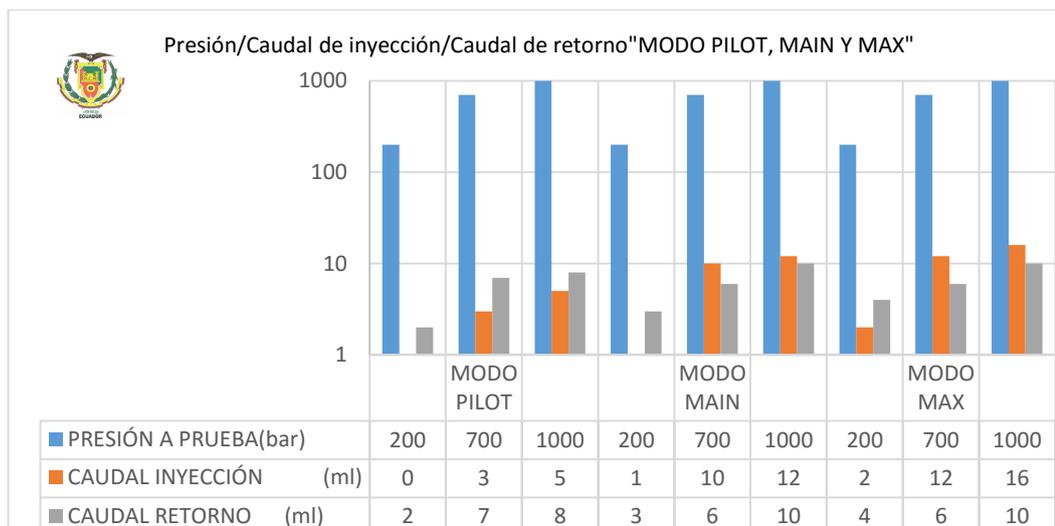


Figura 290: Comparación de caudales de inyección y retorno con PWM automático para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM.

En la figura 290 se observa que se tiene el mínimo caudal de inyección a presión de 200 bar y el mayor caudal de retorno en modo max 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.

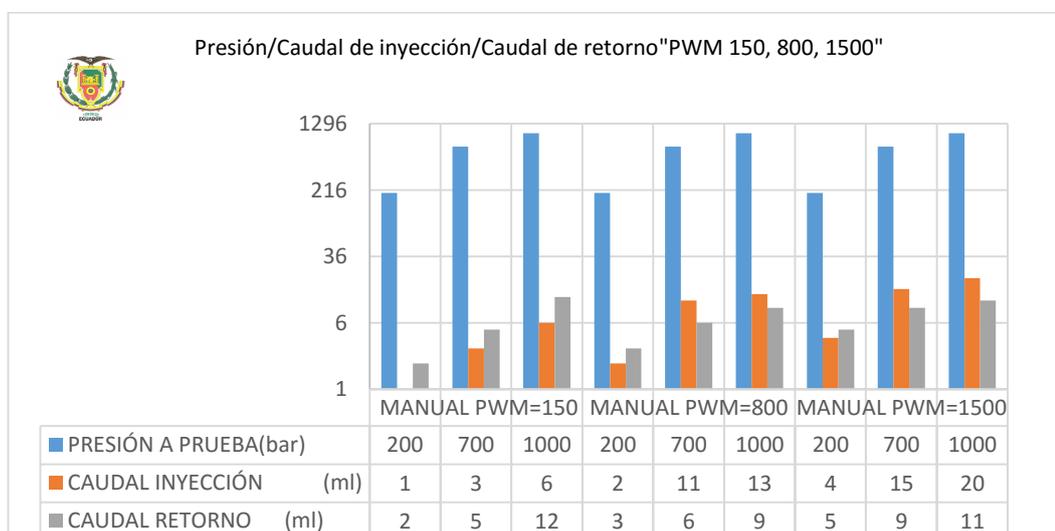


Figura 291: Comparación de caudales de inyección y retorno con PWM controlado para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM.

En la figura 291 se observa que se tiene el mínimo caudal de inyección a presión de 200 bar y el mayor caudal de retorno a una modulación de ancho de pulso de 1,5 ms con 1 ml a 1000 bar, la relación entre caudal de inyección y retorno es de 3 a 1 la presión es directamente proporcional al caudal de inyección.

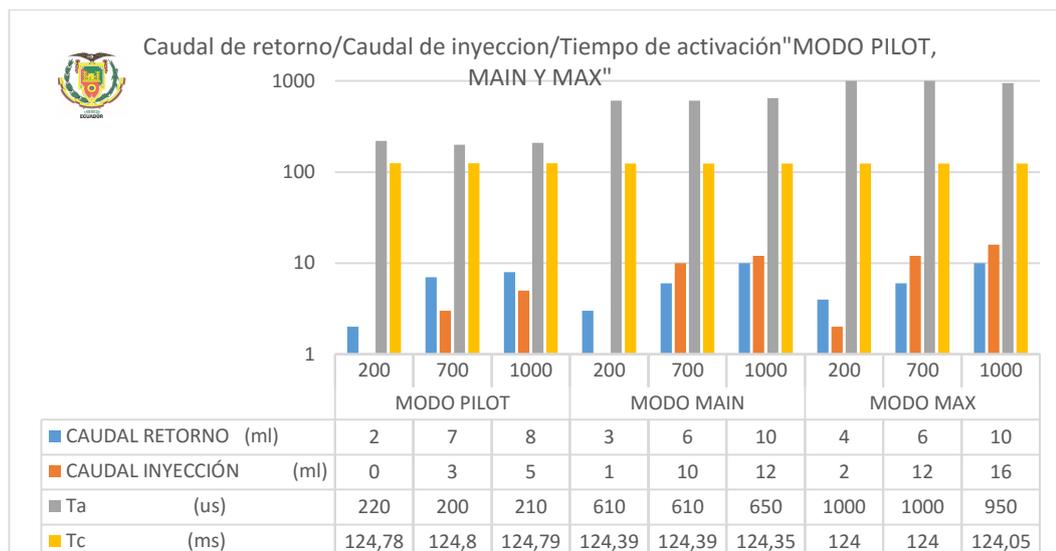


Figura 292: Comparación de caudales de inyección / retorno y tiempos de activación / cierre con PWM automático para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM.

En la figura 292 se observa, que los tiempos de cierre es 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.

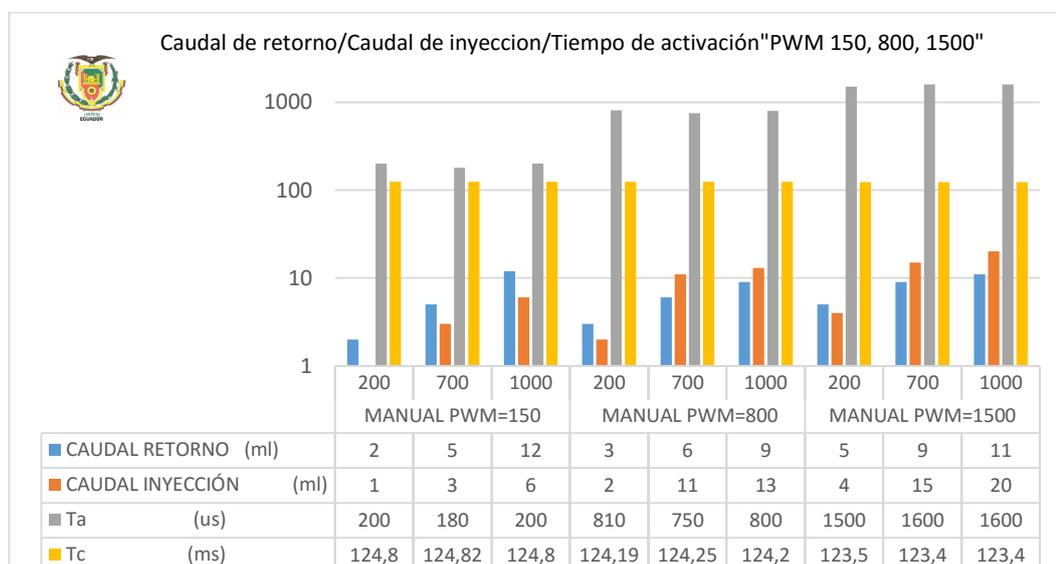


Figura 293: Comparación de caudales de inyección / retorno y tiempos de activación / cierre con PWM automático para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM.

En la figura 293 se observa, que los tiempos de cierre es 124 ms y permanece constante en cada una de las pruebas realizadas, el mayor caudal de inyección es 20 ml a 1000 bares con una modulación de ancho de pulso a 1,6 ms.

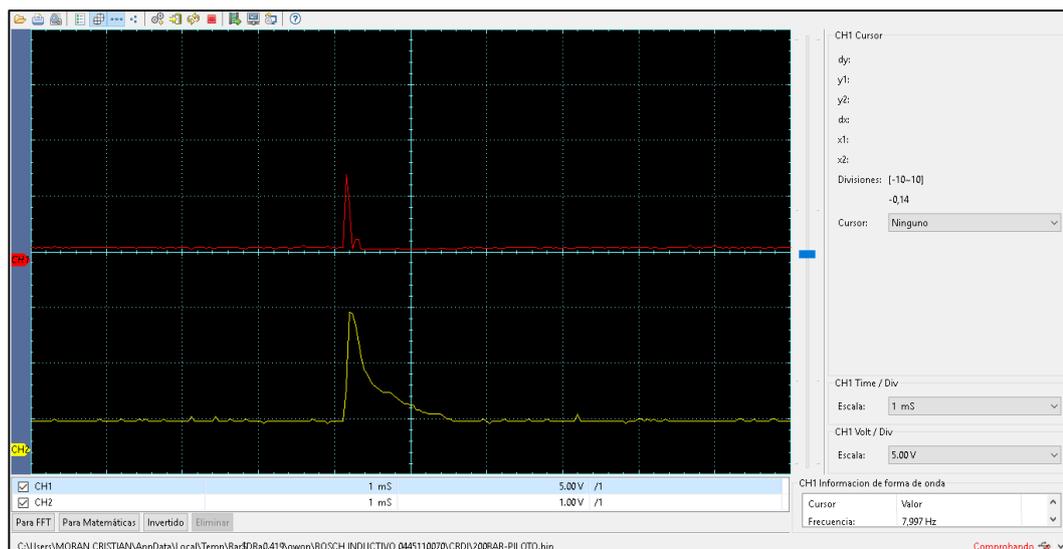


Figura 294: Curva de corriente y voltaje para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM y función pilot.

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

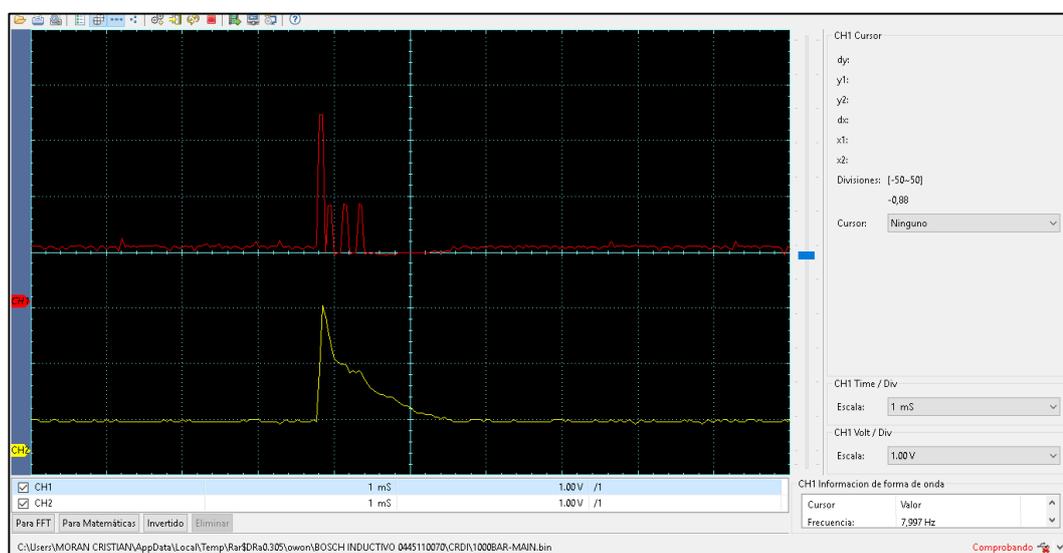


Figura 295: Curva de corriente y voltaje para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM y función main.

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.

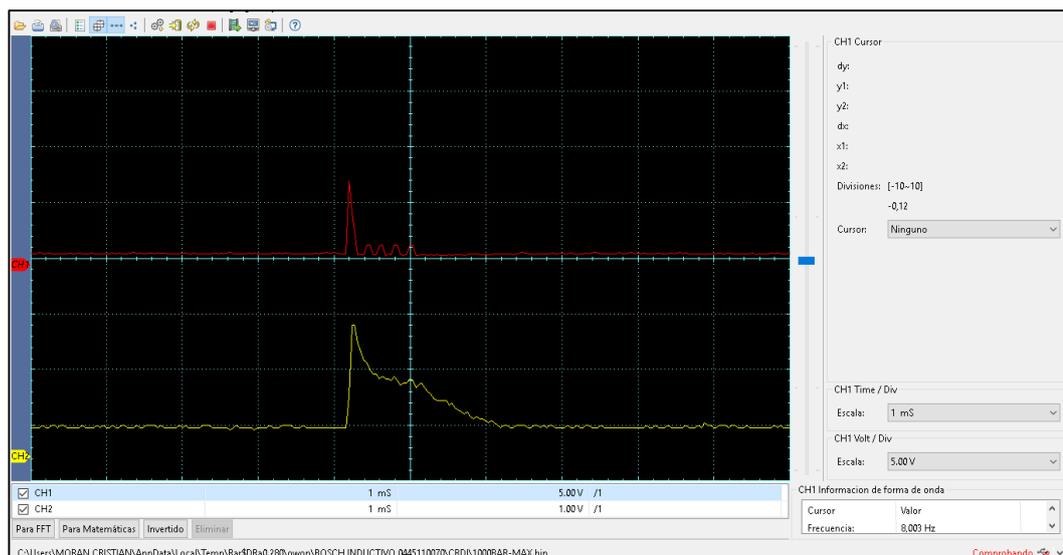


Figura 296: Curva de corriente y voltaje para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM y función máx.

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.

4.11. Pruebas de inyectores piezoeléctricos con modulación de anchos de pulsos PWM

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ ESPE LATACUNGA INFORME DE PRÁCTICA DEL EQUIPO DE DIAGNÓSTICO		
Cristian Morán Rodrigo Passo	Práctica N° 07	2016/
Tema: Cálculos y medición de anchos de pulsos PWM a inyectores piezoeléctricos.	Asignatura: Autotrónica III	

Objetivos

- Conocer y verificar cada uno de los tiempos de activación y cierre mediante cálculos a 960 rpm, y con variaciones de modulación de ancho de pulso PWM para inyectores piezoeléctricos y comparar gráficamente mediante el osciloscopio.

- Obtener curvas características de corriente y voltaje para analizar los tiempos de activación de cada inyector.
- Realizar tablas de mediciones en hojas de cálculo de Excel para poder realizar una comparación a presiones de (200, 700, 1000) bar.
- Realizar graficas en Excel mediante las tablas obtenidas a los diferentes ensayos de presiones y ciclos de trabajo.

Equipo

- Banco de comprobación de inyectores.
- Multímetro.
- Inyectores.
- Caja de herramientas.
- Osciloscopio
- Pinza amperimétrica amperimétrica
- Equipo de seguridad para manipular maquinaria (guantes, gafas mandil, zapatos industriales).
- Computador instalado el programa Owon.

Desarrollo de la Práctica

Realizar grupos de trabajo para la práctica de cálculos y medición de modulaciones de ancho de pulso, de los distintos inyectores piezoeléctricos crdi, el equipo se puede realizar la prueba de un inyector CRDI a la vez.

Todos los integrantes del equipo deben de poseer los respectivos implementos de seguridad, para realizar la práctica ya que están manipulando maquinaria a elevadas presiones y voltajes altos.

4.11.1. Pruebas para diagnóstico de inyectores Modo CRDI

Esencialmente existen tres pruebas necesarias para poder diagnosticar inyectores:

- Modo pilot
- Modo main
- Modo max
- Modo manual

a. Modo pilot

En esta prueba se evalúa los anchos de pulsos a 150 us para preinyección de los inyectores durante un tiempo de 37 segundos y por mediciones de caudal de inyección y retorno.

b. Modo main

En esta prueba se tiene una modulación de ancho de pulsos de 800 us para la inyección principal en un tiempo estimado de 37 segundos programados en el módulo de control electrónico.

c. Modo max

En esta prueba se evalúa una apertura de inyección de 1500 us, en 37 segundos programados se encuentra en un tiempo estimado de inyección que oscila entre 0,8 a 1,5 milisegundos.

d. Modo manual

En esta prueba se puede variar la modulación de ancho de pulso de 150 a 1500 us, durante la prueba se modifica los tiempos de apertura del inyector y la prueba se la realiza en un tiempo programado de 37 segundos.

ADVERTENCIA: en este modo prueba se debe seleccionar el tipo de inyector piezoeléctrico ya que los inyectores inductivos Delphi trabajan a un voltaje de 12V DC, se podría quemar la bobina del inyector Delphi.

4.11.2. Cálculo de prueba de RPM en función de la frecuencia

Datos:

T= 125 ms

$$N = \frac{120000}{T}$$

$$N = \frac{120000}{125}$$

$$N = 960 \text{ RPM}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{1}{125}$$

$$f = 8 \text{ Hz}$$

Tabla 68.

Prueba de Inyector piezoeléctrico Bosch 0445116 a 960 RPM con modulación de ancho de pulso PWM y a presiones de (200, 700, 1000) bar

	PRESIÓN A PRUEBA(bar)	TIEMPO DE PRUEBA(s)	CAUDAL INYECCIÓN (ml)	CAUDAL RETORNO (ml)	PERIODO (ms)	Ta (ms)	Ti (ms)	Tr (ms)	Tc (ms)	FRECUENCIA (Hz)	RPM	VOLTAJE (v)	I DE APERTURA (A)
MODO PILOT	200	37	1	26	125	0,36	0,044	0,316	124,64	8	960	145	4,7
	700		2	66	125	0,36	0,04	0,32	124,64	8	960	145	4,5
	1000		2	62	125	0,36	0,04	0,32	124,64	8	960	140	5
MODO MAIN	200	37	2	30	125	0,76	0,04	0,72	124,24	8	960	145	6
	700		9	56	125	0,76	0,04	0,72	124,24	8	960	140	7
	1000		11	63	125	0,76	0,04	0,72	124,24	8	960	140	7
MODO MAX	200	37	5	33	125	1,16	0,04	1,12	123,84	8	960	140	3
	700		16	58	125	1,2	0,04	1,16	123,8	8	960	140	6
	1000		11	66	125	1,16	0,04	1,12	123,84	8	960	140	4,5
MODO MANUAL PWM=100	200	37	0,25	34	125	0,2	0,04	0,16	124,8	8	960	140	5
	700		0,5	56	125	0,2	0,04	0,16	124,8	8	960	125	4
	1000		2	56	125	0,2	0,04	0,16	124,8	8	960	130	7
MODO MANUAL PWM=700	200	37	1	31	125	0,8	0,04	0,76	124,2	8	960	145	6,5
	700		10	58	125	0,75	0,04	0,71	124,25	8	960	140	6
	1000		12	61	125	0,8	0,04	0,76	124,2	8	960	130	6,5
MODO MANUAL PWM=1300	200	37	6	33	125	1,44	0,04	1,4	123,56	8	960	145	4,5
	700		19	59	125	1,5	0,04	1,46	123,5	8	960	140	6
	1000		14	65	125	1,4	0,04	1,36	123,6	8	960	135	5,5

En la tabla 64 se muestra el tiempo de apertura oscila entre los 0,2 y 1,5 milisegundos con voltajes de 140 V y corrientes de 7 A son parámetros característicos para activar los inyectores Bosch piezoeléctricos se realizó pruebas a (200, 700, 1000) bares de presión.

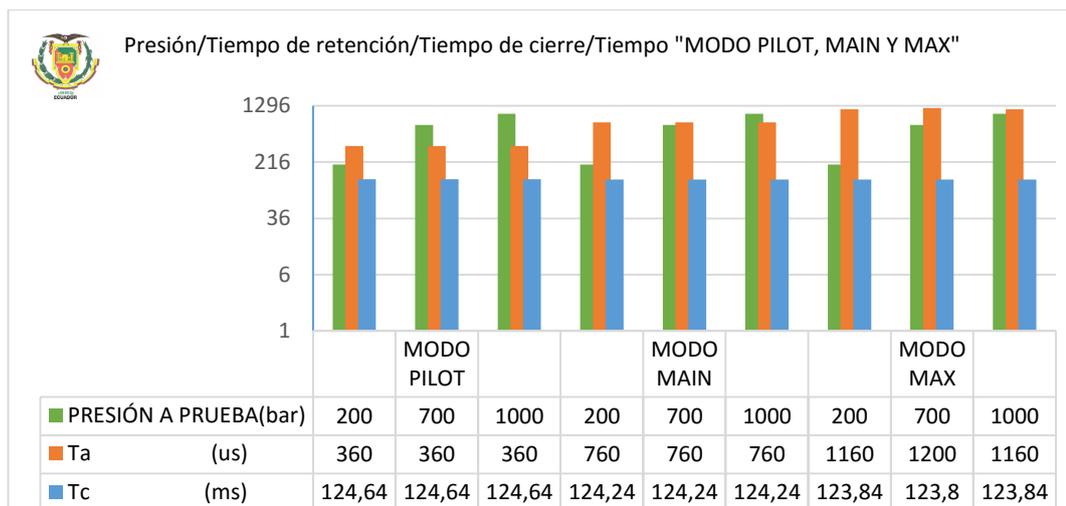


Figura 297: Comparación de modulación de ancho de pulso automática para inyector Bosch 0445116 a 960 RPM.

En la figura 297 se observa, que los tiempos de cierre es 124 ms y permanece constante en cada una de las pruebas realizadas, mientras que los tiempos de apertura oscilan entre (0,36 a 1,2) milisegundos, la parte electrónica es independiente de la presión de prueba.

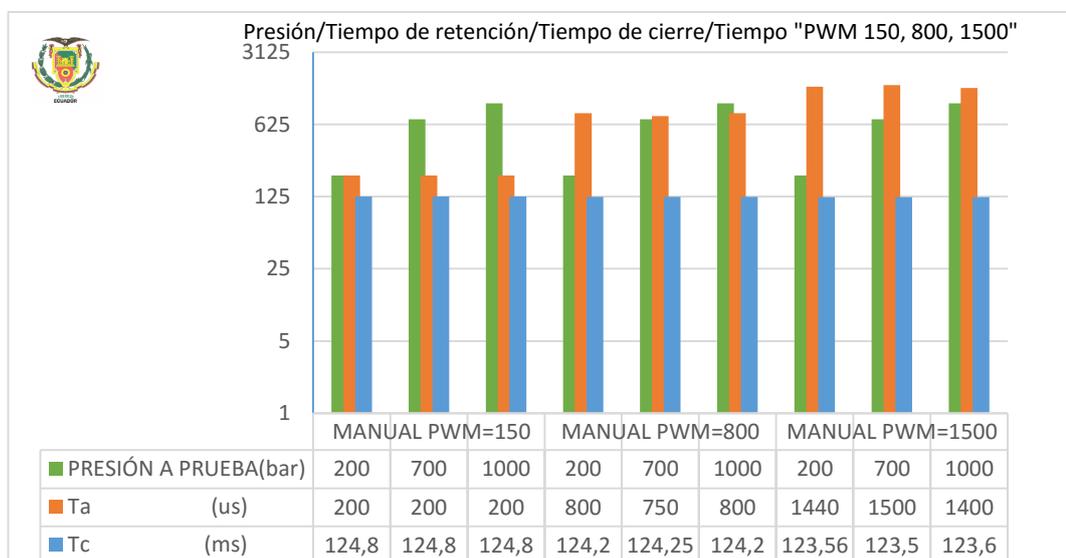


Figura 298: Comparación de modulación de ancho de pulso controlada para inyector Bosch 0445116 a 960 RPM.

En la figura 298 se observa, que los tiempos de cierre es 124 ms y permanece constante en cada una de las pruebas realizadas, mientras que los tiempos de apertura oscilan entre (0,2 a 1,5) milisegundos, la parte electrónica es independiente de la presión de prueba

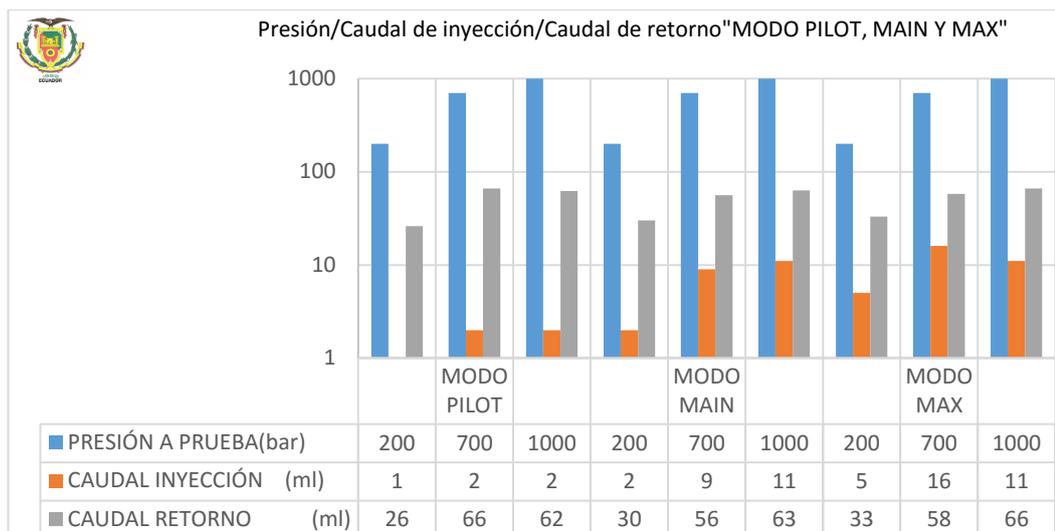


Figura 299: Comparación de caudales de inyección y retorno con PWM automático para inyector Bosch 0445116 a 960 RPM.

En la figura 299 se observa que se tiene el mínimo caudal de inyección a presión de 200 bar y el mayor caudal de retorno en modo pilot con 62 ml a 700 bares es igual el caudal de retorno en modo max a 1000 bares, la relación entre caudal de inyección y retorno es de 3 a 1 la presión es directamente proporcional al caudal de inyección

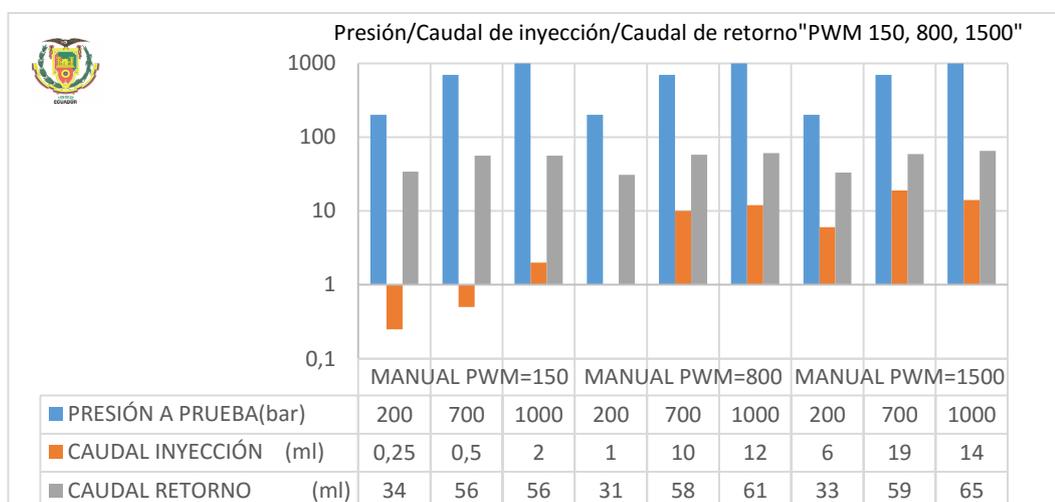


Figura 300: Comparación de caudales de inyección y retorno con PWM controlado para inyector Bosch 0445116 a 960 RPM.

En la figura 300 se observa que se tiene el mínimo caudal de inyección a presión de 200 bar y el mayor caudal de retorno a una modulación de ancho de pulso de 1,5 ms con 65 ml a 1000 bar, la relación entre caudal de inyección y retorno es de 3 a 1 la presión es directamente proporcional al caudal de inyección.

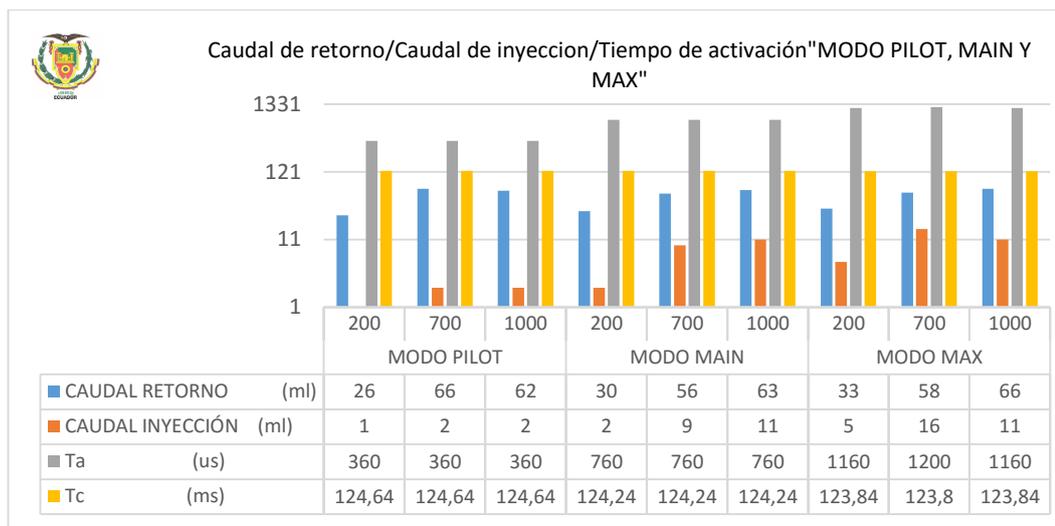


Figura 301: Comparación de caudales de inyección / retorno y tiempos de activación / cierre con PWM automático para inyector Bosch 0445116 a 960 RPM.

En la figura 301 se observa, que los tiempos de cierre es 124 ms y permanece constante en cada una de las pruebas realizadas, el mayor caudal de inyección es 16 ml a 1000 bares con 1,2 ms de apertura.

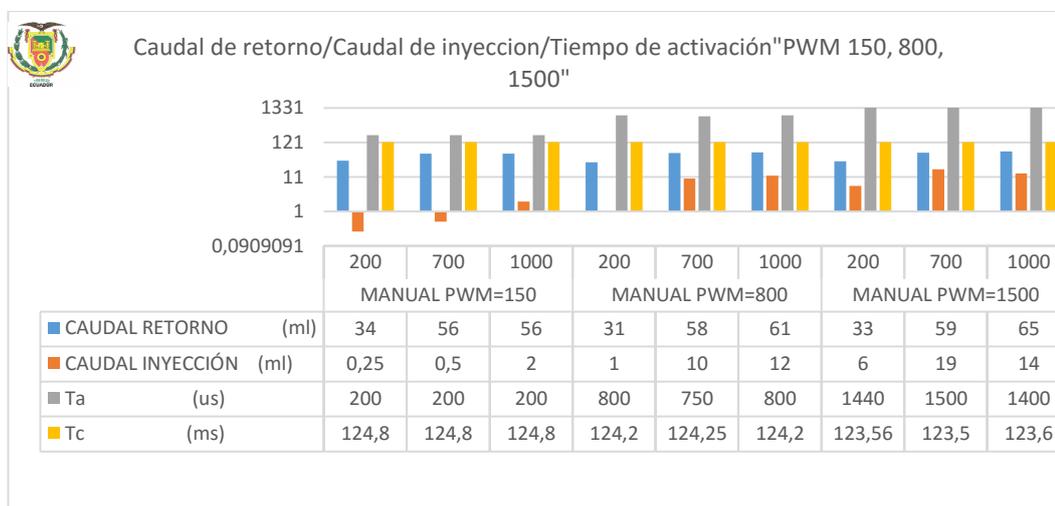


Figura 302: Comparación de caudales de inyección / retorno y tiempos de activación / cierre con PWM automático para inyector Bosch 0445116 a 960 RPM.

En la figura 302 se observa, que los tiempos de cierre es 124 ms y permanece constante en cada una de las pruebas realizadas, los caudales de inyección son mínimos para la modulación de ancho de pulso 150 us con presiones de 200 y 700 bares.

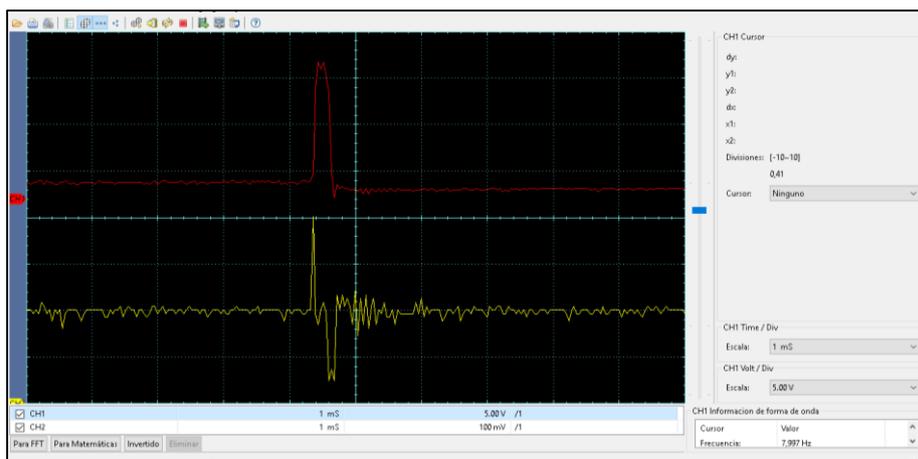


Figura 303: Curva de corriente y voltaje para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM y función pilot.

Se observa la curva roja de voltaje tiene una activación de 140V y la curva amarilla de corriente tiene una apertura de la inyección de 5 A, a un tiempo de inyección de 0,36 ms con un tiempo de cierre de 124,64ms el periodo total es de 125 ms a 960 rpm y 8 Hz

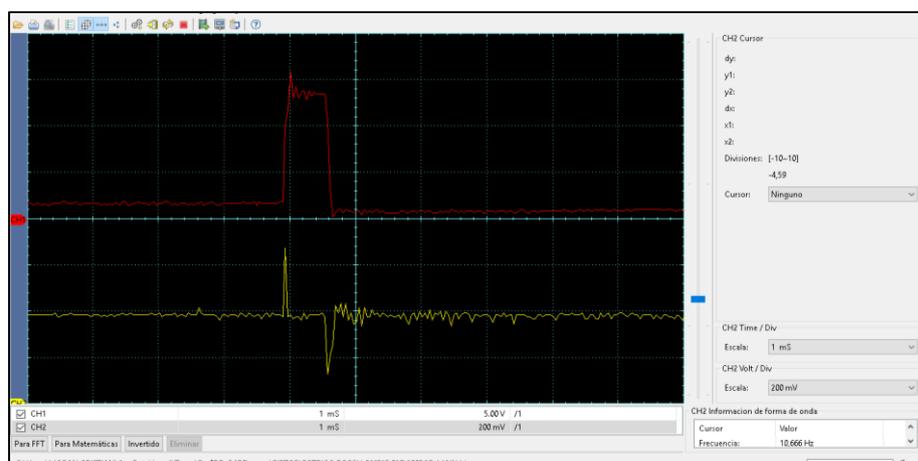


Figura 304: Curva de corriente y voltaje para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM y función main.

Se observa la curva roja de voltaje tiene una activación de 140V, la curva amarilla de corriente tiene una apertura de inyección de 6A a un tiempo de inyección de 0,76 ms con un tiempo de cierre de 124,24 ms el periodo total es de 125 ms a 960 rpm y 8 Hz.

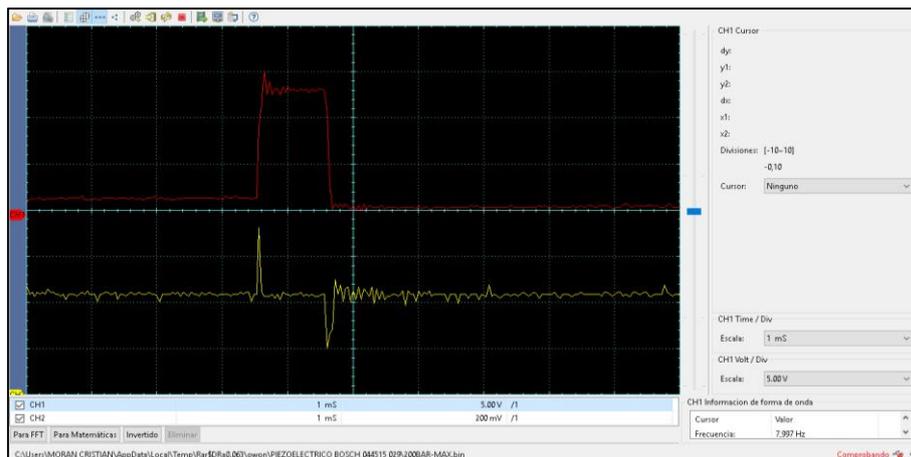


Figura 305: Curva de corriente y voltaje para inyector Bosch 0445110250 a 960 RPM y función max.

Se observa la curva roja de voltaje tiene una activación de 140V, la curva amarilla de corriente tiene una apertura de inyección de 6A a un tiempo de inyección de 1,2 ms con un tiempo de cierre de 123,8 ms el periodo total es de 125 ms a 960 rpm y 8 Hz.

Análisis y conclusiones

Se observa que la prueba en modo CRDI para los inyectores inductivos se mantiene constante, con un tiempo promedio de cierre 124 ms, la modulación de ancho de pulso para cada inyector varía de 0,15 a 1,5 ms.

El voltaje para activar los inyectores Bosch y Denso está 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.

En las gráficas 303, 304, 305, generadas por el osciloscopio se observa la corriente para los inyectores piezoeléctricos es inversa por un tiempo de 0,2 ms para excitar el cuarzo del piezoeléctrico y que vuelva a su posición normal.

Los caudales de inyección y retorno son proporcionales a la presión de trabajo, para las presiones de 200 bares, el caudal de inyección es mínimo, ya que los tiempos que permanecen oscilando el inyector son muy cortos lo que reduce el consumo de combustible.

CAPÍTULO V

5. MARCO ADMINISTRATIVO

5.1. Recursos

Para obtener una factibilidad del proyecto se realizó el presente capítulo para analizar la optimización de los recursos utilizados ya sean materiales tecnológicos y humanos que son aspectos fundamentales para poder ejecutar y elaborar el proyecto.

5.1.2. Recursos humanos

Para la elaboración del proyecto de titulación se aprobó el tema “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ACTIVACIÓN Y CONTROL DE INYECTORES DIESEL RIEL COMÚN CRDI” lo más importante fue obtener la bibliografía adecuada y explícita, establecer los métodos investigación y la capacidad de los señores: Cristian Hernando Morán Vega y Rodrigo Manuel Passo Guamangate quienes tuvieron el papel de investigadores, diseñadores y constructores del proyecto.

En la elaboración del banco de pruebas, se tuvo el asesoramiento del Ing. German Erazo en calidad de director del proyecto de investigación, así como los demás docentes que han participado de forma directa e indirecta en el desarrollo del mismo.

5.1.3. Recursos Tecnológicos

Para el cumplimiento de las metas propuestas, fue imprescindible el uso de materiales y equipos tecnológicos tales como: multímetro automotriz, osciloscopio, cámara fotográfica, internet, computador, libros, etc., que permitieron facilitar las tareas de investigación y desarrollo del proyecto.

5.1.4. Recursos materiales

Comprende todos los elementos tangibles que se requirieron para materializar el proyecto como son: motor eléctrico, depósito de fluido, estructura metálica de soporte, riel, válvulas, cañerías, inyectores, manómetros, dispositivos electrónicos electroválvulas filtro bomba eléctrica cables eléctricos, etc.

5.2. Análisis de costos del proyecto

En la ejecución del proyecto se debe considerar, el costo total del mismo conformado de una estructura metálica, tarjetas electrónicas, circuito hidráulico, etc. De acuerdo esto se determinará la rentabilidad de la ejecución del proyecto, si representara un equipo competente frente a otros de sus mismas características técnicas. Además, este análisis sirve como parámetro para determinar un costo final en el mercado.

Para la implementación del banco de pruebas para inyectores CRDI, se debe tomar en cuenta los siguientes costos: el costo que implica el diseño y fabricación del circuito de control electrónico y demás sistemas complementarios, el costo de manufacturación de la estructura metálica y elementos mecánicos, costos de diseño e implementación del circuito hidráulico y los costos que representan los accesorios e insumos.

5.2.1. Costos de mano de obra

El costo del diseño es relativamente alto lo cual se verá representado en el valor final del proyecto. El motivo del presente capítulo establecerá un valor referencial frente al valor real del equipo que se está implementado y realizar una comparación muy objetiva con productos de similares características que existen en nuestro mercado local e internacional.

El costo de la mano de obra para el banco de pruebas para inyectores CRDI se estima en la siguiente tabla:

Tabla 69.

Costos de mano de obra

OPERACIÓN	CANTIDAD	VALOR/HORA	TIEMPO (h)	CANTIDAD \$
Diseño y construcción de la estructura metálica	1	7	40	280
Recubrimiento y acabados	1	2,5	20	50
Diseño y conexión circuito de control	3	4	25	100
Diseño y montaje del circuito hidráulico	2	3	16	48
Diseño y montaje del sistema eléctrico	1	3	5	15
TOTAL			493	

5.2.2. Costo de fabricación de tarjetas electrónicas

El costo de fabricación de las tarjetas de control del banco se estima en la tabla a continuación.

Tabla 70.

Costo de fabricación del circuito de control.

TARJETAS DE CONTROL	CANTIDAD	COSTO \$
Fuente de poder	1	20
Resistencias	7	1
Capacitores	4	3
Placa	1	8
Planchado en baquelita	4	40
Cableado	20 m	32
Termoplast	1 m	3
Transistores IRFZ 144	6	8
Transistor TIP122	1	1
Borneras	15	4,50
Estaño	5 m	5
Botonera	4	10
Diodos 1N4007	7	2
Regulador de voltaje 7805	1	0,70
Sockets de conexión	1	3
TOTAL		141,20

5.2.3. Costo de componentes eléctricos

El costo de materiales usados para las conexiones del banco de pruebas y componentes de seguridad eléctrica.

Tabla 71.

Costos de materiales y elementos eléctricos.

ELEMENTOS ELÉCTRICOS	CANTIDAD	PRECIO / U	COSTO \$
Motor trifásico 5 hp	1	450	450
Breaker de 32 A	1	19	19
Cable de 3x10	3m	3	9
Cable # 14	10 m	0,60	6
Cable de computador	2	10	20
Fusibles 10 – 30 A	4	1	4
Relé 40 A	1	6,50	6,50
Conectores de computador	1	10	10
Interruptores 110v – 220 v	4	3	12
TOTAL			536,50

5.2.4. Costo de estructuras y elementos mecánicos

El costo de materiales usados para la elaboración de la estructura y otros componentes de sistemas complementarios del banco de pruebas.

Tabla 72.

Costos de materiales y elementos mecánicos

ELEMENTOS MECÁNICOS	CANTIDAD	PRECIO / U	COSTO \$
Tubo estructural cuadrado 1' X 1'	3	18,75	56,25
Planchas de acero	2	5,50	11
Soporte para bomba hidráulica	1	4	4
Conjunto de probetas graduadas y electroválvulas	1	200	200
Riel de alta presión	1	45	45
Poleas	2	2,50	5
Banda de transmisión	1	6,50	8,50
TOTAL			329,75

5.2.5. Costo del sistema hidráulico

Los componentes del sistema hidráulico del equipo son los de mayor costo, las partes fueron adquiridas en las ciudades de Ambato, Quito, Guayaquil y otros fueron importados de Perú.

Tabla 73.

Costos de inversión del circuito hidráulico.

ELEMENTOS HIDRÁULICOS	Cantidad	Precio / u	Costo \$
Bomba Hidráulica Denso HP3 SM29400-0900	1	300	300
Bomba eléctrica de 11 bar	1	50	50
Válvula reguladora de presión 0 – 1300 bar	1	230	230
Válvula reguladora de presión de 0 – 8 bar.	1	40	40
Filtro separador de agua Delphi HDF 296	1	90	90
Fluido de prueba ISO 4113	3 gal	37	111
Manómetro 0 – 1400 bar	1	230	230
Manómetro 0 – 11 bar	1	10	10
Cañería acero	3 m	20	60
Manguera ATFLEX – I.D. 5/16” – W/P 20 Bar (300 Psi)	3 m	1,30	3,90
Manguera flexible 3/16 in	8 m	0,65	5,20
Acoples de conexión.	24	4	96
Inyectores	4	150	600
Cilindro de mica	1	20	20
TOTAL			1849,10

5.2.6. Costo neto del banco de prueba para inyectores CRDI.

Una vez determinados los costos de cada uno de los sistemas del equipo, se obtiene la suma del costo neto del proyecto.

Tabla 74.**Costo total del proyecto.**

Costos del Equipo	Costos \$
Mano de obra	493
Tarjetas electrónicas	141,20
Estructura metálica	329,75
Sistema hidráulico	1229,10
Componentes eléctricos	536,50
Material bibliográfico	60
Movilización	150
Capacitación	300
TOTAL	3239,55

5.2.7. Análisis del costo – beneficio.

Al realizar el balance entre el costo económico junto con los alcances del proyecto, se evidencia que el proyecto titulado DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ACTIVACIÓN Y CONTROL DE INYECTORES DIESEL RIEL COMÚN CRDI” ha cumplido con los objetivos ya que representa un beneficio para la comunidad como proyecto de aplicación en laboratorio de Autotrónica como complemento para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L y dado su bajo costo en la industria automotriz nacional para su producción en serie.

Se obtuvo un banco con características similares a los bancos de prueba Delphi existentes en el mercado con un valor aproximado de 8500 dólares con la diferencia que su aplicación es en inyectores CRDI de cualquier marca con una reducción del costo aproximadamente del 46%.

5.3. Evaluación del proyecto

El banco de pruebas de inyectores crdi, se estima el diagnóstico de tres vehículos a la semana, dando un promedio anual de 144 automóviles, cada transporte posee 4 inyectores por lo tanto se tiene un aproximado de 576 inyectores al año con un costo de diagnóstico de \$10 dólares cada inyector, este valor se mantendrá los 3 primeros años. A partir del cuarto año se incrementará \$5 dólares lo que nos dará un costo anual de \$8640 dólares, el precio del quinto año es igual al valor anual del cuarto año más el valor de salvamento lo que será igual a un total de \$10000 dólares.

Tabla 75.**Flujo de caja proyectado**

	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Ingresos		\$5.760	\$5.760	\$5.760	\$8.640	\$10.000
Gastos		\$3.000	\$3.000	\$3.000	\$3.000	\$3.000
Inversión inicial	-3239,55					
Flujo de caja	-3239,55	\$2.760	\$2.760	\$2.760	\$5.640	\$7.000

La tabla 76 muestra el flujo de caja, durante los primeros 5 años de inversión del banco de pruebas de diagnóstico de inyectores crdi, para poder calcular el valor actual neto y la tasa interna de retorno.

5.3.2. Cálculo del VAN

Mediante Excel calculamos el valor actual neto que representa el flujo de caja y la rentabilidad mínima esperada en función al riesgo, o tasa de descuento que será de un 30 % menos la inversión inicial, para poder analizar si es conveniente invertir en un laboratorio de diagnóstico crdi, si el valor es positivo es factible el proyecto.

Tabla 76.**Cálculo del VAN**

	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	VAN
Ingresos		\$5.760	\$5.760	\$5.760	\$8.640	\$10.000	\$5.632,95
Gastos		\$3.000	\$3.000	\$3.000	\$3.000	\$3.000	
Inversión inicial	-3239,55						
Flujo de caja	-3239,55	\$2.760	\$2.760	\$2.760	\$5.640	\$7.000	
Tasa de descuento	30%						

En la tabla 76 muestra el VAN que presenta un valor positivo lo que significa que es rentable nuestra inversión.

Con los presentes valores, podemos calcular la tasa interna de retorno para evaluar la rentabilidad del proyecto.

5.3.3. Cálculo del TIR

Se calcula en base al flujo de caja proyectado para los 5 primeros años de inversión, la tasa de retorno debe de ser mayor a la rentabilidad mínima esperada en función al riesgo, o tasa de descuento.

Tabla 77.

Cálculo del TIR

	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	VAN	TIR
Ingresos		\$5.760	\$5.760	\$5.760	\$8.640	\$10.000	\$5.632,95	93%
Gastos		\$3.000	\$3.000	\$3.000	\$3.000	\$3.000		
Inversión inicial	-3239,55							
Flujo de caja	-3239,55	\$2.760	\$2.760	\$2.760	\$5.640	\$7.000		
tasa de descuento	30%							

En la tabla 77 muestra una tasa de rentabilidad del 93% calculado mediante Excel lo que indica que es factible el proyecto de inversión.

5.3.4. Periodo de recuperación de inversión PRI

Es un método de corto plazo para evaluar el proyecto de inversión por su facilidad de cálculo, mide la liquidez del proyecto el riesgo relativo permite anticipar eventos a cortos plazos. Se tiene en cuenta el tiempo en recuperar el dinero invertido este tiempo dependerá cuan rentable es el negocio y que tan riesgoso será llevarlo a cabo.

$$Pri = \frac{\text{Inversión}}{\text{Beneficios netos anuales}}$$

Ecuación 20. Periodo de recuperación de inversión.

$$Pri = \frac{3239,55}{2760} = 1,17$$

Tabla 78.

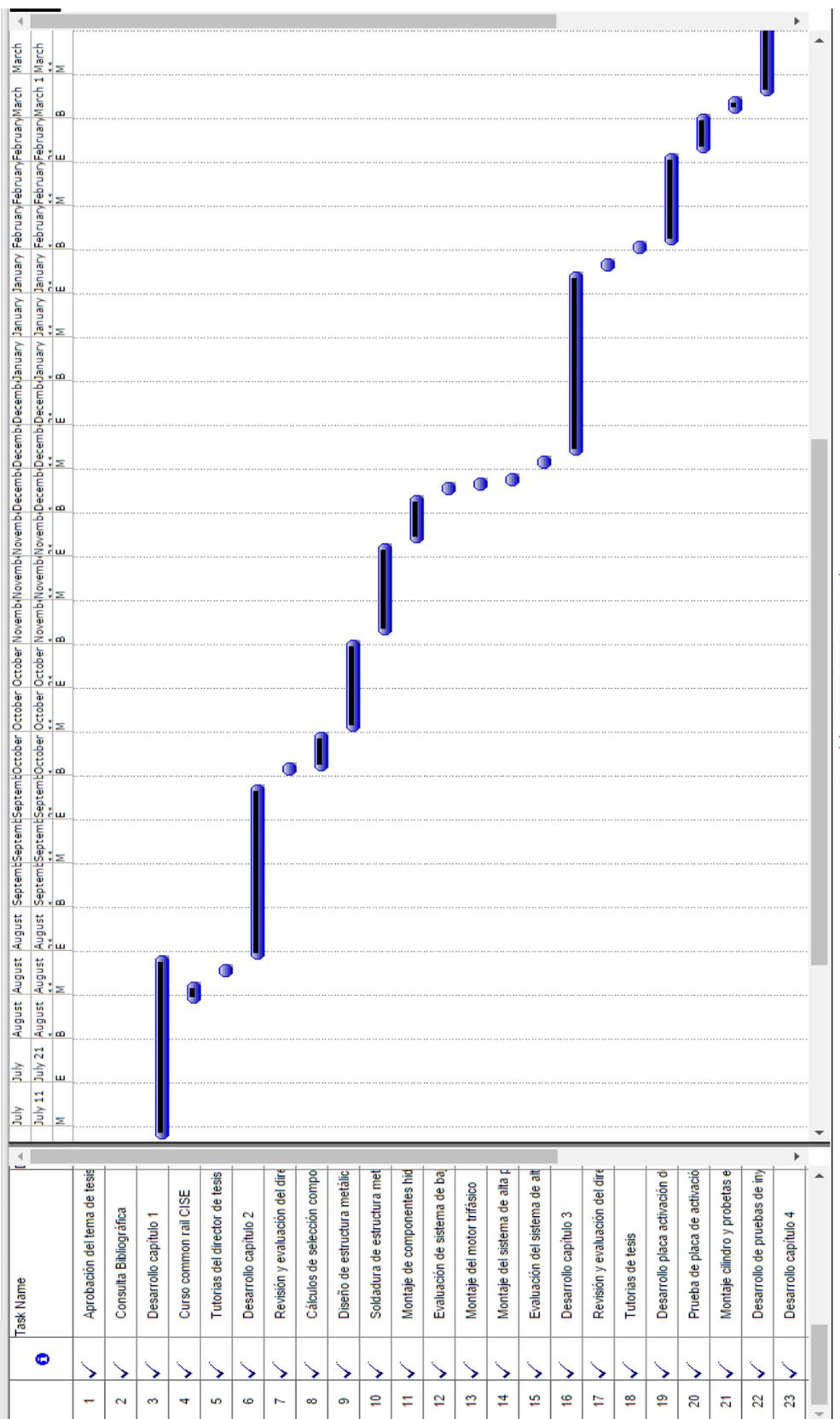
Período de recuperación de la inversión

	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	VAN	TIR
Ingresos		\$5.760	\$5.760	\$5.760	\$8.640	\$10.000	\$5.632,95	93%
Gastos		\$3.000	\$3.000	\$3.000	\$3.000	\$3.000		
Inversión inicial	-3239,55							
Flujo de caja	-3239,55	\$2.760	\$2.760	\$2.760	\$5.640	\$7.000		
Flujo acumulado	-3239,55	\$-480	\$2.280	\$5.040	\$10.680	\$17.680		

En la tabla 79 muestra el flujo acumulado de caja el cual nos indica que a partir del segundo año se recupera la inversión inicial y mediante cálculos se tiene una recuperación en el primer año.

5.4. Cronograma.

El cronograma muestra en detalle cada una de las fases para la culminación total del proyecto de investigación.



Conclusiones

- Se estableció los parámetros de activación y control de inyectores diesel para el riel común CRDI para efectuar un diagnóstico eficiente de los inyectores.
- Se consultó e investigó fuentes bibliográficas confiables, bases digitales, bibliotecas virtuales, artículos científicos, para obtener un a información relevante de las características de funcionamiento de los inyectores crdi.
- Se investigó de acuerdo a marcas y modelos de vehículos que existen en nuestro medio al tipo de sistemas CRDI que disponen.
- Se determinó parámetros de operación del sistema como: voltaje, corriente, tipo de activación, presión, ángulos de pulverización establecidos en el diseño del sistema de control y activación del sistema CRDI.
- Se diseñó y seleccionó los elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos para el sistema hidráulico y de control de activación de los inyectores CRDI.
- Se desarrolló pruebas de caudal, ángulos de pulverización, presión de inyección y pruebas retorno de sistemas CRDI.
- Se elaboró un manual de usuario del equipo.
- Se estableció una base de datos para graficar cuadros comparativos, de las características de funcionamiento de los inyectores.
- Se obtuvo parámetros similares, en el ciclo de trabajo y rpm a distintas presiones para los inyectores inductivos Bosch, Denso y Delphi.
- Mediante el osciloscopio se obtuvo graficas de voltaje, corriente y tiempos de activación y cierre de los inyectores crdi.
- 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 1,5) ms.
- El voltaje para activar los inyectores Bosch y Denso oscila entre 50 y 60 voltios con corrientes elevadas de 15 a 20 amperios, para el caso del inyector Delphi tiene un voltaje de activación de 12 voltios y una corriente de 8 amperios.
- El voltaje para activar los inyectores piezoeléctricos es de 140 voltios y corrientes de 6 a 8 amperios corriente es inversa por un tiempo de 0,2 ms para excitar el cuarzo del piezoeléctrico y que vuelva a su posición normal.
- 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.

Recomendaciones

- Incentivar este tipo de proyectos ya que constituyen un fortalecimiento del aprendizaje y la aplicación de conocimientos adquiridos durante toda la carrera.
- Comenzar con iniciativas que aumenten la cantidad de proyectos referentes a sistemas CRDI dado que los vehículos actuales cuentan con esta tecnología.
- Organizar giras técnicas a laboratorios y plantas donde se fabrican o ensamblan equipos con tecnología CRDI.
- Antes de operar el equipo leer detenidamente el manual del usuario para conocer del funcionamiento, precauciones y operación del banco de pruebas.
- Verificar que el nivel del fluido en el depósito sea el necesario para evitar daños en el sistema hidráulico del equipo.
- Visualizar el filtro de combustible Delphi si no se encuentra con agua por el efecto de condensación, si presenta purgar el agua a través del tornillo que se encuentra en la parte inferior del filtro.
- Si presenta restricción en el manómetro de baja presión purgar el sistema a través del tornillo superior ya que se encuentra con aire el sistema de baja presión.
- Antes de montar cualquier tipo de inyector CRDI verificar que tengan la resistencia interna y que no este haya masa entre el cuerpo del inyector y la bobina.
- Seleccionar el tipo de inyector a evaluarse en el módulo de control electrónico sea piezoeléctrico o inductivo para que no haya daños en la bobina ya que los inyectores piezoeléctricos utilizan voltajes altos.
- Únicamente se debe accionar el banco cuando el inyector y todo el sistema se encuentre debidamente alojados y ajustados al riel, usar normas y equipo de seguridad para salvaguardar la integridad del técnico y del banco de pruebas.
- Se recomienda trabajar a una presión máxima de 1000 bares, ya que si se excede de esta presión se fuga el líquido calibrador a través de la válvula de control de presión.
- Para realizar el diagnóstico en modo ciclo de trabajo y rpm, tomar en cuenta el tiempo estimado de prueba ya que las probetas están graduadas a 100 ml, si el tiempo es mayor a 30 seg el líquido calibrador se riega por la parte superior de las probetas.
- Si no se enciende el sistema de baja presión o la fuente de poder revisar el relé y fusible de protección para el sistema electrónico.

BIBLIOGRAFÍA

- Analuca, W., & Sangucho, & C. (2013). *Diseño y construcción de un sistema de simulación, diagnóstico y comprobación de sistemas de alimentación de combustible para inyector diesel electrónico H.E.U.I.* Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Bernal , J. L. (2007). Diesel electronic injection inyección HEUI y common rail Ford - Navistar. *Motor diesel power stroke Ford motor 6.4 lts common rail*, 101-102.
- Bosch , R. (2010). Inyección piloto. *Entrenamientos tecnológicos*, 100-117.
- Bosch, R. (2005). *Sistemas de inyección diesel por acumulador common rail* (Tercera ed.). Alemania: Robert Bosch GmbH. Recuperado el 25 de Agosto de 2015
- Bosch, R. (2006). Componentes del sistema. En A. Marquioni, *Entrenamiento del sistema common rail* (págs. 13-28). Italia.
- CINAIE. (2011). Producción nacional. *Análisis Sectorial Automotriz y Autopartes*, 4-6.
- Cise Electronics . (2010). Gestión electrónica en motores diesel. *Sistemas common rail*, 12-33.
- Cise Electronics . (2010). Inyectores piezoeléctricos. *Inyectores diesel piezoeléctricos*, 1-5.
- Coral de la Cadena, F. A. (2013). *Diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diesel crdi*. Riobamba, Ecuador: Escuela Politécnica de Chimborazo.
- Coredisa. (2012). Aceite de calibracion iso 4113. *Equipamiento diesel*, 1-2.
- Daimler Chrysler . (2004). Formacion de la mezcla. *Descripción del sistema inyección diesel common rail CDI 2 y CDI 3*, 32-37.
- Daimler Chrysler. (2004). *Sistema de combustible*. Alemania: Daimler Chrysler AG.
- Delphi . (2007). *Manual common rail principios de funcionamiento*. Francia: Delphi France SAS Diesel Aftermarket.
- Delphi. (2014). Filtro diesel . *Información del producto* , 3-4.
- Denso . (2004). Descripción general. *Manual de servicio de funcionamiento Common rail systems*, 7-27.

- Denso . (2005). Inyector. *Boletín de servicio bomba de inyección de comustible consejo técnico* , 13-14.
- Denso. (2004). *Common rail system*. Japón : Denso Corporation .
- Erazo , G., & Quiroz, L. (2008). Sistemas de inyección electrónica. *Electrónica aplicada en sistemas de inyeccion diesel*, 3-9.
- Hernández, L. (2006). *Predicción y optimización de emisores y consumo mediante redes neuronales en motores diesel*. Valencia, España: Reverté. Recuperado el 20 de Septiembre de 2015
- Infante, A. (2007). Perspectivas de la situación energética mundial. Las oportunidades para Colombia. *Revista de Ingeniería*, 77-78.
- Kia Motors. (2005). Common rail Delphi manual de entrenamiento de servicio. *Kia motors*, 7-17.
- Matienzo, G. (21 de Julio de 2015). *Concepto de Multijet II*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2015, de Tecnología Multijet II de los motores diesel: <http://documents.mx/documents/tecnologia-multijet-ii-de-los-motores-diesel.html>
- OICA. (3 de Octubre de 2015). *Organización Internacional de Constructores de Automóviles*. Obtenido de OICA: <http://www.oica.net/wp-content/uploads//pc-sales-2015-Q2.pdf>
- Osnaya , S., & Taboada , E. (2009). El diesel para autotransporte en México. Situación actual y prospectiva. *El Cotidiano*, 67-68.
- Ruiz. (2007). Definición del método científico . *El método científico y sus etapas*, 13-20.
- Volkswagen . (2007). El motor TDI 2.0 con sistema de inyección common rail. *Programa autodidáctico 403*, 28-30.
- Volvo. (2005). Preinyección funcionamiento. *Common rail VM*, 20-28.

LINKOGRAFÍA:

- Barquero , C. (10 de Febrero de 2012). *Sensor frp Bosch*. Recuperado el 10 de Enero de 2016, de Mecanicos Costarica: <http://www.mecanicoscostarica.net/Tips%20tecnicos/sensor%20diesel.htm>
- Bosch, R. (10 de Enero de 2015). *Bomba eléctrica de combustible*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2015, de Piezas de automóviles Bosch: <http://es.bosch->

automotive.com/es/internet/parts/parts_and_accessories/motor_and_sytems/benzin/fuel_supply/electric_fuel_pump/electric_fuel_pump_1.html#

- Durbá, J. (22 de Enero de 2011). *Como conectar un motor trifásico a 400V a 230 monofásico*. Recuperado el 11 de Diciembre de 2015, de El blog de jugganet: <http://jugganett.blogspot.com/2011/01/como-conectar-un-motor-trifasico-400v.html>
- Ingenieriacivil. (25 de Enero de 2014). *Diseño por presión interna de tuberías de acero para el bastecimiento de agua*. Recuperado el 23 de Diciembre de 2015, de Tutoriales Ingeniería civil: <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/disenopresion-interna-de-tuberias-de-acero-para-el-abastecimiento-de-agua/>

ANEXOS



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores: **CRISTIAN HERNANDO MORÁN VEGA Y MANUEL RODRIGO PASSO GUAMANGATE**. En la ciudad de Latacunga, al sexto día del mes de junio del 2016.

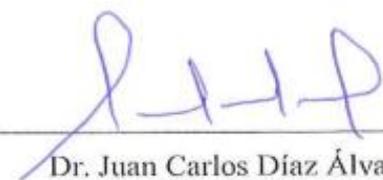


Ing. Germán W. Erazo Laverde
DIRECTOR DEL PROYECTO

Aprobado por:



Ing. Víctor Danilo Zambrano L.
DIRECTOR DE CARRERA



Dr. Juan Carlos Díaz Álvarez
SECRETARIO ACADÉMICO