



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: "INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO
MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES MARCA
DENSO, "05S00047" Y "06S00387" DEL SISTEMA DE
INYECCIÓN CRDI (COMMON RAIL DIESEL INJECTION)"**

AUTORES:

JONATHAN STALIN NOBOA PAZMIÑO

DIEGO ALEJANDRO VARGAS CASPI

DIRECTOR:

ING. WASHINGTON GERMÁN ERAZO LAVERDE

LATACUNGA

2017



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES MARCA DENSO, "05S00047" Y "06S00387" DEL SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI (COMMON RAIL DIESEL INJECTION)" realizado por los señores JONATHAN STALIN NOBOA PAZMIÑO Y DIEGO ALEJANDRO VARGAS CASPI, 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 al señor JONATHAN STALIN NOBOA PAZMIÑO Y DIEGO ALEJANDRO VARAS CASPI para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 23 de agosto del 2017



ING. WASHINGTON GERMÁN ERAZO LAVERDE
DIRECTOR



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, JONATHAN STALIN NOBOA PAZMIÑO Y DIEGO ALEJANDRO VARGAS CASPI, con cédulas de ciudadanía N°171935726-9 y N°171696125-3 respectivamente, declaramos que este trabajo de titulación "INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES MARCA DENSO, "05S00047" Y "06S00387" DEL SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI (COMMON RAIL DIESEL INJECTION)" 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 declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 23 de agosto del 2017

Jonathan Stalin Noboa Pazmiño
C.C.: 171935726-9

Diego Alejandro Vargas Caspi
C.C.: 171696125-3



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

AUTORIZACIÓN

Nosotros, JONATHAN STALIN NOBOA PAZMIÑO Y DIEGO ALEJANDRO VARGAS CASPI, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en el repositorio institucional el trabajo de titulación "INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES MARCA DENSO, "05S00047" Y "06S00387" DEL SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI (COMMON RAIL DIESEL INJECTION)" cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 23 de agosto del 2017

Jonathan Stalin Noboa Pazmiño
C.C.: 171935726-9

Diego Alejandro Vargas Caspi
C.C.: 171696125-3

DEDICATORIA

El presente trabajo, va dedicado a mis padres, que fueron los que siempre estuvieron ahí en las buenas y malas, en los altibajos; son ustedes quienes me enseñaron a salir adelante a valorar lo que se tiene en la vida.

A mi madre que siempre me guio con tus consejos y tus bendiciones apoyándome siempre en lo que quería dándome tu mano cuando la necesitaba.

A mi padre, que a veces tuviste que poner mano dura para entender que nada es fácil en esta vida.

A mi ñaña, con quien no puede compartir mucho tiempo de su adolescencia, pero aun así me apoyaba cuando la necesitaba.

A mi ABUELITO (+), que muchas veces fue mi alcahuete gracias por tus consejos y discúlpame por no concederte antes este privilegio de verme que ya soy alguien en la vida.

Te dedico a ti HIJA mía, tu que formaste parte de mí en los últimos semestres tus sonrisas diarias son mi aliento a seguir.

Jonathan Stalin Noboa Pazmiño

DEDICATORIA

El presente trabajo, va dedicado a mis padres, que siempre han sabido apoyarme en todo momento, es preciso recordar siempre que, sin su aliento de vida, jamás hubiese sido posible llegar a esta instancia actual.

Para mis hermanos, por sus interminables palabras de confianza y entero apoyo en toda mi etapa de formación académica.

Para mis sobrinos, que sepan que todo es posible siempre y cuando exista el deseo de superación, todo esfuerzo se ve reflejado al final de su etapa y todo sueño se convierte en realidad, si es deseado con mucha fuerza y alimentado con dedicación.

Diego Alejandro Vargas Caspi

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, darme fortaleza y conocimiento para sacar este proyecto adelante y haberlo culminado.

A mi madre y a mi padre, ustedes que fueron los que me dieron todos los medios necesarios para culminar mi carrera universitaria.

A mi esposa Laura, quien me ha soportado en mi época universitaria y ha estado ahí en las buenas y malas.

A Ing. Germán Erazo quien me ayudo a sacar a flote el presente proyecto y compartió sus conocimientos en las aulas de la Universidad.

A mis abuelitos que muchas veces me aconsejaban y me daban ánimos para seguir adelante en este objetivo que deseaba cumplir.

A toda mi familia, a los que confiaron y los que no también.

Jonathan Stalin Noboa Pazmiño

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por su bondad y haberme concedido una familia maravillosa.

A mi padre, que desde pequeño me enseñó que la vida no es fácil y que con personalidad se debe enfrentar los obstáculos.

A mi madre, por su cariño dulzura y apoyo incondicional, por su bendición de cada día.

A mi Tía Sonia y Tío Migue, por su amabilidad, consejos, por haberme aceptado en su hogar y hecho sentir parte de su familia durante mi larga estadía en la ciudad de Latacunga.

Diego Alejandro Vargas Caspi

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xix
ÍNDICE DE ECUACIONES	xxvii
RESUMEN	xxviii
SUMMARY	xxix

CAPÍTULO I

1. MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Descripción resumida del proyecto	3
1.4. Justificación e importancia	4
1.5. Objetivos	5
1.5.1. Objetivo General	5
1.5.2. Objetivos Específicos	6
1.6. Metas	6
1.7. Matriz de operacionalización de variables	7
1.7.1. Variable independiente	7
1.7.2. Variable dependiente	8

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO	9
2.1.	Campos de aplicación del sistema de inyección diésel	9
2.2.	Sistemas de inyección CRDI Denso.....	10
2.3.	Activación para inyectores Common Rail con válvula electromagnética	10
2.3.1.	Fase de apertura	12
2.3.2.	Fase de corriente inicial de arranque	12
2.3.3.	Fase de corriente de mantenimiento	12
2.3.4.	Desconexión.....	12
2.3.5.	Recarga mediante convertidor de refuerzo	13
2.4.	Curvas de inyección	13
2.5.	Inyectores Denso	15
2.6.	Tipos de inyectores Common Rail Denso	16
2.6.1.	Tipo X1	16
2.6.2.	Tipo X2.....	16
2.6.3.	Tipo G2	17
2.6.4.	Inyector Denso con código QR.....	18
2.7.	Características de funcionamiento de los inyectores Denso	18
2.7.1.	Inyección piloto.....	19
2.7.2.	Pre inyección.....	19
2.7.3.	Inyección principal.....	19
2.7.4.	Inyección posterior	19
2.7.5.	Post inyección	20
2.8.	Estructuración y partes de un inyector Denso	20
2.9.	Operación y funcionamiento del inyector Denso	20
2.9.1.	Inyector cerrado (con alta presión presente).....	21
2.9.2.	El inyector abre (comienzo de inyección).....	21
2.9.3.	Inyector totalmente abierto	22
2.9.4.	El inyector cierra (final de inyección).....	22
2.10.	Electrónica en la inyección diésel.....	23
2.10.1.	EDU (Unidad de Conducción Electrónica)	24

2.10.2. Sensor de posición del cigüeñal (sensor de velocidad del motor)	25
2.10.3. Sensor de reconocimiento del cilindro TDC (G)	26
2.10.4. Sensor de temperatura del refrigerante.....	27
2.10.5. Sensor de temperatura del combustible.....	27
2.10.6. Sensor de temperatura de aire de admisión y sensor de presión atmosférica.....	28
2.10.7. Sensor de presión en el RAIL FRP (Fuel Rail Pressure).....	29
2.11. Procesamiento de datos.....	29
2.12. Verificación y control de inyectores	31
2.13. Verificación de la pulverización y dirección del chorro	31
2.14. Verificación de la estanqueidad.....	31
2.15. Verificación de fuga de retorno.....	32

CAPÍTULO III

3. PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	33
3.1. Equipos utilizados	33
3.1.1. Osciloscopio Owon PDS5022T	33
3.1.2. Pinza amperimétrica BRAIN BEE.....	35
3.1.3. Osciloscopio Hantek 1008C	36
3.1.4. Multímetro	38
3.1.5. Banco de pruebas Tester CRDI V-3500 VNP.....	40
3.2. Especificaciones de los inyectores CRDI Denso.....	42
3.2.1. Inyector CRDI Denso “05S00047”	43
3.2.2. Inyector CRDI Denso “06S00387”	44
3.3. Inspección visual del banco de pruebas Tester V-3500.....	45
3.4. Procedimiento de pruebas para los inyectores serie “05S00047” y “06S00387” CRDI Denso.....	47
3.4.1. Pruebas mecánicas-hidráulicas.....	47
3.4.2. Pruebas eléctricas.....	50
3.4.3. Parámetros del inyector	54
3.5. Protocolo de extracción de los inyectores	54

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES CRDI DENSO.	58
4.1.	Introducción.....	58
4.2.	Desarrollo de la investigación.....	58
4.3.	Pruebas mecánicas.....	59
4.4.	Pruebas electrónicas.....	59
4.5.	Cálculo de los grados de activación para los inyectores DENSO “05S00047” Y 06S000387” CRDI	60
4.6.	Inyector CRDI Denso “05S00047”	64
4.6.1.	Despiece y nomenclatura de las partes del inyector CRDI “05S00047”.....	64
4.6.2.	Análisis de las pruebas a la presión 300bar.....	65
4.6.3.	Análisis de las pruebas a la presión 400bar.....	69
4.6.4.	Análisis de las pruebas a la presión 500bar.....	74
4.6.5.	Análisis de las pruebas a la presión 600bar.....	79
4.6.6.	Análisis de las pruebas a la presión 700bar.....	84
4.6.7.	Análisis y comparación de los caudales de inyección y retorno del inyector “05S00047” CRDI Denso a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión.	89
4.6.8.	Oscilograma de voltaje y corriente del inyector “05S00047”.	94
4.7.	Inyector CRDI Denso “06S00387”	106
4.7.1.	Despiece y nomenclatura de las partes del inyector “06S000387”.....	107
4.7.2.	Análisis de las pruebas a la presión 300bar.....	108
4.7.3.	Análisis de las pruebas a la presión 400bar.....	112
4.7.4.	Análisis de las pruebas a la presión 500bar.....	117
4.7.5.	Análisis de las pruebas a la presión 600bar.....	122
4.7.6.	Análisis de las pruebas a la presión 700bar.....	127
4.7.7.	Análisis y comparación de los caudales de inyección y	

	retorno del inyector “06S00387” CRDI Denso a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión.	132
4.7.8.	Oscilograma de voltaje y corriente del inyector “06S00387”.	137
4.8	Parámetros de los inyectores DENSO “05S00047” y “06S00387” CRDI.....	149
4.9	Ángulo de pulverización de los inyectores DENSO “05S00047” y “06S00387” CRDI	150

CAPÍTULO V

5.	RECURSOS	154
5.1.	Recursos humanos	154
5.2.	Recursos tecnológicos	155
5.3.	Recursos materiales.....	155
5.4.	Recursos físicos	156
5.5.	Recursos financieros.....	156
5.6.	Análisis costo-beneficio.....	157
5.7.	Cronograma	158

CAPÍTULO VI

6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	159
6.1.	Conclusiones.....	159
6.2.	Recomendaciones.....	161

	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	163
--	---------------------------------	-----

	ANEXOS	167
--	--------------	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de variable independiente.....	7
Tabla 2.	Operacionalización de variable dependiente	8
Tabla 3.	Valores de funcionamiento Inyector Denso.....	23
Tabla 4.	Sensores en el sistema de inyección	25
Tabla 5.	Características técnicas del osciloscopio OWON PDS5022T	34
Tabla 6.	Características de la pinza amperimétrica Brain Bee	35
Tabla 7.	Características Técnicas del Osciloscopio Hantek 1000c.....	37
Tabla 8.	Conectores a utilizar según el tipo de medida a realizar.....	38
Tabla 9.	Especificaciones Técnicas del Banco de Pruebas TESTER CRDI V-3500 VNP	42
Tabla 10.	Especificaciones del Vehículo que utiliza el Inyector CRDI Denso "05S00047"	43
Tabla 11.	Parámetros de funcionamiento del inyector CRDI Denso "05S00047".....	44
Tabla 12.	Especificaciones del Vehículo que utiliza el Inyector CRDI Denso "06S00387"	44
Tabla 13.	Parámetros de funcionamiento del inyector CRDI Denso "06S00387".....	45
Tabla 14.	Inspección Visual del Banco de Pruebas Tester V-3500 VNP.....	46
Tabla 15.	Ángulo del inyector DENSO 05S00047	49
Tabla 16.	Procedimiento para la medición de la inductancia	52
Tabla 17.	Tabla para la recolección de datos y realización de protocolo de pruebas de los inyectores CRDI Denso 05S00047.....	53
Tabla 18.	Parámetros del Inyector	54
Tabla 19.	Protocolo de extracción de los inyectores.....	54
Tabla 20.	Análisis de los grados de activación del inyector	

	dependiendo el tiempo de inyección y el giro del cigüeñal.....	63
Tabla 21.	Prueba del inyector DENSO "05S00047" a una presión constante de 300bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 1).....	65
Tabla 22.	Prueba del inyector DENSO "05S00047" a una presión constante de 300bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 2).....	66
Tabla 23.	Prueba del inyector DENSO "05S00047" a una presión constante de 400bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 1).....	69
Tabla 24.	Prueba del inyector DENSO "05S00047" a una presión constante de 400bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 2).....	70
Tabla 25.	Prueba del inyector DENSO "05S00047" a una presión constante de 500bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 1).....	74
Tabla 26.	Prueba del inyector DENSO "05S00047" a una presión constante de 500bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 2).....	75

Tabla 27.	Prueba del inyector DENSO "05S00047" a una presión constante de 600bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 1).....	79
Tabla 28.	Prueba del inyector DENSO "05S00047" a una presión constante de 600bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 2).....	80
Tabla 29.	Prueba del inyector DENSO "05S00047" a una presión constante de 700bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 1).....	84
Tabla 30.	Prueba del inyector DENSO "05S00047" a una presión constante de 700bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 2).....	85
Tabla 31.	Análisis y comparación de los caudales de inyección del inyector "05S00047" DENSO a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión.....	89
Tabla 32.	Análisis y comparación de los caudales de retorno del inyector "05S00047" DENSO a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión.....	92
Tabla 33.	Prueba del inyector DENSO "06S00387" a una presión constante de 300 bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 1).....	108
Tabla 34.	Prueba del inyector DENSO "06S00387" a una presión	

	constante de 300 bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 2).....	109
Tabla 35.	Prueba del inyector DENSO "06S00387" a una presión constante de 400 bar con una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 1).....	112
Tabla 36.	Prueba del inyector DENSO "06S00387" a una presión constante de 400 bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 2).....	113
Tabla 37.	Prueba del inyector DENSO "06S00387" a una presión constante de 500 bar con una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 1).....	117
Tabla 38.	Prueba del inyector DENSO "06S00387" a una presión constante de 500 bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 2).....	118
Tabla 39.	Prueba del inyector DENSO "06S00387" a una presión constante de 600 bar con una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 1).....	122
Tabla 40.	Prueba del inyector DENSO "06S00387" a una presión constante de 600 bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de	

	inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 2).....	123
Tabla 41.	Prueba del inyector DENSO "06S00387" a una presión constante de 700 bar con una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 1).....	127
Tabla 42.	Prueba del inyector DENSO "06S00387" a una presión constante de 700 bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 2).....	128
Tabla 43.	Análisis y comparación de los caudales de inyección del inyector "06S00387" DENSO a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión.....	132
Tabla 44.	Análisis y comparación de los caudales de retorno del inyector "06S00387" DENSO a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión.....	135
Tabla 45.	Parámetros de los inyectores "05S00047" y "06S00387"	149
Tabla 46.	Parámetros de los inyectores DENSO "05S00047" y "06S00387"	150
Tabla 47.	Ángulos del inyector Denso "06S00387"	153
Tabla 48.	Recursos Humanos	154
Tabla 49.	Recurso Tecnológico	155
Tabla 50.	Recursos Materiales	155
Tabla 51.	Recursos Financieros	156
Tabla 52.	Cronograma de Actividades.....	158

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Circuito básico de la fase de activación	11
Figura 2.	Secuencia de activación de la válvula electromagnética de alta presión	11
Figura 3.	Curva de inyección de un sistema Common Rail.....	14
Figura 4.	Curva de voltaje de un inyector diésel CRDI.....	14
Figura 5.	Curva de corriente de un inyector diésel CRDI.....	15
Figura 6.	Inyector tipo X1	16
Figura 7.	Inyector tipo X2.....	17
Figura 8.	Inyector tipo G2.....	17
Figura 9.	Códigos QR en inyectores Denso.....	18
Figura 10.	Modelo de accionamiento de inyector Common Rail Denso.....	19
Figura 11.	Inyector Denso.....	20
Figura 12.	Proceso de inyección Inyector Denso	23
Figura 13.	Esquemas de la electrónica básica de funcionamiento	24
Figura 14.	Esquema de comunicación	24
Figura 15.	Posición del sensor CKP.....	26
Figura 16.	Posición del sensor TDC.....	27
Figura 17.	Sensor de temperatura del refrigerante	27
Figura 18.	Sensor de temperatura del combustible	28
Figura 19.	Sensor de Presión	29
Figura 20.	Sensor de Presión en el Riel.....	29
Figura 21.	Secuencia básica de la regulación electrónica	30
Figura 22.	Tipo de Pulverización.....	31
Figura 23.	Parte frontal del Osciloscopio OWON	33
Figura 24.	Pinza Amperimétrica	35
Figura 25.	Osciloscopio Hantek 1008C.....	37
Figura 26.	Partes del Multímetro Automotriz.....	39
Figura 27.	Componentes del Banco Tester V-3500 VNP.....	41
Figura 28.	Vistas laterales del Banco Tester V-3500 VNP	41

Figura 29. Inyector DENSO	43
Figura 30. Hino Dutro CITY 300.....	44
Figura 31. Hino Dutro 816.....	45
Figura 32. Ángulo de Pulverización 05S00047-DENSO	49
Figura 33. Análisis del ángulo de activación respecto al tiempo de inyección y al giro del cigüeñal	63
Figura 34. Despiece del inyector CRDI DENSO "05S00047"	64
Figura 35. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "05S00047" a una presión constante de 300bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del tiempo de disparo y el tiempo de retención.	67
Figura 36. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "05S00047" a una presión constante de 300bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de inyección y el caudal de retorno.	68
Figura 37. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "05S00047" a una presión constante de 400bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del tiempo de disparo y el tiempo de retención.	72
Figura 38. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "05S00047" a una presión constante de 400bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de Inyección y el caudal de retorno.	73
Figura 39. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "05S00047"	

	a una presión constante de 500bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del tiempo de disparo y el tiempo de retención.	77
Figura 40.	Prueba realizada al inyector diésel DENSO "05S00047" a una presión constante de 500bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de Inyección y el caudal de retorno.	78
Figura 41.	Prueba realizada al inyector diésel DENSO "05S00047" a una presión constante de 600bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del tiempo de disparo y el tiempo de retención.	82
Figura 42.	Prueba realizada al inyector diésel DENSO "05S00047" a una presión constante de 600bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de Inyección y caudal de retorno.	83
Figura 43.	Prueba realizada al inyector diésel DENSO "05S00047" a una presión constante de 700bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del tiempo de disparo y tiempo de retención.	87
Figura 44.	Prueba realizada al inyector diésel DENSO "05S00047" a una presión constante de 700bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los	

	tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de Inyección y caudal de retorno.	88
Figura 45.	Análisis de los caudales de inyección con la variación de pulsos y el tiempo de inyección a presiones (300, 400, 500, 600, 700) bar, según los datos de la tabla 37.	91
Figura 46.	Análisis de los caudales de retorno con la variación de pulsos y el tiempo de inyección a presiones (300, 400, 500, 600, 700) bar, según los datos de la tabla 38.	93
Figura 47.	Elementos del oscilograma de voltaje del inyector Denso CRDI "05S00047"	94
Figura 48.	Elementos del oscilograma de corriente del inyector Denso CRDI "05S00047"	95
Figura 49.	Oscilograma de voltaje, con el tiempo de inyección de 0.25ms	96
Figura 50.	Oscilograma de corriente, con el tiempo de inyección de 0.25ms	97
Figura 51.	Oscilograma de voltaje y corriente simultáneos con el tiempo de inyección de 0.25ms.....	97
Figura 52.	Oscilograma de voltaje, con el tiempo de inyección de 0.5ms	98
Figura 53.	Oscilograma de corriente, con el tiempo de inyección de 0.5ms	99
Figura 54.	Oscilograma de voltaje y corriente simultáneos con el tiempo de inyección de 0.5ms.....	99
Figura 55.	Oscilograma de voltaje, con el tiempo de inyección de 1.0ms	100
Figura 56.	Oscilograma de corriente, con el tiempo de inyección de 1.0ms	101
Figura 57.	Oscilograma de voltaje y corriente simultáneos con el tiempo de inyección de 1.0ms.....	101
Figura 58.	Oscilograma de voltaje, con el tiempo de inyección de	

1.5ms	102
Figura 59. Oscilograma de corriente, con el tiempo de inyección de 1.5ms	103
Figura 60. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneos con el tiempo de inyección de 1.5ms.....	103
Figura 61. Oscilograma de voltaje, con el tiempo de inyección de 2.0ms	104
Figura 62. Oscilograma de corriente, con el tiempo de inyección de 2.0ms	105
Figura 63. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneos con el tiempo de inyección de 2.0ms.....	105
Figura 64. Despiece del inyector CRDI DENSO "06S00387"	107
Figura 65. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "06S00387" a una presión constante de 300 bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del tiempo de disparo y el tiempo de retención.	110
Figura 66. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "06S00387" a una presión constante de 300bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de inyección y el caudal de retorno.	111
Figura 67. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "06S00387" a una presión constante de 400 bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del tiempo de disparo y el tiempo de retención.	115
Figura 68. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "06S00387" a una presión constante de 400 bar con variación en el	

- número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de inyección y el caudal de retorno. 116
- Figura 69. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "06S00387" a una presión constante de 500 bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del tiempo de disparo y el tiempo de retención. 120
- Figura 70. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "06S00387" a una presión constante de 500 bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de inyección y el caudal de retorno. 121
- Figura 71. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "06S00387" a una presión constante de 600 bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del tiempo de disparo y el tiempo de retención. 125
- Figura 72. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "06S00387" a una presión constante de 600 bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de inyección y el caudal de retorno. 126
- Figura 73. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "06S00387" a una presión constante de 700 bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms,

	apreciando la variación del tiempo de disparo y el tiempo de retención.	130
Figura 74.	Prueba realizada al inyector diésel DENSO "06S00387" a una presión constante de 700bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de inyección y el caudal de retorno.	131
Figura 75.	Pruebas realizadas al inyector diésel DENSO "06S00387" a presión de 300, 400, 500, 600, 700bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de inyección.	134
Figura 76.	Pruebas realizadas al inyector diésel DENSO "06S00387" a presión de 300, 400, 500, 600, 700bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de retorno.....	136
Figura 77.	Elementos del oscilograma de voltaje del inyector Denso CRDI "06S00387"	137
Figura 78.	Elementos del oscilograma de corriente del inyector Denso CRDI "06S00387"	138
Figura 79.	Oscilograma de voltaje, con el tiempo de inyección de 0.25ms	139
Figura 80.	Oscilograma de corriente, con el tiempo de inyección de 0.25ms	140
Figura 81.	Oscilograma de voltaje y corriente simultáneos con el tiempo de inyección de 0.25ms.....	140
Figura 82.	Oscilograma de voltaje, con el tiempo de inyección de 0.5ms	141
Figura 83.	Oscilograma de corriente, con el tiempo de inyección de 0.5ms	142

Figura 84. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneos con el tiempo de inyección de 0.5ms.....	142
Figura 85. Oscilograma de voltaje, con el tiempo de inyección de 1.0ms	143
Figura 86. Oscilograma de corriente, con el tiempo de inyección de 1.0ms	144
Figura 87. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneos con el tiempo de inyección de 1.0ms.....	144
Figura 88. Oscilograma de voltaje, con el tiempo de inyección de 1.5ms	145
Figura 89. Oscilograma de corriente, con el tiempo de inyección de 1.5ms	146
Figura 90. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneos con el tiempo de inyección de 1.5ms.....	146
Figura 91. Oscilograma de voltaje, con el tiempo de inyección de 2.0ms	147
Figura 92. Oscilograma de corriente, con el tiempo de inyección de 2.0ms	148
Figura 93. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneos con el tiempo de inyección de 2.0ms.....	148
Figura 94. Datos para el cálculo del ángulo de pulverización	152

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ángulo de disparo	49
Ecuación 2. Ángulo de dispersión	49
Ecuación 3. Período para un inyector.....	60
Ecuación 4. Ángulo individual.....	61
Ecuación 5. Grados de Activación.....	61

RESUMEN

La investigación está relacionada con el comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores, marca Denso CRDI series “05S00047” Y “06S00387”, al ser expuestos a un procedimiento de pruebas, se determinó su comportamiento, valores de trabajo, parámetros característicos, curvas de funcionamiento. La recopilación de datos resulta de gran importancia, en razón que al ser elementos totalmente nuevos se han elaborado tablas que sirven como punto de partida para investigaciones a futuro, también pueden ser utilizadas como datos de comparación con inyectores usados o posiblemente averiados, para determinar si su funcionamiento es correcto y decidir si el inyector puede seguir trabajando o es necesaria su reparación. El protocolo creado se basa en la variación del tiempo de inyección, strock y presión, simulando de esta manera diferentes condiciones de trabajo en las que se puede encontrar el inyector DENSO, mediante la utilización de equipos de medición como son: Osciloscopios Hantek 1008c - Owon, medidor de inductancia, pinza amperimétrica, el banco de pruebas para inyectores CRDI V-3500 de marca VNP y dos inyectores, se han obtenido resultados en cada una de las pruebas establecidas como son oscilogramas, valores de voltaje, corriente, resistencia, caudal de inyección y retorno que sirven como información para concluir cual es el funcionamiento de un inyector DENSO de las series elegidas por el investigador

PALABRAS CLAVE:

- **MOTORES DIÉSEL-INYECTORES**
- **INYECTOR DENSO CRDI**
- **MOTORES DIÉSEL-TIEMPO DE INYECCIÓN**

SUMMARY

The investigation is related to the mechanical and electronic behavior of the injectors, brand Denso CRDI series "05S00047" and "06S00387", when exposed to a test procedure, their behavior, work values, characteristic parameters, operating curves. The collection of data is of great importance because, as entirely new elements, tables have been developed that serve as a starting point for future research, they can also be used as comparison data with used or possibly broken injectors to determine if its operation is correct and decide if the injector can continue working or repair is necessary.

The protocol created is based on the variation of injection time, stroking and pressure, thus simulating different working conditions in which the DENSO injector can be found by using measuring equipment such as: Hantek 1008c Oscilloscopes - Owon , Inductance meter, clamp meter, test bench for VNP brand CRDI V-3500 injectors and two injectors, results have been obtained in each of the established tests such as oscillograms, voltage, current, resistance, flow Injection and return that serve as information to conclude what is the operation of a DENSO injector of the series chosen by the investigator.

KEYWORDS:

- **DIESEL-INJECTORS ENGINES**
- **CRDI DENSO INJECTOR**
- **DIESEL ENGINES-INJECTION TIME**

CAPÍTULO I

1. MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes

Según; (Manufacturers, 2009) menciona: La continua tendencia mundial a aumentar el rendimiento del motor y reducir las emisiones ha requerido el desarrollo de nuevas generaciones de equipos mejorados de inyección de combustible diésel. Las crecientes presiones de inyección y las inyecciones múltiples resultan en temperaturas de operación más altas, presiones de contacto incrementadas y espacios reducidos. Las normas mínimas de calidad de los combustibles son esenciales en el funcionamiento del inyector, ya que se encuentran asociados directamente y mantiene la durabilidad y el cumplimiento de las emisiones a largo plazo. Los parámetros del combustible tales como el número de cetano, la viscosidad, la densidad, la lubricidad, la estabilidad a la oxidación, el azufre y el contenido aromático junto con la ausencia de agua libre y contaminación de la suciedad son parámetros clave requeridos para asegurar el funcionamiento del equipo en el campo. (pág. 1)

El sistema CRDI en el país se ve afectado reduciendo la vida útil de varios de sus componentes como son los inyectores específicamente por el combustible diésel, lo que hace que cause daños a largo plazo, donde se provoca desgastes prematuros, erosión, falta de estanqueidad interna del componente, volumen de inyección, volumen de retorno y la descalibración en los inyectores.

El common rail se ha convertido entretanto en el sistema de inyección más utilizado en los motores diésel modernos y de elevadas prestaciones para turismos.

(Bosch, 2005), *menciona que*: La aplicación del control electrónico en los motores de inyección directa permite reducir en un 10 – 20% el consumo de combustible y las emisiones de sustancias nocivas altamente contaminantes, como: Óxidos de Nitrógeno (NOx), Óxido de Carbono (CO), Hidrocarburos HC y partículas gracias a la alta capacidad calculatoria de los micro controladores disponibles que generan una configuración exacta y diferenciada de las magnitudes de inyección. A la vez se conoce que la implementación de sistemas electrónicos para las asistencias del funcionamiento de motores de combustión interna produce un mejoramiento simultáneo de los parámetros característicos del motor. (pág. 62)

En el campo de los motores diésel se han desarrollado sistemas de inyección directa que son más eficientes en los procesos de combustión y por ende en la disminución de los niveles de contaminación que afectan al medio ambiente.

En el Ecuador, según (INEC, 2014), en su publicación Índice anuario de transporte en el Ecuador, en dicho año se establece una estadística del parque automotor de 1.752.712 vehículos, de los cuales 194.942, son el número de vehículos que corresponden a aquellos alimentados con diésel, lo que representaría, para ese año un 11,12% del número total en el Ecuador. Cifra de la cual, en la provincia de Cotopaxi de un total de 58.810 vehículos, 8.374 son a diésel lo que representa 14,23% de la provincia mencionada.

1.2. Planteamiento del problema

El aumento del parque automotor en el Ecuador abre un campo de oportunidades al Ingeniero Automotriz, viéndolo desde el punto de vista del mercado automotriz, la inclusión de vehículos con tecnologías actualizadas, hacen que la preparación constante de conocimientos sea una herramienta fundamental para tratar temas específicos y más aún si nos adentramos en vehículos con sistemas CRDI, donde se encuentran muy pocos especialistas con el conocimiento necesario para dar solución de averías y mantenimiento con información científica relevante.

Para un satisfactorio funcionamiento de los sistemas de inyección de riel común Diésel CRDI, se utiliza la unidad de mando (ECU), sensores y actuadores, los cuales permiten registrar cada una de las etapas antes, durante y después de la inyección.

La aplicación de avances tecnológicos en el campo automotriz y la complejidad de la electrónica de los sistemas de inyección diésel, permite reducir niveles de contaminantes producidos por el funcionamiento de estos sistemas, hablando más específicamente de los sistemas CRDI de la marca Denso, donde se observa la poca y reducida información científica específica de esta marca de la cual se pueda tomar referencia para determinar comportamientos de datos erróneos, mala dosificación de combustible y por ende desgastes prematuros en el sistema.

Es por eso que es necesario realizar una investigación que base sus argumentos en los desempeños que tendrán los inyectores de los sistemas CRDI Denso, influidos por parámetros mecánicos, eléctricos y electrónicos, con el fin de poder recopilar información técnica relevante que permita su uso para determinar diagnósticos precisos de manera más efectiva.

El problema a investigar es el desempeño de los sistemas CRDI por la influencia de los parámetros mecánicos y eléctricos de los inyectores Denso serie "05S00047" Y "06S00387".

1.3. Descripción resumida del proyecto

La investigación del desempeño mecánico, eléctrico y electrónico de los inyectores marca Denso "05S00047" Y "06S00387", utilizados en el sistema CRDI" hace referencia a una indagación de un inyector de una marca en particular utilizados en vehículos con sistema de riel común y que contempla los siguientes puntos:

- Se obtuvo la información teórica y por ende el análisis de fuentes regidas a la marca y fabricante de los inyectores así como también a distintas fuentes bibliográficas con su respectivo respaldo para el estudio, desarrollo y ejecución de la investigación.
- Se diseñó un protocolo de pruebas de funcionamiento de los inyectores regidos a la marca o fabricante con el fin de no contradecir normativas utilizadas por estos, y que sirva como un sustento bibliográfico constante, dichas pruebas serán evaluadas en un banco de pruebas que constará con los siguientes parámetros:
- Se desarrolló pruebas de parámetros de funcionamiento del inyector denso, pruebas eléctricas de inductancia y resistencia a la bobina, volumen de inyección a carga completa, carga parcial, carga baja y volumen de retorno
- Se realizó pruebas mecánicas de control de estanqueidad, pruebas de control de pulverización y dirección de chorro, pruebas de caudal, pruebas eléctricas de corriente de activación, voltaje de activación resistencia de la bobina, impedancia e inductancia de los inyectores, control de presión en un banco de pruebas marca VNP modelo VN3500.
- Se efectuó pruebas de visualización, agujeros de pulverización de la tobera y émbolo de mando.
- Al finalizar los ensayos se desarrolló un análisis comparativo de los resultados obtenidos de pruebas mencionados con las normativas que rigen a la marca y/o fabricante para así emitir conclusiones sobre el comportamiento y efectos mecánicos y electrónicos que se producen en los inyectores de esta marca en específico.

1.4. Justificación e importancia

En el Ecuador existe una gran cantidad de vehículos con sistemas de inyección diésel CRDI, y cada vez son más los vehículos que traen este sistema, ya que cumplen con normativas ambientales, y en nuestro mercado

no hay la información técnica-científica para poder diagnosticar con precisión las fallas y mantenimientos de estos inyectores.

En la investigación, *Diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diésel crdi*, (Cadena, 2013) menciona que: los sistemas CRDI para los vehículos diésel ha mejorado el rendimiento del motor hasta en un 25%, y disminuye el ruido del motor diésel 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.

El aporte de esta investigación se profundiza en los motores diésel con sistema de riel común donde se especializará en los inyectores de la marca Denso permitiendo dar información relevante calificada siendo útil para futuras investigaciones en este tipo de marca de inyectores de sistemas CRDI donde los comportamientos mecánicos y electrónicos en condiciones de trabajo bajo normativa del fabricante, desde el punto de vista del lector, este tema le permita diagnosticar de manera efectiva condiciones de trabajo dependiendo del uso y consumo de combustible implementando un diagnóstico más técnico que el empleado habitualmente, con datos exactos, menor tiempo y a menor costo.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Investigar el desempeño mecánico, eléctrico y electrónico de los inyectores marca Denso “05S00047” Y “06S00387” para generar información técnica de los parámetros de funcionamiento de los inyectores CRDI.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Consultar en fuentes bibliográficas confiables, bases digitales, bibliotecas virtuales, artículos científicos sobre los inyectores Denso en los sistemas Common rail CRDI para desarrollo y ejecución del estudio.
- Realizar un protocolo de pruebas dentro del banco de pruebas donde se verifique diagnósticos eléctricos de inducción y resistencia a la bobina, volumen de inyección a carga completa, carga parcial, carga baja, y volumen de retorno en los inyectores denso serie “05S00047” Y “06S00387”.
- Desarrollar pruebas de orden mecánico a través de accionamiento electrónico para verificar y diagnosticar inyectores Denso del sistema riel común.
- Realizar pruebas eléctricas: de corriente de activación, voltaje de activación, resistencia de la bobina, impedancia e inductancia de los inyectores CRDI Denso
- Seleccionar equipos de comprobación, verificación, y datos obtenidos de laboratorios especializados para el desarrollo del estudio.
- Elaborar un análisis comparativo entre los resultados obtenidos en los protocolos de pruebas

1.6. Metas

- Realizar pruebas eléctricas que generen información relevante sobre los inyectores marca Denso serie “05S00047” Y “06S00387” utilizados en los sistemas CRDI.
- Realizar pruebas electrónicas que generen información relevante sobre los inyectores marca Denso serie “05S00047” Y “06S00387” utilizados en los sistemas CRDI.

1.7. Matriz de operacionalización de variables

La investigación de parámetros mecánicos, eléctricos y electrónicos de los inyectores marca denso, serie “05S00047” Y “06S00387”, utilizados en el sistema CRDI permitirá recopilar información relevante para mejorar los procesos de diagnóstico.

1.7.1. Variable independiente

Inyectores CRDI Denso

Tabla 1.

Operacionalización de variable independiente

Concepto	Categorías	Indicadores	Ítem	Técnica	Instrumentos
Los inyectores CRDI son elementos encargados de introducir una determinada cantidad de combustible en la cámara de combustión en forma pulverizada, distribuyéndola lo más homogéneamente posible dentro del aire contenido en la cámara.	Tecnológica	Presión de operación	bar	Medición	Guía de laboratorio
	Tecnológica	Número de orificios del inyector	#	Observación	Guía de laboratorio
	Tecnológica	Tipo de Tobera	Larga/ Corta	Observación	Guía de laboratorio
	Tecnológica	Largo del Tallo	mm	Medición	Guía de laboratorio
	Tecnológica	Presión de retorno	bar	Medición	Guía de laboratorio
	Tecnológica	Tipo de boquilla	diseño	Observación	Guía de laboratorio
El inyector es un cuerpo en forma de cilindro que posee una punta, en su interior varias elementos que permiten la entrega de combustible a la cámara de combustión	Tecnológica	Angulo del cono de pulverización	°	Medición	Guía de laboratorio

1.7.2. Variable dependiente

Parámetros mecánicos eléctricos y electrónicos

Tabla 2.

Operacionalización de variable dependiente

Concepto	Categoría	Indicador	Ítem	Técnica	Instrumentos
Los parámetros mecánicos y electrónicos de los inyectores CRDI son datos imprescindibles que muestra el comportamiento del inyector en determinadas situaciones, los mismos que dependiendo de sus valores pueden llegar a alterar la conducta de los mismos en el motor Diésel. Estos parámetros están orientados a evaluar el estado de los inyectores cuando los mismos se encuentran trabajando bajo distintas condiciones.	Tecnológica	Caudal	cm ³ /min	Medición	Protocolo de pruebas de laboratorio
	Tecnológica	Caudal	cm ³ /min	Medición	Protocolo de pruebas de laboratorio
	Tecnológica	Angulo de Pulverización	°	Medición	Protocolo de pruebas de laboratorio
	Tecnológica	Angulo de Pulverización	bar	Medición	Protocolo de pruebas de laboratorio
	Tecnológica	Estanqueidad	bar	Medición	Protocolo de pruebas de laboratorio
	Tecnológica	Corriente de activación	A	Medición	Protocolo de pruebas de laboratorio
	Tecnológica	Corriente de activación	A	Medición	Protocolo de pruebas de laboratorio
	Tecnológica	Voltaje de Activación	V	Medición	Protocolo de pruebas de laboratorio
	Tecnológica	Voltaje de Activación	V	Medición	Protocolo de pruebas de laboratorio
	Tecnológica	Resistencia	Ohm	Medición	Protocolo de pruebas de laboratorio
Tecnológica	Impedancia	Ohm	Medición	Protocolo de pruebas de laboratorio	
Tecnológica	Impedancia	Ohm	Medición	Protocolo de pruebas de laboratorio	
Tecnológica	Inductancia	H	Medición	Protocolo de pruebas de laboratorio	

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Campos de aplicación del sistema de inyección diésel

(Bosch, 2005) Afirma que; “los campos de aplicación del sistema de inyección por acumulador Common rail para motores con inyección directa diésel se utiliza en los siguientes vehículos:

- Turismos, desde los motores muy económicos de tres cilindros, con una cilindrada de 0,8L, 30 KW (41CV) de potencia y 100 Nm de par motor y un consumo de combustible de 3,5L/100Km, hasta los motores de ocho cilindros de los vehículos de la gama superior, con aproximadamente 4l de cilindrada, 180 KW (245CV) de potencia y 560Nm de par motor.
- Vehículos industriales ligeros, con potencias de hasta 30KW/cilindros.
- Vehículos industriales pesados, inclusive locomotoras y navíos con potencias de hasta aproximadamente 200 KW/cilindros. (pág. 5)

El sistema Common Rail ofrece una elevada flexibilidad en lo relativo a la adaptación de la inyección al motor. Esto se consigue mediante:

- Elevada presión de inyección de hasta aproximadamente 1600 bares, en el futuro de hasta 1800 bares.
- Presión de inyección adaptada al estado de servicio (200 hasta 1800 bares).
- Comienzo variable de la inyección.
- Posibilidad de efectuar varias inyecciones previas y posteriores (pueden efectuarse incluso post inyecciones muy retardadas).”

2.2. Sistemas de inyección CRDI Denso

(Lara & Montero, 2016) Señalan que: al igual que la mayoría de las marcas comerciales de sistemas de inyección de riel común, el combustible que se extrae de la bomba de alimentación se presuriza hasta alcanzar la presión necesaria para el funcionamiento del sistema. La bomba de alta presión con ayuda del émbolo y en función del régimen del motor y las condiciones de carga, se puede obtener presiones que oscilan entre 20MPa en estado de ralentí y a 135 MPa en condiciones de aceleración o regímenes altos. La presencia del computador o la unidad de control (UCE) es vital, ya que regula la presión del combustible que ingresa a la bomba de alta presión por medio de la válvula de control de aspiración (SCV) y detecta en todo momento la presión del combustible en el riel, a través del sensor FRP (presión de combustible en el riel) y lleva a cabo un control de retroalimentación.

2.3. Activación para inyectores Common Rail con válvula electromagnética

(Bosch, 2005) Establece que el proceso de activación como se visualiza en la figura 2, la válvula electromagnética del inyector se divide en cinco fases en las cuales se determinará los estados de reposo e inyección los cuales se encuentran definidos en la figura 1:

- Fase de apertura (a)
- Fase de corriente inicial de arranque (b)
- Transición a la fase de corriente de mantenimiento (c)
- Fase de corriente de mantenimiento (d)
- Desconexión (e)

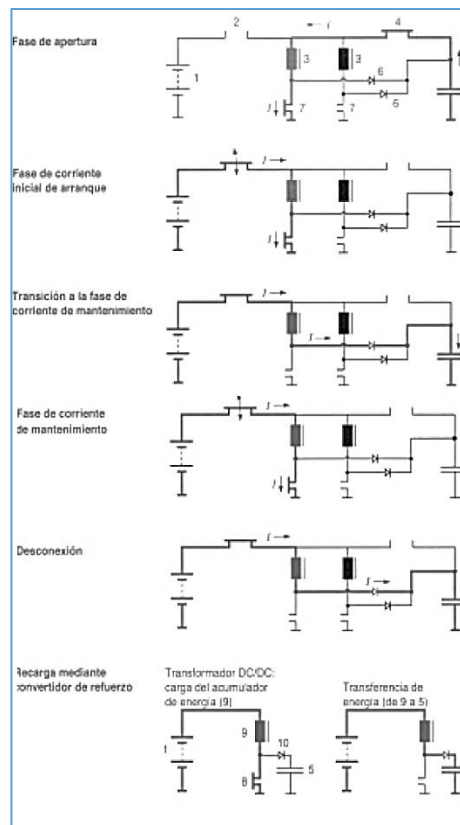


Figura 1. Circuito básico de la fase de activación

Fuente: (Bosch, 2005)

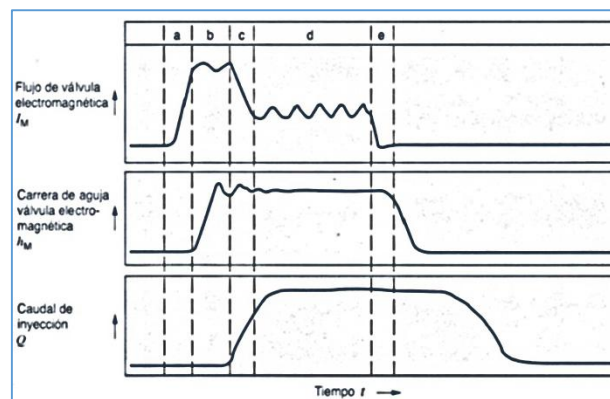


Figura 2. Secuencia de activación de la válvula electromagnética de alta presión

Fuente: (Bosch, 2005)

2.3.1. Fase de apertura

En la fase de apertura se debe incrementar primer la corriente, con un flanco empinado exactamente definido, a aproximadamente 20 A para conseguir una reducida tolerancia y una elevada capacidad de reproducción (exactitud de la reproducción) del caudal de inyección. Esto se consigue mediante una tensión de refuerzo de hasta 50 v. Esto se genera en la unidad de control y se almacena en un condensador (acumulador de tensión de refuerzo). Aplicando esta tensión alta en la válvula electromagnética, la corriente aumenta con más rapidez que si se aplicase la tensión de la batería.

2.3.2. Fase de corriente inicial de arranque

En esta fase, 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 de aprox. 20 A.

2.3.3. Fase de corriente de mantenimiento

En esta fase se reduce la corriente a aproximadamente es de 13 A para disminuir la potencia perdida en la unidad de control y en el inyector. Al reducir la corriente inicial de arranque hasta la corriente de mantenimiento, se libera energía, esta es conducida hacia el acumulador de tensión de refuerzo.

2.3.4. Desconexión

Al desconectar la corriente para cerrar la electroválvula también se libera energía, la cual es conducida al acumulador de tensión de refuerzo.

2.3.5. Recarga mediante convertidor de refuerzo

Esta fase se realiza 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 se alcanza el potencial de energía original que es necesario para la apertura de la válvula electromagnética.

2.4. Curvas de inyección

(Castillejo, 2014) Menciona que: en los sistemas de riel común una bomba genera la presión necesaria en el combustible independiente del ciclo de inyección. En un sistema con una determinada presión, la cantidad de combustible inyectado es proporcional al tiempo que el inyector permanece abierto y esto es independiente de la velocidad del motor o de la bomba.

Esto tiene como resultado una curva de inyección casi cuadrada con inyecciones de corta duración y casi constantes, con altas velocidades de pulverización a plena carga que permitan incrementar la potencia específica del motor.

Sin embargo, un alto caudal al principio de la inyección (durante el retraso de encendido) no es beneficioso, en el sentido en que la presión en la cámara de combustión crezca bruscamente y el proceso de combustión sea más ruidoso. Con esto se consigue pre - acondicionar la cámara de combustión, haciendo que la presión crezca de forma más progresiva, reduciendo el tiempo de retraso de la inyección y, por lo tanto, consiguiendo reducir al mínimo el ruido de la combustión y la formación de NOx.

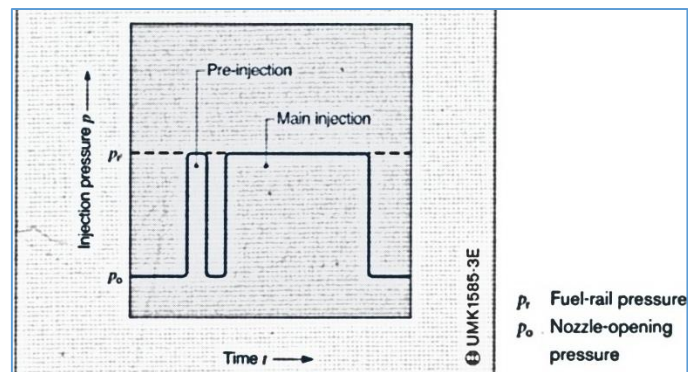


Figura 3. Curva de inyección de un sistema Common Rail

Fuente: (Castillejo, 2014)

La figura 4 muestra las curvas de voltaje de un inyector diésel CRDI de sistema DENSO, donde la parte a de la curva muestran los 20 V hasta descender hasta -30 V en la pre-inyección, después de 800 micro segundos la parte b muestra los 20 V hasta descender hasta -30 V en la inyección principal y después de 1500 micro segundos en la parte c muestra la post-inyección con una duración de casi 750 micro segundos.

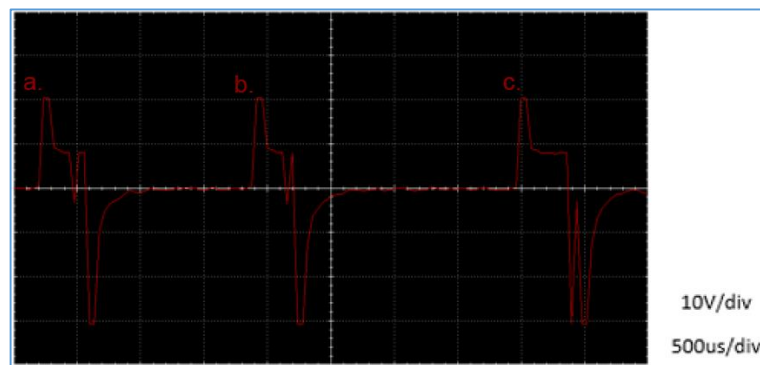


Figura 4. Curva de voltaje de un inyector diésel CRDI

Fuente: (Castillejo, 2014)

La figura 5 muestra las curvas de intensidad de corriente de un inyector diésel CRDI de sistema DENSO, donde la parte a de la curva muestra la intensidad de pre-inyección, la parte b muestra la intensidad de la inyección principal y el parte c muestra la intensidad la post-inyección

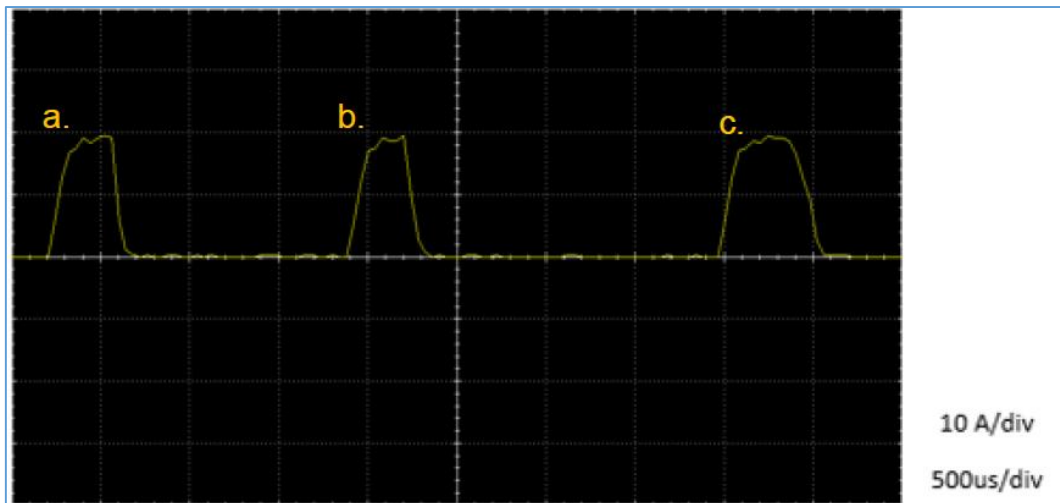


Figura 5. Curva de corriente de un inyector diésel CRDI

Fuente: (Castillejo, 2014)

2.5. Inyectores Denso

(Denso, 2007) afirma que el trabajo del inyector en el sistema Common Rail es el de pulverizar diésel a presión en el interior del motor en el momento preciso de la inyección, la cantidad, velocidad y patrón de inyección se controla mediante señales de la ECM.

(Lara & Montero, 2016) Señalan que: “El inyector de esta marca se controla por medio de la TWV (válvula de dos vías) y un orificio, esta válvula controla la presión en la cámara de control, para regular de principio a fin la inyección. De esta manera el pistón de mando abre y cierra la válvula el momento de conducir la presión del combustible de la cámara de control a la aguja de la tobera. Cuando se abre la válvula de la aguja de la tobera, se produce la pulverización”. (pág. 16)

(Analuisa & Viscaino, 2016), mencionan que: “La válvula electromagnética de dos vías TWV y el orificio en el inyector denso son los encargados de controlar la inyección. La función del TWV es la de controlar la presión en la cámara de control para supervisar el inicio y el final de la inyección. Por su parte el orificio controla la velocidad de inyección mediante la restricción de la velocidad a la que se abre la tobera. El pistón de mando abre y se cierra la válvula por la transmisión de la presión de la cámara de control a la aguja

de la tobera. Cuando la válvula de aguja de la tobera está abierta, la tobera atomiza el combustible y lo inyecta.”

2.6. Tipos de inyectores Common Rail Denso

(Denso, 2007), aseveran que dentro de los inyectores common rail denso se encuentran tres tipos:

2.6.1. Tipo X1

El funcionamiento de este tipo de inyector lo controla el módulo electrónico. La válvula TWV comprende dos válvulas: la válvula interior (fijo) y la válvula exterior (móvil) como se muestra en la figura 6.

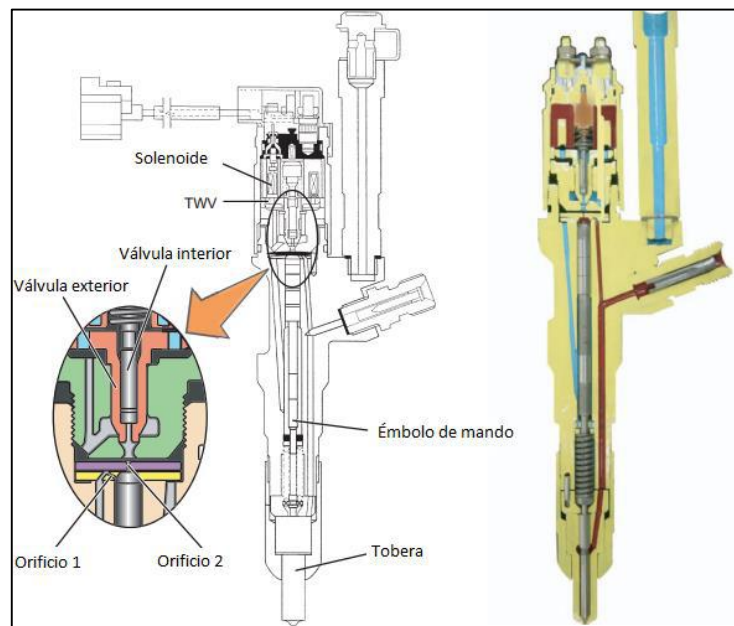


Figura 6. Inyector tipo X1.

Fuente: (Denso, 2007)

2.6.2. Tipo X2

Al disminuir la carga de accionamiento del inyector, éste es más compacto y eficiente, y la precisión de inyección ha mejorado como se muestra en la figura 7. La válvula TWV se abre directamente y se cierra el orificio de salida.

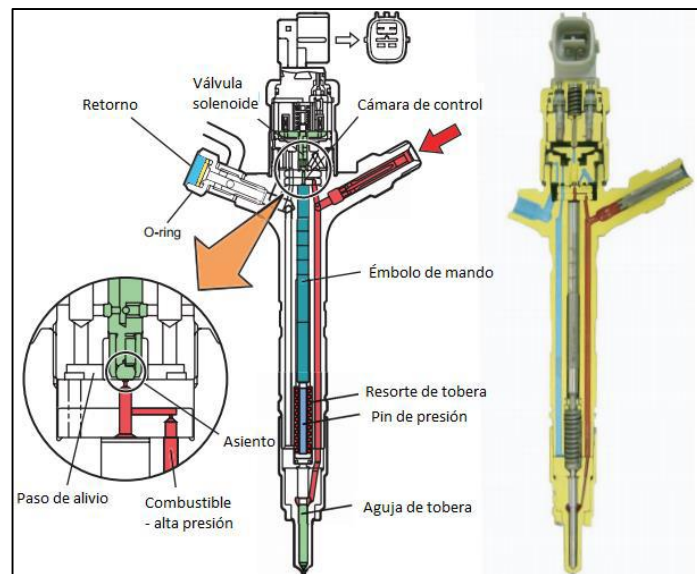


Figura 7. Inyector tipo X2.

Fuente: (Denso, 2007)

2.6.3. Tipo G2

El inyector denso G2, como se muestra en la figura 8, se enfoca en altas presiones de operación, al mejorar su capacidad de resistencia a la presión con características de desgaste mayores. Al responder ante condiciones de trabajo exigentes de inyecciones múltiples la respuesta ante velocidades altas se han mejorado.

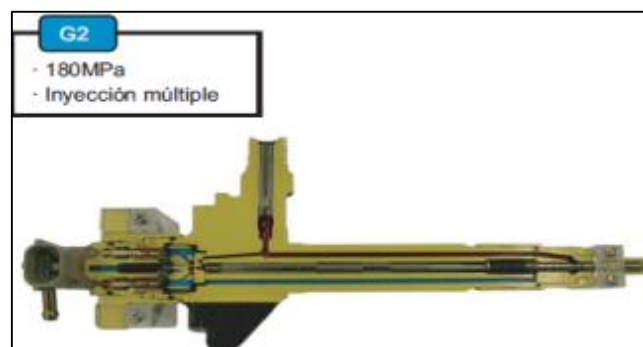


Figura 8. Inyector tipo G2.

Fuente: (Jaya, Tugumbango, & Zambrano , 2008)

2.6.4. Inyector Denso con código QR

(Lara & Montero, 2016) Señalan que: “Uno de los beneficios al trabajar con los inyectores Delphi y de otras marcas comerciales son aquellos que vienen adaptados los códigos QR (quick response) llamados de “respuesta rápida” por sus siglas en inglés, sirve principalmente para mejorar la precisión de la corrección en esto actuadores. Este código posee los datos de corrección del inyector.”

(Cadena, 2013) Menciona que: “Los códigos QR, que muestran diversas características del inyector, están marcados con láser en el cuerpo de inyección, mientras que los códigos ID, que muestran lo mismo en formato numérico (22 cifras alfanuméricas) están marcados con láser en la cabeza del conector. Este sistema información en códigos QR para optimizar el control de la cantidad de inyección. Al instalar un inyector en un vehículo, es necesario introducir los códigos ID en la ECU.”

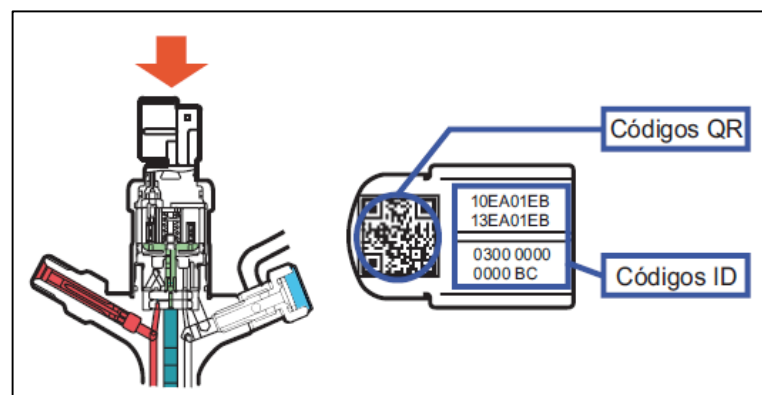


Figura 9. Códigos QR en inyectores Denso

Fuente: (Denso, 2007)

2.7. Características de funcionamiento de los inyectores Denso

(Analuisa & Viscaino, 2016) Mencionan que: “Los inyectores densos common rail trabajan bajo presiones de aproximadas de 1800 bar, con una capacidad de inyección múltiple de 0,4 milisegundos por ciclo de combustión. El sistema common rail denso determina cinco inyecciones por ciclo de trabajo como se muestra en la figura 10.”

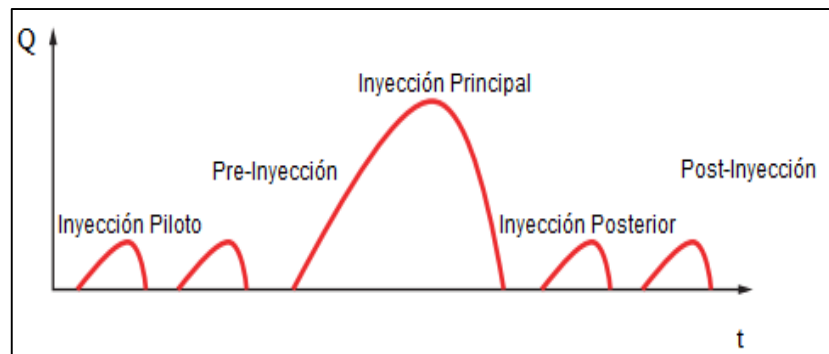


Figura 10. Modelo de accionamiento de inyector Common Rail Denso.

Fuente: (Denso, 2007)

2.7.1. Inyección piloto

La inyección piloto del inyector se produce antes de la ignición principal, la cual proporciona tiempo para que el combustible y el aire se mezclen dentro del cilindro.

2.7.2. Pre inyección

La pre-inyección acorta el retardo del encendido durante la inyección principal y, como resultado, reduce la generación de óxido de nitrógeno (NOx), el ruido y las vibraciones del motor.

2.7.3. Inyección principal

Al momento de realizarse la inyección principal se proporciona el combustible en el cilindro para que el aire a elevadas temperaturas realice la combustión y genere la potencia.

2.7.4. Inyección posterior

La inyección posterior se produce una fracción de segundo después de la inyección principal y la misma envuelve a quemaduras de cualquier partícula restante.

2.7.5. Post inyección

La post inyección ayuda a gestionar la temperatura de los gases de escape, lo que hace que el procesamiento de escape en el ciclo de tratamiento posterior del motor más eficaz.

2.8. Estructuración y partes de un inyector Denso

(Denso, 2007), aseveran que el inyector denso para el sistema common rail está compuesto de una tobera similar al conjunto tobera – aguja de los sistemas convencionales, los cuales el orificio de comunicación de combustible controla la velocidad de inyección, el émbolo de mando y la válvula TWV. La constitución es la misma para los diferentes tipos de inyectores Denso se muestra en la figura 11.

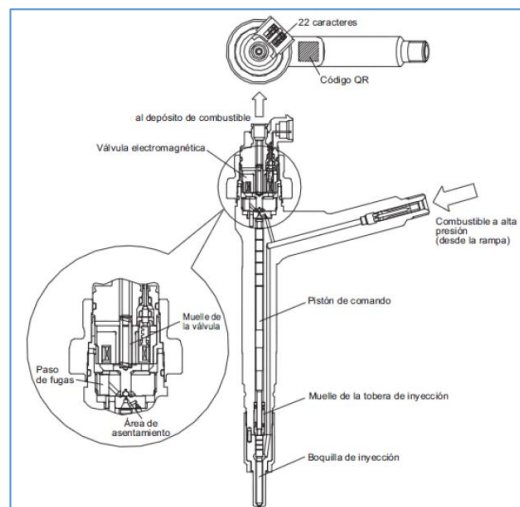


Figura 11. Inyector Denso

Fuente: (Denso, 2007)

2.9. Operación y funcionamiento del inyector Denso

(Denso, 2007), aseveran que: “Las operaciones del inyector las detallan en cuatro estados de servicio, con el motor en marcha y la bomba de alta presión funcionando”.

- Inyector cerrado (con alta presión presente).
- El inyector abre (comienzo de inyección).
- Inyector totalmente abierto.
- El inyector cierra (final de inyección).

2.9.1. Inyector cerrado (con alta presión presente).

La electroválvula no está activada (estado de reposo), entonces está cerrado el estrangulamiento de salida que provoca que la presión del combustible sea igual en la cámara de control que en el volumen de cámara de la tobera, por lo cual la aguja del inyector permanece apretado sobre su taburete por el muelle del inyector, pero más que nada la aguja sigue clausurada porque la presión en la cámara de control y en el volumen de cámara de la tobera (que son iguales) trabajan sobre superficies diferentes. La primera trabaja sobre el émbolo de control y la segunda sobre la distingue de diámetros de la aguja, que es un sector menor y por consiguiente la fuerza que empuja a la aguja contra el taburete es más grande que la fuerza en sentido opuesto, que tendería a abrirla.

2.9.2. El inyector abre (comienzo de inyección).

El inyector está en posición de reposo. La electroválvula es activada con la llamada corriente de excitación que se utiliza para la apertura ligera de la electroválvula. La fuerza del electroimán habilitado en este momento es mayor a la fuerza del muelle de válvula, y el inducido abre el estrangulador de salida. Con la apertura del estrangulador de salida puede fluir en este momento combustible, saliendo del recinto de control de válvula hacia el recinto hueco ubicado por arriba, y volver al depósito de combustible por medio de las tuberías de retorno. El estrangulador de entrada impide una compensación completa de la presión, y decrece la presión en la cámara de control de válvula. Esto lleva a que la presión en la cámara de control sea menor que la presión que existe en la cámara de la tobera. La presión reducida en la cámara

de control de la válvula lleva a una reducción de la fuerza sobre el émbolo de mando y otorga lugar a la apertura de la aguja del inyector. Empieza en este momento la inyección.

2.9.3. Inyector totalmente abierto

El émbolo de mando consigue su tope superior y permanece ahí sobre un volumen de combustible de efecto amortiguador. Este volumen se produce por el fluido de combustible que se establece entre el estrangulador de entrada y de salida. La tobera del inyector está en este momento completamente abierta y el combustible es inyectado en la cámara de combustión con una presión que corresponde precisamente a la presión en el Rail. La organización de fuerzas en el inyector es semejante a la que existe a lo largo de la etapa de apertura.

2.9.4. El inyector cierra (final de inyección).

Cuando deja de activarse la electroválvula, el inducido es presionado hacia abajo por la fuerza del muelle de válvula y la bola cierra el estrangulador de salida.

Al cerrarse el estrangulador de salida se forma otra vez en el recinto de control una presión como en el Rail, por medio del estrangulador de entrada. Este incremento de presión piensa un aumento de fuerza ejercido sobre el émbolo de mando. Esta fuerza del recinto de control de válvula y la fuerza del muelle, sobrepasan en este momento la fuerza del volumen de la cámara de tobera y se cierra sobre su taburete la aguja del inyector.”

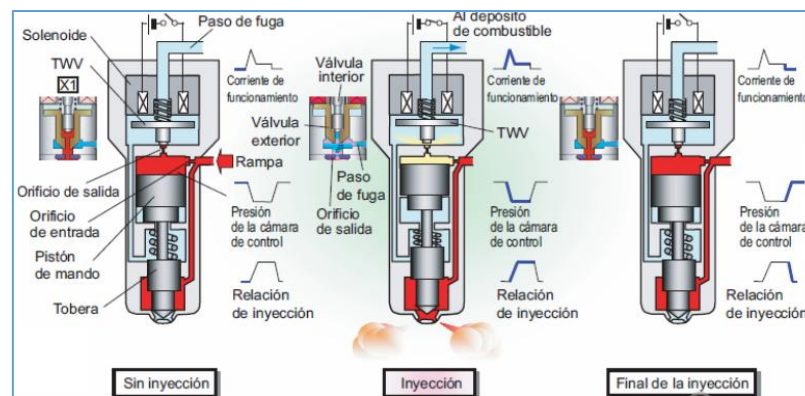


Figura 12. Proceso de inyección Inyector Denso

Fuente: (Denso, 2007)

La tabla 3 muestra los valores de funcionamiento de un inyector Denso como son sus voltajes e intensidad de corriente en diversas etapas de funcionamiento del mismo

Tabla 3.

Valores de funcionamiento Inyector Denso

Especificación	Valor
Resistencia	0.6-1 Ohm
Voltaje	5V
Corriente o Amperaje	12A (Apertura) 20A (Mantenimiento)
Presión de Apertura	200 Bares
Presión Máxima	1800 Bares

Fuente: (Cadena, 2013)

2.10. Electrónica en la inyección diésel

La ECU del motor comprueba constantemente el estado del motor a través de las señales de los sensores, calcula la inyección de combustible, cantidades adecuadas para las condiciones, acciona los actuadores y controles para mantener el motor en una posición óptima de funcionamiento. Los inyectores son accionados por la EDU o el circuito de carga en la ECU del motor. Este circuito de accionamiento depende de las especificaciones del modelo en el que está montado. En la figura 13 se observa un esquema de la electrónica básica de funcionamiento

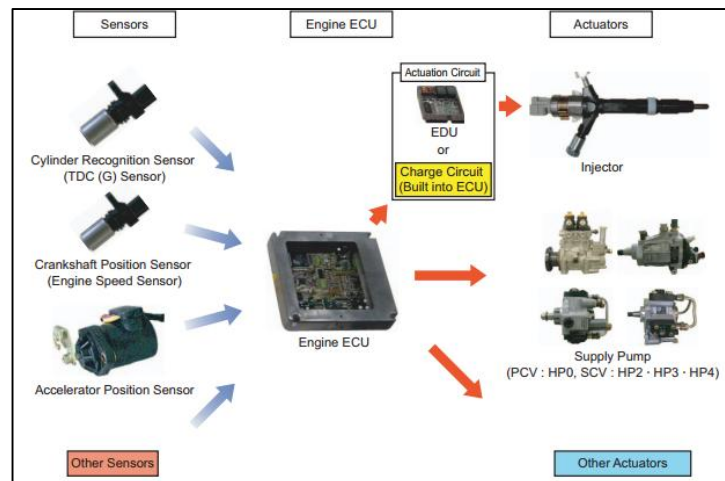


Figura 13. Esquemas de la electrónica básica de funcionamiento

Fuente: (Denso, 2007)

2.10.1. EDU (Unidad de Conducción Electrónica)

(Denso, 2007), define a la unidad de conducción electrónica EDU por sus siglas en inglés como la encargada de permitir el accionamiento a alta velocidad de los inyectores. La EDU tiene un dispositivo de generación de alta tensión (Convertidor DC / DC) y suministra alta tensión a los inyectores para accionar los inyectores a alta velocidad.

Como se ilustra en la figura 14, el dispositivo generador de alta tensión en la EDU convierte el voltaje de la batería en alta tensión. La ECU envía señales a la EDU de acuerdo con las señales de los sensores. Al recibir estas señales, la EDU envía señales a los inyectores. En este momento, el terminal envía la inyección. (pág. 66)

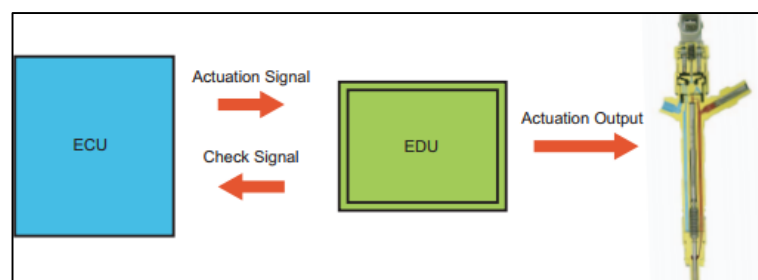


Figura 14. Esquema de comunicación

Fuente: (Denso, 2007)

Algunos de los sensores utilizados en la inyección diésel de riel común en el sistema DENSO se observan en la tabla 4, de esta manera se visualiza el nombre del sensor y su función principal.

Tabla 4.

Sensores en el sistema de inyección

Sensores	Función
Sensor de posición del cigüeñal (CKP)	Detecta el ángulo del cigüeñal y la señal de salida de la velocidad del motor
Sensor de reconocimiento del cilindro(TDC)	Identifica los cilindros
Sensor de posición de aceleración	Detecta el ángulo de apertura del pedal del acelerador.
Sensor de temperatura del aire de admisión	Detecta la temperatura del aire de admisión después de haber pasado por el turbocompresor.
Medidor de flujo de aire en masa	Detecta el caudal del aire de admisión. También contiene un sensor de temperatura del aire de admisión que detecta la temperatura del aire de admisión (temperatura atmosférica).
Sensor de temperatura del refrigerante	Detecta la temperatura del refrigerante del motor.
Sensor de temperatura del combustible	Detecta la temperatura del combustible.
Sensor de presión de aire de admisión	Detecta la presión de aire de admisión.
Sensor de presión atmosférica	Detecta la presión atmosférica.

2.10.2. Sensor de posición del cigüeñal (sensor de velocidad del motor)

(Denso, 2007) menciona que: El sensor de posición del cigüeñal está instalado cerca del engranaje de distribución del cigüeñal o del volante. La unidad del sensor es una MPU (Pickup magnético). Cuando el engranaje pulsar de velocidad del motor instalado en el cigüeñal pasa la sección del sensor, El campo magnético de la bobina dentro del sensor cambia, generando voltaje AC. Este voltaje de CA es detectado por el ECU del motor como señal de detección. El número de impulsos para el pulsar de la velocidad del motor depende de las especificaciones Del vehículo en el que está montado el sensor. En la figura 15 se observa donde se encuentra el sensor de posición del cigüeñal.

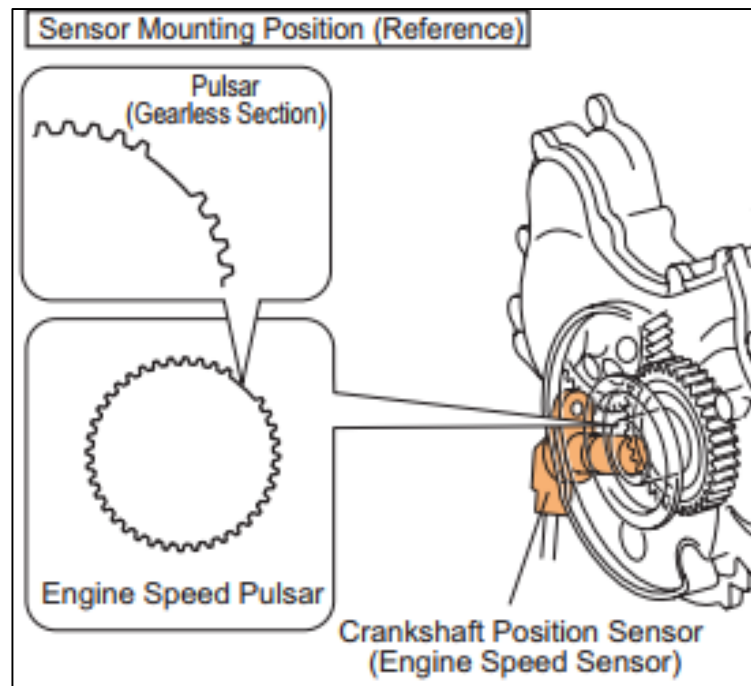


Figura 15. Posición del sensor CKP

Fuente: (Denso, 2007)

2.10.3. Sensor de reconocimiento del cilindro TDC (G)

(Denso, 2007) dice que: El sensor de reconocimiento de cilindro está instalado en la unidad de bomba de alimentación para el sistema HP0, pero para el HP2, HP3 o HP4, se instala cerca del engranaje de distribución de la bomba de suministro. La construcción consta del tipo MPU, el mismo que para el sensor de posición del cigüeñal, y el tipo MRE (elemento de resistencia magnética). Para el tipo MRE, cuando el pulsar pasa el sensor, la resistencia magnética cambia y el voltaje que pasa a través del sensor cambia. Este cambio en el voltaje es amplificado por el circuito interno del IC y la salida a la ECU del motor. El número de pulsos para el pulsar TDC depende de las especificaciones del vehículo el sensor se monta. En la figura 16 se observa donde se encuentra el sensor TDC.

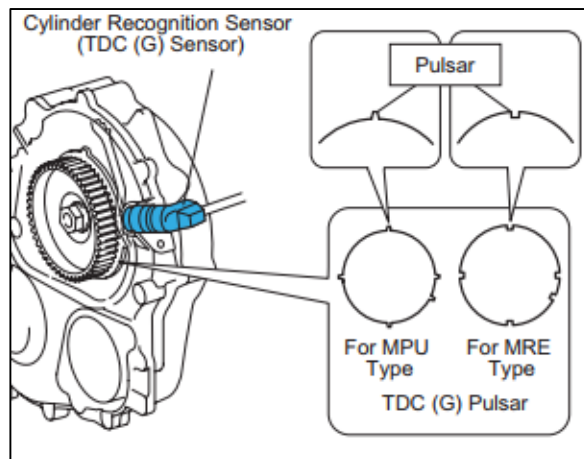


Figura 16. Posición del sensor TDC

Fuente: (Denso, 2007)

2.10.4. Sensor de temperatura del refrigerante

(Denso, 2007) menciona lo siguiente: El sensor de temperatura del refrigerante está instalado en el bloque de cilindros y detecta la temperatura del refrigerante. Este sensor es de tipo termistor. La figura 17 muestra su configuración interna, el circuito básico de control y el cambio de voltaje dependiendo de la temperatura.

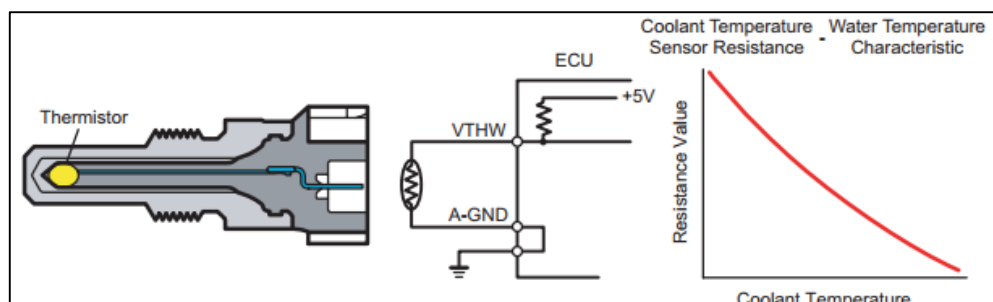


Figura 17. Sensor de temperatura del refrigerante

Fuente: (Denso, 2007)

2.10.5. Sensor de temperatura del combustible

(Denso, 2007) dice que: Este es un sensor de tipo termistor que detecta la temperatura del combustible. En los sistemas HP2, HP3 y HP4, este sensor es instalado en la unidad de bomba de alimentación, pero en el sistema HP0, se instala en una tubería de

escape de un inyector. En la figura 18 se muestra su configuración interna, los pines de conexión y el cambio de voltaje dependiendo de la temperatura.

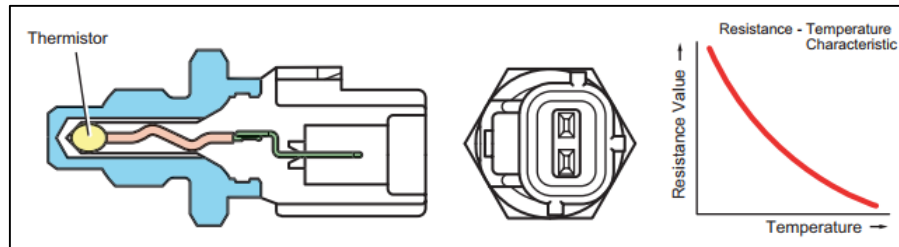


Figura 18. Sensor de temperatura del combustible

Fuente: (Denso, 2007)

2.10.6. Sensor de temperatura de aire de admisión y sensor de presión atmosférica

(Denso, 2007) menciona que: Este sensor es un sensor de tipo semiconductor. Mide la presión utilizando el efecto piezoeléctrico que cuando la presión en el elemento de silicio en el sensor cambia, su resistencia eléctrica cambia. Además, la presión de aire de este sensor se conmuta entre la presión dentro del colector de admisión y la presión atmosférica, de modo que tanto la presión de aire de admisión y la presión atmosférica se detectan con un sensor. La conmutación entre el aire de presión de admisión y presión atmosférica es manejada por el VSV (válvula de conmutación de vacío).

Las condiciones de medición de la presión atmosférica son con el motor encendido, a 0 revoluciones y un ralentí estable, el VSV se enciende durante 150 mseg. Por el mando de la ECU del motor para detectar la presión atmosférica. Cuando no se establece ninguna de las condiciones, el VSV se desconecta para detectar la presión de aire de admisión. En la figura 19 se muestra su configuración interna, los pines de conexión y el cambio de voltaje dependiendo de la presión absoluta.

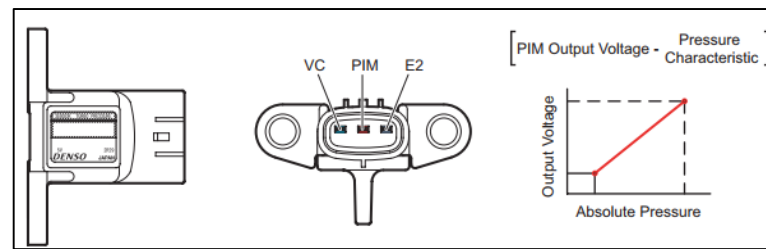


Figura 19. Sensor de Presión

Fuente: (Denso, 2007)

2.10.7. Sensor de presión en el RAIL FRP (Fuel Rail Pressure)

(Monteros, 2006) Dice que: El sensor FRP está posicionado en el extremo de la Rampa lado delantero. Su función es informar a la ECU de la presión que existe en el Rail la cual es controlada a “Lazo Cerrado” por la ECU. Sin Presión no hay inyección. El sensor de presión de combustible consiste en un semiconductor que utiliza las características de un circuito integrado de silicio que cambia su resistencia eléctrica cuando se le aplica presión. Este sensor está montado en el riel de combustible, emite una señal que indica la presión que existe en el riel debido al combustible a la computadora del motor para regular una presión constante en el riel. En la figura 20 se muestra su configuración interna y el cambio de voltaje dependiendo de la presión en el riel.

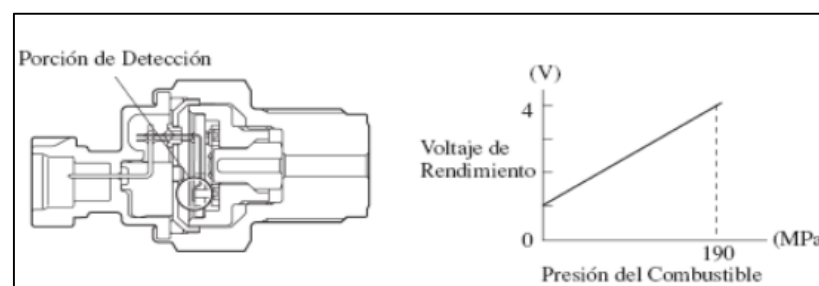


Figura 20. Sensor de Presión en el Riel

Autor: (Monteros, 2006)

2.11. Procesamiento de datos

La tarea esencial del sistema EDC es el control del caudal y del momento de inyección. El sistema de inyección Common Rail también regula la presión

de inyección. Además, la unidad de control del motor controla los diferentes elementos actuadores en todos los sistemas. La regulación de la inyección debe estar adaptada a cada vehículo y a cada motor. Solo así pueden interactuar todos los componentes de forma óptima (Figura 21).

La unidad de control evalúa las señales que recibe de los sensores y las limita a un nivel de tensión admisible. El microprocesador calcula a partir de estos datos de entrada y según los mapas almacenados, el momento y la duración de la inyección, y las transforma en señales características que están adaptadas a la carrera del pistón. Este programa de cálculo se denomina “ECU software”.

Debido a la precisión requerida y al alto dinamismo del motor Diesel, es necesaria una gran capacidad de cálculo. Mediante las señales de salida se activan los elementos que suministran la potencia eléctrica correspondiente a los actuadores.

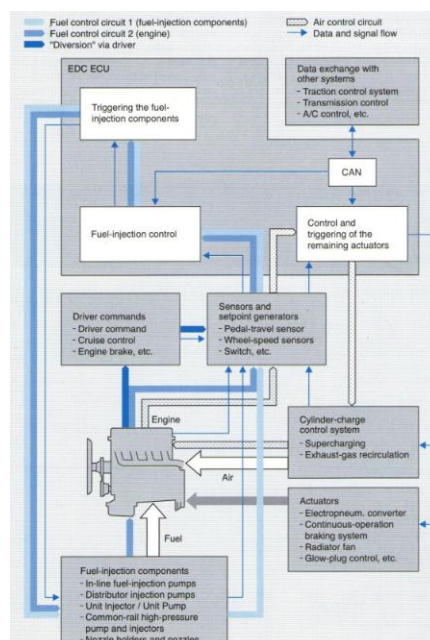


Figura 21. Secuencia básica de la regulación electrónica

Fuente: (Bosch R. , 2005)

2.12. Verificación y control de inyectores

(Alonso, 2001) Afirma que: La comprobación de inyectores se debe realizar en intervalos de mantenimiento prescritos o cuando se detecte un anormal funcionamiento en los mismos. Los síntomas típicos del mal funcionamiento de los inyectores son las emisiones de humos negros por el escape, la falta de potencia del motor, calentamiento excesivo, además de un aumento del consumo de combustible y ruido de golpeteo.

2.13. Verificación de la pulverización y dirección del chorro

(Alonso, 2001) Menciona que: Cuando la cadencia de bombeo es rápida, el chorro será neto, finalmente pulverizado en forma de nube y formando un cono perfectamente centrado en el eje de simetría del inyector, como muestra el detalle A de la figura 22, ligeras desviaciones del chorro pero con buena pulverización B aceptables, un flujo sólido, con gotitas, escasas pulverizaciones y fuertes desviaciones C son inaceptables poseen carbonilla en la tobera y bajas presiones de tarado dan un chorro de escasa dispersión como esta en el detalle D.

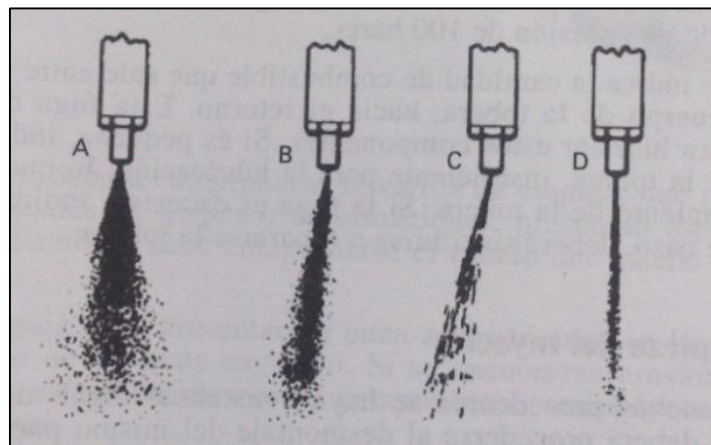


Figura 22. Tipo de Pulverización

Fuente: (Alonso, 2001)

2.14. Verificación de la estanqueidad

(Castro, 2000) Dice que: la estanqueidad resulta de comprobar el

punto en que el inyector se cierra a presiones ligeramente inferiores a la presión de funcionamiento. La forma de actuar es la siguiente: se baja lentamente la palanca de accionamiento de la bomba observando el valor que progresivamente va indicando el manómetro. Cuando este valor es de 20 a 15 atm es inferior al valor de presión de funcionamiento, se interrumpe la carrera de la palanca y se cierra válvula de desconexión del manómetro de modo que la presión se mantendrá en el interior del inyector.

(Alonso, 2001) Afirma: “Que la falta de estanqueidad implica el desmontaje y limpieza del inyector principalmente donde se asienta la aguja”.

2.15. Verificación de fuga de retorno

Accionando la palanca de mando de la bomba del comprobador hasta obtener una presión en el inyector de aproximadamente 10 bar por debajo de la de tarado, se cerrara la válvula de paso de combustible de que está provisto el comprobador. En estas condiciones, debe observarse un descenso lento de la aguja del reloj comparador, que indica el nivel de fuga de retorno. Generalmente se considera correcto un inyector, en cuando a nivel de fuga de retorno, si la presión se mantiene por encima de 50 bar más de seis segundos, partiendo de una presión de 100 bar.

La fuga de retorno indica la cantidad de combustible que sale entre la varilla de la válvula de aguja y el cuerpo de la tobera, hacia el retorno. Esta fuga debe existir en una cierta proporción, para lubricar estos componentes. Si es pequeña, indica una escasa holgura entre la aguja y la tobera. Si la fuga es excesiva, indica mayor holgura de la necesaria y deberá sustituirse o repararse la tobera.

CAPÍTULO III

3. PROTOCOLO DE PRUEBAS

3.1. Equipos utilizados

3.1.1. Osciloscopio Owon PDS5022T

El osciloscopio es un instrumento muy útil en la parte automotriz, por medio de él se puede visualizar señales eléctricas como lo son: periodo, voltajes, frecuencia, amplitud cada uno con sus valores máximos y mínimos.

Comúnmente la pantalla de un osciloscopio consta de dos ejes, un eje horizontal denominado “X” y un eje vertical denominado “Y”, en el caso del osciloscopio Owon PDS5022T el eje de las “X” representa el tiempo y el eje “Y” representa los voltajes.

El osciloscopio dispone de un software compatible con el sistema operativo Microsoft Windows y un puerto USB que me permite transmitir los datos obtenidos en el mismo hacia la pantalla de la PC.



Figura 23. Parte frontal del Osciloscopio OWON

Tabla 5.

Características técnicas del osciloscopio OWON PDS5022T

Componente	Descripción
Pantalla LCD	8 pulgadas, 640x480 pixeles
Ancho de banda	25MHz
Muestreo en tiempo real	100MS/s
Canales	Dos + disparador externo
Escala Horizontal	5ns/div ~ 100s/div
Escala Vertical	5mV/div ~ 5V/div
Acoplamiento de entrada	DC, AC, GND
Nivel de disparo	±6 divisiones del centro de la pantalla
Tipo de disparo	Edge, Video
Modo de activación	Auto, Normal, Single
Dimensiones	157x350x103
Peso	1,7 Kg

A. Procedimiento del uso adecuado del Osciloscopio Owon PDS5022T.

- Conectar el osciloscopio a una toma de 110V verificando que este disponga un conector de tierra por seguridad.
- Encender el equipo, se recomienda familiarizarse con el panel frontal del osciloscopio.
- Conectar los cables pertinentes en el CHANNEL 1, las puntas en los puntos de medición para poder visualizar la curva en el osciloscopio.
- Calibrar las perillas del osciloscopio, el eje “X” que representa el tiempo, el eje “Y” que representa voltaje y el “trigger” que me permite estabilizar la posición de onda; se recomienda visualizar por lo menos un ciclo de onda completo en la pantalla.
- Para visualizar el oscilograma en una PC se debe previamente instalar el software y los drivers correspondientes, para que se pueda reconocer al USB del osciloscopio correctamente.
- Para validar y almacenar los datos del osciloscopio en tiempo real y poder verificar en la PC se debe abrir el programa, y mandar a “Obtener Datos”; esta opción automáticamente proporciona un archivo generado por el software.

3.1.2. Pinza amperimétrica BRAIN BEE

La pinza amperimétrica es un instrumento especial que permite evadir el inconveniente de abrir el circuito en el que se requiere medir la corriente.

Este instrumento recibe el nombre de pinza porque consta de un sensor, en forma de pinza, que se abre y abraza el cable donde se requiere medir la corriente.

El funcionamiento de la pinza se basa en la medida indirecta de la corriente circulante por un conductor a partir del campo magnético que dicha circulación de corriente genera.



Figura 24. Pinza Amperimétrica

Características

Tabla 6.

Características de la pinza amperimétrica Brain Bee

Características	
Entrada	60A Max AC/DC
Salida	10mV/A, 10mV/A
Voltaje Máximo	240V-AC / 300V-DC
Conversiones	60A~10mV/A, 20A~100mV/A

Procedimiento de un uso adecuado de la pinza Amperimétrica Brain Bee

- Verificar el estado de la pinza Amperimétrica y de la batería que esta dispone para su funcionamiento debido a que si esta esta descargada las medidas obtenidas serán erróneas.
- Conectar la pinza amperimétrica en el Canal que se quiera visualizar la onda, se recomienda calibrar el mismo hasta poder visualizar un ciclo de onda completo.
- Colocar la pinza amperimétrica en el cable que se desea tomar los datos de la corriente, siguiendo la flecha que la misma indica.
- Seleccionar la escala adecuada con la que se desea trabajar en la pinza amperimétrica, tener en cuenta que se debe realizar una transformación de voltaje a amperios utilizando la conversión correcta según la escala que se seleccionó con anterioridad, para obtener la medida adecuada.

3.1.3. Osciloscopio Hantek 1008C

El osciloscopio es un instrumento automotriz muy útil por medio de él se puede visualizar señales eléctricas como lo son: periodo, voltajes, frecuencia, amplitud cada uno con sus valores máximos y mínimos.

Cuenta con un software el cual permite tener compatibilidad con cualquier PC y de esta manera convertirle en un osciloscopio donde se puede visualizar las ondas en tiempo real, consta de dos ejes, un eje horizontal denominado "X" el cual representa el tiempo y un eje vertical denominado "Y" que representa los voltajes.

Una característica singular del osciloscopio HANTEK 1008C es que solo se alimenta del puerto USB del ordenador razón por la cual no requiere de otro adaptador externo.

Posee 8 canales, los cuales pueden ser usados simultáneamente y no afectara en ningún momento el uno al otro.



Figura 25. Osciloscopio Hantek 1008C

Tabla 7.

Características Técnicas del Osciloscopio Hantek 1000c

Componente	Descripción
Impedancia de entrada	Resistencia: 1m Ω
Resolución	12 bits
Sensibilidad de entrada	10mV/div a 5V/div
Máxima entrada	400v (dc + CA pico)
Frecuencia de muestreo en tiempo real	2.4 msa/s
Canales	8
Acoplamiento de entrada	DC
Interfaz	USB 2.0
Rango de Frecuencia	0-250khz
Alimentación	No necesita fuente de alimentación
Dimensiones	185x150x27 (mm)
Peso	0,35 Kg

Procedimiento del uso adecuado del Osciloscopio Hantek 1000c

- Familiarizarse con el Osciloscopio a simple vista, verificar cada uno de los puertos de salida y los canales que el mismo dispone.
- Instalar el software y los drivers correspondientes al Osciloscopio Hantek 1000c en el computador que se requiere visualizar las ondas emitidas por el osciloscopio.
- Conectar de una manera adecuada el juego de pinzas a los puntos

donde se va a realizar la medición, posteriormente conectar el otro extremo al canal del osciloscopio.

- Conectar el USB del osciloscopio con el computador para poder reproducir la imagen en tiempo real.
- Calibrar las perillas del osciloscopio, el eje “X” que representa el tiempo, el eje “Y” que representa voltaje y el “trigger” que me permite estabilizar la posición de onda; se recomienda visualizar por lo menos un ciclo de onda completo en la pantalla.
- Si deseo obtener datos en la pantalla, se dirige a la opción “MEASURE” esta permitió sacar valores tales como: periodo, frecuencia, voltaje máximo, voltaje mínimo, entre otros.

3.1.4. Multímetro

El multímetro automotriz es un instrumento eléctrico cuya función principal es medir directamente magnitudes eléctricas como corrientes, tensiones, resistencias, capacidades entre otras; estas medidas pueden estar tanto en corriente continua (DC) como de corriente alterna (AC).

(Vasco, 2016) Afirma:” El multímetro automotriz posee conectores en los cuales se conecta los dos cables necesarios para hacer las mediciones; uno de los cables siempre se introduce en el conector común (COM) y el otro en el conector correspondiente a la medida que se vaya a realizar” Ver la tabla 8 para mejor comprensión:

Tabla 8.

Conectores a utilizar según el tipo de medida a realizar

Tipo de Medida	Conectores	
Voltaje	V	COM
Intensidades Altas	10A o 20A	COM
Intensidades Bajas	mA	COM
Resistencia	Ω	COM

Fuente: (Vasco, 2016)



Figura 26. Partes del Multímetro Automotriz

Procedimiento para tomar medida en el multímetro:

Como menciona (Vasco, 2016) el procedimiento de medida es el siguiente:

- Para medidas de voltajes e intensidades, seleccionar el modo AC o DC según si el circuito es de corriente alterna o continua.
- Para medidas de resistencias, aislar la resistencia (o resistencias) a medir del circuito.
- Según el tipo de medidas a realizar conectar los cables al multímetro (ver la tabla 8 para determinar que conectores utilizar).
- Conectar los otros extremos de los cables entre los bornes del elemento que se va a medir, teniendo en cuenta que el tipo de medida a realizar:
 - Para medir voltajes, los voltímetros se colocarán en paralelo.
 - Para medir intensidades, los amperímetros se colocarán en serie.
 - Para medir resistencias, estas deben estar aisladas del circuito.
- Colocar la ruleta de selección del tipo de medida en la posición adecuada. Si el multímetro es de escala manual probar como varían las escalas para buscar la más adecuada.

3.1.5. Banco de pruebas Tester CRDI V-3500 VNP

El banco de pruebas Tester CRDI V-3500 VNP es un equipo diseñado para el acondicionamiento de los sistemas de inyección Common Rail (DIESEL), cubriendo todos los tipos de inyectores DIESEL en el mercado.

El presente banco con la ayuda de un contador de strock (número de inyecciones), el tiempo de inyección y un manómetro que indica la presión de trabajo del inyector permite analizar el estado del inyector tanto en la parte mecánica como electrónica.

Este banco posee controladores digitales automatizados los cuales permiten variar la forma de trabajo del inyector, cuenta con un manómetro para variar la presión y con dos probetas las que permiten medir el caudal de inyección y retorno para de esa manera establecer un diagnóstico resultado del inyector.

Las pruebas que me permite realizar el Banco Tester CRDI V-3500 VNP para el análisis y diagnóstico de un inyector CRDI son las que se detallan a continuación:

1. Prueba de resistencia del inyector
2. Prueba de pulverización (ángulo de pulverización)
3. Prueba de inyección de arranque
4. Prueba de inyección principal
5. Prueba de inyección piloto.
6. Limpieza de inyectores

Componentes:

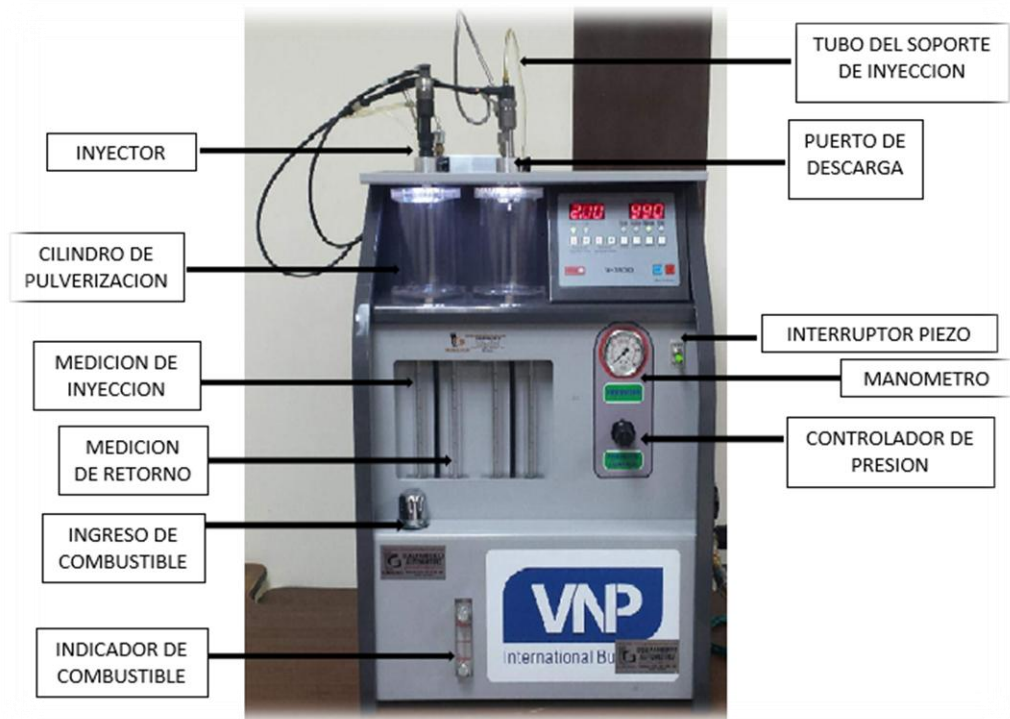


Figura 27. Componentes del Banco Tester V-3500 VNP

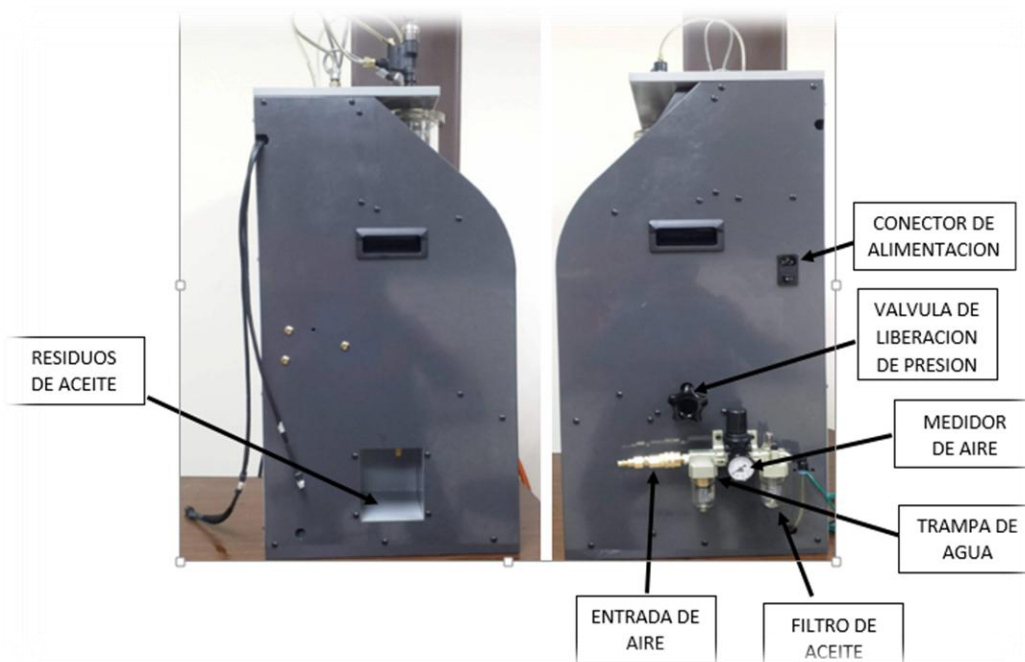


Figura 28. Vistas laterales del Banco Tester V-3500 VNP

Detalles Técnicos

Tabla 9.

Especificaciones Técnicas del Banco de Pruebas TESTER CRDI V-3500 VNP

Tipo de Control	Regulador de Aire + Digital
Alimentación	110v ~ 220v
Presión de Ingreso	4 bar
Presión de Salida Max	800 bar
Tipos de Inyectores	Denso, Delphi, Siemens, Bosch, Piezo
Peso	65kgs
Dimensiones (mm)	550x410x800
Temperatura de funcionamiento	10-50°C

Funciones principales:

- Diagnóstico de bobina defectuosa del inyector.
- Limpieza del inyector con gran flujo de aceite.
- Testeo del inyector.
- Pruebas estándar para los inyectores CRDI.
- Pulverización variable.
- Controla el volumen de inyección y retorno por parte del inyector.
- Comprueba la presión de arranque del inyector.
- Succión del aire de pulverización.
- Drenaje de probetas de inyección y retorno automático.
- Protección frente a cortocircuitos.
- Diagnóstico de espray mediante LEDS de alta luminosidad.

3.2. Especificaciones de los inyectores CRDI Denso

Según, (Salinas & Villavicencio, 2013) los inyectores marca DENSO poseen las siguientes características:

- Utilizan una bomba de AP de 2 elementos radiales sin anillo de levas, los elementos son accionados por un eje con excentricidad.
- La bomba incorpora una Válvula de Control de Succión (SCV) y un

sensor de temperatura del combustible.

- Los inyectores Denso son de tipo bobinados.
- Los inyectores tienen una resistencia de 0.6 a 1 Ohm.
- Tienen PCM e IDM. El PCM controla al IDM y este acciona a los inyectores.
- La bomba regula la presión del rail de 20MPa a 180MPa.
- El sistema realiza pre inyección e inyección principal hasta las 3000RPM.
- Los tiempos de inyección son de 0,4ms a 1,5ms.



Figura 29. Inyector DENSO

3.2.1. Inyector CRDI Denso "05S00047"

Tabla 10.

Especificaciones del Vehículo que utiliza el Inyector CRDI Denso "05S00047"

Marca del vehículo	HINO "DUTRO CITY"
Modelo	N04c-Uy
Serie	300
Cilindraje	4009
N.- De Cilindros/Disposición	4 En Línea
Potencia Máxima(Hp@Rpm)	140@2500
Torque Máximo (Kgm@Rpm)	38@1800
Norma De Emisores	Euro Iii
Sistema De Alimentación	Turbo Intercooler



Figura 30. Hino Dutro CITY 300

Tabla 11.

Parámetros de funcionamiento del inyector CRDI Denso "05S00047"

Parámetro	Valor
Voltaje (V)	80 V
Amperaje (A)	80 A (conjunto) 20 A (c/u)
Resistencia (Ohm)	0,6 Ohm
Presión de apertura	200bar
Presión máxima	1800bar

Fuente: (Moromenacho & Nicolalde, 2013)

3.2.2. Inyector CRDI Denso "06S00387"

Tabla 12.

Especificaciones del Vehículo que utiliza el Inyector CRDI Denso

"06S00387"

Marca Del Vehículo	Hino "Dutro 816"
Modelo	N04c-Vb
Serie	300
Cilindraje	4009
N.- De Cilindros/Disposición	4 En Línea
Potencia Máxima(Hp@Rpm)	150@2800
Torque Máximo (Kgm@Rpm)	420@2800
Norma De Emisores	Euro III
Sistema De Alimentación	Turbo Intercooler



Figura 31. Hino Dutro 816

Tabla 13.

Parámetros de funcionamiento del inyector CRDI Denso "06S00387"

Parámetro	Valor
Voltaje (V)	80 V
Amperaje (A)	80 A (conjunto) 20 A (c/u)
Resistencia (Ohm)	0,6 Ohm
Presión de apertura	200bar
Presión máxima	1800bar

Fuente: (Moromenacho & Nicolalde, 2013)



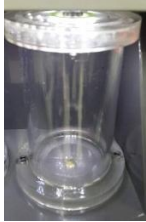


3.3. Inspección visual del banco de pruebas Tester V-3500

La inspección visual es un punto muy importante previo al accionamiento de cualquier máquina, consiste en verificar y examinar cada uno de los componentes del Banco de Pruebas Tester V-3500 VNP solo con la vista para dar un diagnóstico y un criterio del estado del Banco.





Se detalla en la tabla 14, los componentes del Banco de Pruebas Tester V-3500 VNP que se recomienda inspeccionar antes de poner en marcha la máquina:

Tabla 14.

Inspección Visual del Banco de Pruebas Tester V-3500 VNP

Elemento	Revisión	Grafico
Válvula de liberación de presión	Este elemento debe de estar totalmente ajustado, caso contrario no se tendrá la presión necesaria para el funcionamiento de la máquina.	
		Válvula de liberación de presión
Indicador de combustible	Verificar el nivel de combustible, completar en caso de ser necesario. Es recomendable que este sobre la mitad para no tener daños futuros.	
		Indicador de Combustible
Cilindros de pulverización	Visualizar que no se encuentre ningún objeto extraño dentro de los mismos, podrían taponar los orificios que conectan a las probetas.	
		Cilindro de pulverización
Trampa de agua	Elemento que no permite el paso de agua a la máquina, si verifica acumulación de agua drenar y proceder a desmontar para la limpieza.	
		Trampa de agua
Filtro de Aceite	Verificar que no existan fugas de aceite y esté libre de impurezas, caso contrario desmontar para proceder a la limpieza.	
		Filtro de aceite

CONTINÚA 

Elemento	Revisión	Grafico
Sockets	Verificar el estado de cada uno, son muy importantes para una correcta inyección. Me permite verificar el estado del inyector.	 <p>Sockets del inyector</p>
Cañerías de Conexión	Verificar que no existan residuos extraños dentro de las cañerías, realizar una inspección visual de las mismas y comprobar su estado.	 <p>Cañerías de conexión</p>
Acople del compresor	Verificar el estado del acople, comprobar que no exista fugas de presión.	 <p>Acople del compresor</p>
Cable de alimentación 110V	Analizar el estado del cable de poder, verificar que esté conectado correctamente.	 <p>Cable de alimentación</p>

3.4. Procedimiento de pruebas para los inyectores serie “05S00047” y “06S00387” CRDI Denso.

3.4.1. Pruebas mecánicas-hidráulicas

- Realizar la comprobación del tiempo de activación y cierre, caudal de inyección y retorno con presiones correspondientes a 300, 400, 500, 600, 700 Bares, tomando en cuenta el tiempo de inyección 0,25; 0,50; 1; 1,50; 2 y el contador de inyección 250, 500, 750, 990.
- Realizar un análisis del tiempo de activación del inyector tomando en cuenta la curva de voltaje y corriente proporcionada por Hantek.
- Elaborar tablas de comparación mediante la toma de datos a diferentes

rangos de operación, con la finalidad de obtener un análisis entre los mismos.

- Realizar tablas con los datos arrojados por la variación de presión en el banco de trabajo.

Equipo de trabajo:

- Banco de pruebas de inyectores CRDI V-3500
- Inyectores Denso
- Llaves mixtas
- Osciloscopio Hantek y Owon.
- Multímetro
- Pinza amperimétrica
- Equipo de protección personal (Casco, mandil, zapatos punta de acero, guantes, mascarilla, gafas)

Antes de empezar a desarrollar el protocolo de pruebas establecido es necesario verificar que el compresor se encuentre libre de aceite y agua en su interior, se puede realizar mediante la inspección de la válvula de purga instalada en el tanque de aire.

En el banco de pruebas existe a la entrada trampa de agua y trampa de aceite, se debe observar periódicamente para evitar daños posteriores en nuestra máquina.

A. Prueba del ángulo de pulverización del inyector

Serie del inyector inductivo: 05S00047 y 06S00387

Marca del inyector: Denso

Marca del automotor: Hino

Cálculo:

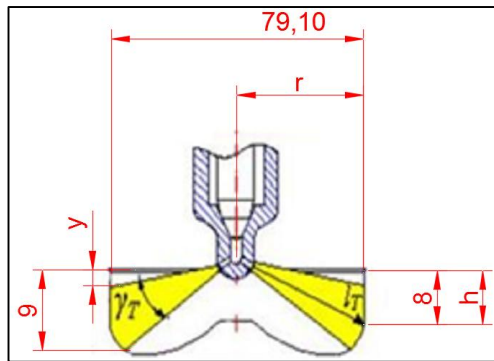


Figura 32. Ángulo de Pulverización 05S00047-DENSO

Donde:

h = altura

r = radio del cilindro

θ = Diámetro del chorro

IT = Ángulo de Disparo

YT = Ángulo de Dispersión

Y = Diferencia de Alturas

Ángulo de disparo

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

Ecuación 1. Ángulo de disparo

Ángulo de dispersión

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

Ecuación 2. Ángulo de dispersión

Tabla 15.

Ángulo del inyector DENSO 05S00047

Ángulo del inyector Denso 05S00047
Ángulo de disparo
Ángulo de dispersión

B. Prueba de caudal

La medición de caudal se realiza en todas las pruebas y tablas realizadas en las que van a existir variaciones de presión, contador (STKR) y tiempo de inyección. La visualización del fluido utilizado en cada prueba se puede apreciar en las probetas milimetradas del banco.

Para que la toma de datos sea igual en todas las tablas, se ha planteado que la lectura de caudal se realice después de transcurrir 1 minuto, debido a que el caudal de inyección empieza a descender del cilindro de pruebas lentamente.

En todo inicio de prueba se debe tomar en cuenta que las probetas de medición de caudal se encuentren vacías por completo.

3.4.2. Pruebas eléctricas

En las pruebas eléctricas se utiliza:

- Banco de pruebas V-3500
- Osciloscopio Hantek-Owon
- Pinza amperimétrica
- Multímetro

A. Pruebas de voltaje de activación del inyector

Se utilizó los osciloscopios Hantek-Owon para realizar la medición y toma de datos e inmediatamente trasladarlos hacia las tablas de protocolo.

B. Pruebas de corriente de activación del inyector

Se utilizó la pinza amperimétrica en el osciloscopio Hantek, los datos de corriente de activación se despliegan en la pantalla del programa en la PC, es necesario realizar algunos ajustes de configuración para la visualización en la opción Measure de la barra de herramientas.

C. Pruebas de resistencia de la bobina del inyector.

La prueba de resistencia de la bobina del inyector se realizó directamente en el banco de pruebas V-3500, mediante el botón MODE se selecciona la opción Aut 1 y luego Start. El valor se despliega en la pantalla Led, se puede verificar los valores obtenidos en banco utilizando un multímetro.



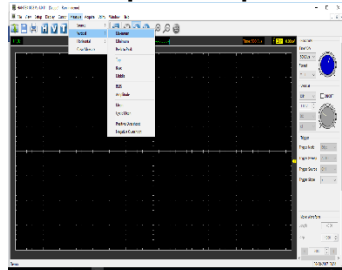
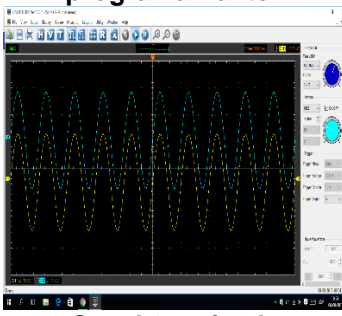
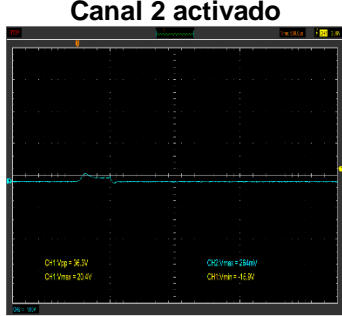
D. Prueba de inductancia

Esta prueba quiere decir tomar la medida, de la oposición al cambio de corriente de un inductor que almacena energía en presencia de un campo magnético.

La prueba de inductancia se la realizó con un multímetro especializado en la toma de esta medida y los datos obtenidos se procederán a tomarlos para llenar la tabla.

Tabla 16.

Procedimiento para la medición de la inductancia

N°	Descripción	Imagen
1	Realizar la conexión de la pinza amperimétrica en uno de los cables del inyector con el sentido de ubicación correcto	 <p data-bbox="949 660 1316 728">Conexión y sentido de pinza amperimétrica</p>
2	Verificar la escala en que se encuentra la pinza amperimétrica para la medición, en nuestro caso se seleccionó 60A	 <p data-bbox="917 963 1348 996">Escala en la pinza amperimétrica</p>
3	Para visualizar la onda y el valor de corriente se dirige a la barra de herramientas, y se dió la siguiente selección	 <p data-bbox="917 1265 1348 1332">Configuración para visualización programa Hantek</p>
4	En la barra lateral derecha se debe seleccionar el canal 2 y mantenerlo activado	 <p data-bbox="1021 1646 1244 1680">Canal 2 activado</p>
5	La onda y el valor de corriente del inyector se indican como CH2 Vmax en la pantalla	 <p data-bbox="885 1960 1380 1993">Valor de corriente y onda del inyector</p>

3.4.3. Parámetros del inyector

En los parámetros del inyector se realizan mediciones físicas de partes importantes del inyector en relación a su diseño.

Tabla 18.

Parámetros del Inyector



Indicador	Ítem	Técnica	Medición Grafica
Presión de operación	<i>bar</i>	Medición	
Número de orificios del inyector	#	Observación	
Tipo de tobera	<i>Corta / larga</i>	Observación	
Largo del Tallo	<i>mm</i>	Medición	
Presión de retorno	<i>bar</i>	Medición	
Tipo de boquilla	<i>diseño</i>	Observación	
Ángulos del cono de pulverización	<i>°</i>	Medición	


3.5. Protocolo de extracción de los inyectores







Una vez concluido todo el protocolo de pruebas se procederá a retirar el inyector utilizado, de la misma manera siguiendo un orden cronológico de un procedimiento adecuado el cual se detallara en la siguiente tabla:

Tabla 19.






Protocolo de extracción de los inyectores

N.-	Descripción	Imagen
1	Para la extracción segura de los inyectores, las probetas de medición de caudal deben drenarse por completo.	
		Probetas para medición de caudal
2	En los cilindros de prueba se debe realizar la opción de succión para retirar por completo los residuos de prueba	
		Cilindros de medición, succión


CONTINÚA 

N.-	Descripción	Imagen
3	Verificar que el manómetro de presión del banco se encuentre en cero.	
		Verificación de manómetro de pruebas
4	Se procede a apagar el equipo desde el botón de la pantalla principal	
		Apagado del banco de pruebas
5	Liberar presión existente en las líneas del equipo mediante la perilla existente en la parte lateral del equipo	
		Perilla de presión de aire
6	Desconectar manguera de aire proveniente del compresor	
		Manguera de aire
7	Revisar que el manómetro a la entrada se encuentre en cero	
		Verificación en manómetro principal
8	Apagar la máquina desde el interruptor principal y retirar la fuente de alimentación	
		Interruptor principal

CONTINÚA 

N.-	Descripción	Imagen
9	Retirar el conector del inyector	 <p data-bbox="999 568 1278 598">Conector del inyector</p>
10	Extraer la manguera de caudal de retorno	 <p data-bbox="938 898 1337 927">Manguera de caudal de retorno</p>
11	Desenroscar acoples de cañerías	 <p data-bbox="1007 1211 1270 1240">Cañería del inyector</p>
12	Aflojar perilla del cilindro del inyector para su extracción	 <p data-bbox="1015 1538 1262 1568">Perilla del inyector</p>
13	Inyector listo para su almacenaje	 <p data-bbox="1038 1883 1238 1912">Inyector Denso</p>

CONTINÚA 

N.-	Descripción	Imagen
14	Drenar viscor al terminar el día de trabajo	

Drenaje de viscor

Sugerencias

- El momento de utilizar la pinza amperimétrica se debe verificar que la carga de batería de 9V se encuentre óptima para su funcionamiento, en razón que si está defectuosa existo errores en la toma de datos.
- Realizar purga del compresor todas las mañanas antes de empezar a realizar pruebas, para evitar el ingreso de agua al banco de pruebas CRDI.
- Revisar que los acoples de cañerías y manguera de retorno se encuentren ajustados o asegurados de manera correcta para evitar pérdidas de viscor.
- Proteger los inyectores de posibles impurezas en los orificios de entrada de caudal después de su desmontaje.
- Evitar que ingresen impurezas en los cilindros del banco de pruebas.
- Verificar que la presión establecida para cada prueba sea la correcta, puesto que existe variaciones al término de cada test, mover la perilla de control a conveniencia.
- Aliviar el sistema de presión el momento de apagar el equipo, mediante la perilla lateral ubicada con las trampas de agua y aceite con la finalidad de evitar accidentes.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES CRDI DENSO.

4.1. Introducción

En el siguiente capítulo se realiza el análisis de la información obtenida en el protocolo de pruebas establecido para los inyectores “05S00047 y 06S00387”.

Las pruebas se basan exclusivamente en:

- Variación de presión
- Variación del tiempo de inyección
- Variación strock

En la parte eléctrica se realizan mediciones de:

- Resistencia
- Inductancia
- Corriente del inyector.

4.2. Desarrollo de la investigación

Para el desarrollo de la investigación cabe mencionar la utilización del banco de pruebas CRDI V-3500, el mismo que permite modificar el funcionamiento de los inyectores por medio de presión, tiempo de inyección y contador de inyecciones; los osciloscopios Hantek 1008C y Owon PDS5022T,

pinza amperimétrica para DC son el apoyo investigativo para encontrar los siguientes parámetros que han sido considerados en el protocolo de pruebas:

- Tiempo de retención
- Caudal de inyección
- Caudal de retorno
- Corriente de activación
- Voltaje de activación
- Voltaje de retención
- Grados de activación
- Resistencia en la bobina
- Inductancia.

4.3. Pruebas mecánicas

En las pruebas mecánicas realizadas se varían los parámetros de presión (300, 400, 500, 600, 700 Bar) conjuntamente con el tiempo de inyección (0,25; 0,50; 1; 1,50; 2 ms) y stroke (250, 500, 700, 990), estos parámetros permiten obtener y calcular los siguientes valores:

- Tiempo de disparo
- Tiempo de retención
- Caudal de inyección
- Caudal de retorno

4.4. Pruebas electrónicas

En las pruebas electrónicas realizadas mediante la utilización del protocolo elaborado, la pinza amperimétrica, multímetro, medidor de inductancia y el osciloscopio con su respectivo programa Hantek permiten conocer los siguientes valores:

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

4.5. Cálculo de los grados de activación para los inyectores DENSO “05S00047” Y 06S000387” CRDI

Los grados de activación del inyector se obtienen mediante el ángulo de giro del cigüeñal en un ciclo de trabajo completo.

Los datos necesarios para su cálculo como es el periodo se puede obtener directamente en el osciloscopio Owon (pantalla de osciloscopio ó programa) o de la misma manera del Hantek, el valor es el siguiente:

- Periodo= 340ms
- Giro del cigüeñal en un ciclo de trabajo=720°
- Número de cilindros = 4

El período de 340 ms es un valor que el osciloscopio proporciona para un motor de 4 cilindros pero en nuestro caso el análisis está realizado únicamente para un inyector.

- Período para 1 inyector

$$T_i = \frac{T}{n}$$

Ecuación 3. Período para un inyector

Donde:

Ti: Período para un inyector

T: Período total

n: Número de cilindros

$$Ti = \frac{340 \text{ ms}}{4}$$

$$Ti = 85 \text{ ms}$$

- **Ángulo para 1 inyector**

$$\theta_i = \frac{\theta_{gc}}{n}$$

Ecuación 4. Ángulo individual

Donde:

θ_i = Ángulo individual

θ_{gc} = Ángulo de giro del cigüeñal

n: Número de cilindros

$$\theta_i = \frac{720}{4}$$

$$\theta_i = 180^\circ$$

Aplicando los datos obtenidos se pudo encontrar los grados de activación

$$Ti = 85 \text{ ms}$$

$$\theta_i = 180^\circ$$

$$^\circ ac = \frac{ti * 180^\circ}{Ti}$$

Ecuación 5. Grados de Activación

Donde:

$^\circ ac$ = Grados de activación

ti = tiempo de activación, dependiendo de la prueba que se encuentre realizándolos valores son 0,25; 0,5; 1; 1,5; 2.

- **0,25 ms**

$$\begin{aligned} \circ ac &= \frac{ti * 180^\circ}{Ti} \\ \circ ac &= \frac{0.25ms * 180^\circ}{85 ms} \\ \circ ac &= \mathbf{0,5294^\circ} \end{aligned}$$

- **0,50 ms**

$$\begin{aligned} \circ ac &= \frac{ti * 180}{Ti} \\ \circ ac &= \frac{0.50ms * 180^\circ}{85 ms} \\ \circ ac &= \mathbf{1,0588^\circ} \end{aligned}$$

- **1 ms**

$$\begin{aligned} \circ ac &= \frac{ti * 180}{Ti} \\ \circ ac &= \frac{1 ms * 180^\circ}{85 ms} \\ \circ ac &= \mathbf{2,1177^\circ} \end{aligned}$$

- **1,5 ms**

$$\begin{aligned} \circ ac &= \frac{ti * 180}{Ti} \\ \circ ac &= \frac{1.50ms * 180^\circ}{85 ms} \\ \circ ac &= \mathbf{3,1765^\circ} \end{aligned}$$

- **2 ms**

$$\begin{aligned} \text{° } ac &= \frac{ti * 180}{Ti} \\ \text{° } ac &= \frac{2 \text{ ms} * 180^\circ}{85 \text{ ms}} \\ \text{° } ac &= 4,2353^\circ \end{aligned}$$

Tabla 20.

Análisis de los grados de activación del inyector dependiendo el tiempo de inyección y el giro del cigüeñal

Tiempo de inyección (ms)	Grados de activación (°)
0.25	0.53
0.50	1.06
1.00	2.12
1.50	3.18
2.00	4.24

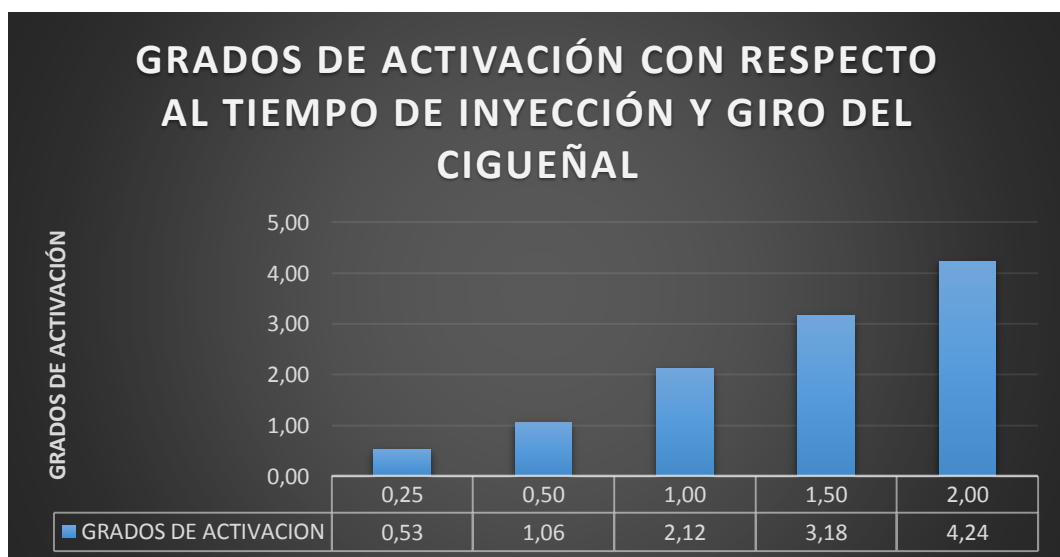


Figura 33. Análisis del ángulo de activación respecto al tiempo de inyección y al giro del cigüeñal

Al observar la Figura 33, se llega al análisis que los grados de activación son directamente proporcionales al tiempo de inyección independiente de la presión y stroke a la cual está trabajando el inyector; a más de eso se verifica que el ángulo mínimo de activación es de 0.53° este se produce en el tiempo de activación de 0.25ms, el ángulo máximo de activación es de 4.24° y se produce en un tiempo de inyección de 2ms.

4.6. Inyector CRDI Denso "05S00047"

El Inyector DENSO CRDI "05S00047" es utilizado en los vehículos HINO DUTRO CITY serie 300, cabe destacar que este inyector cumple con la normativa amigable con el medio ambiente EURO III.

4.6.1. Despiece y nomenclatura de las partes del inyector CRDI "05S00047".

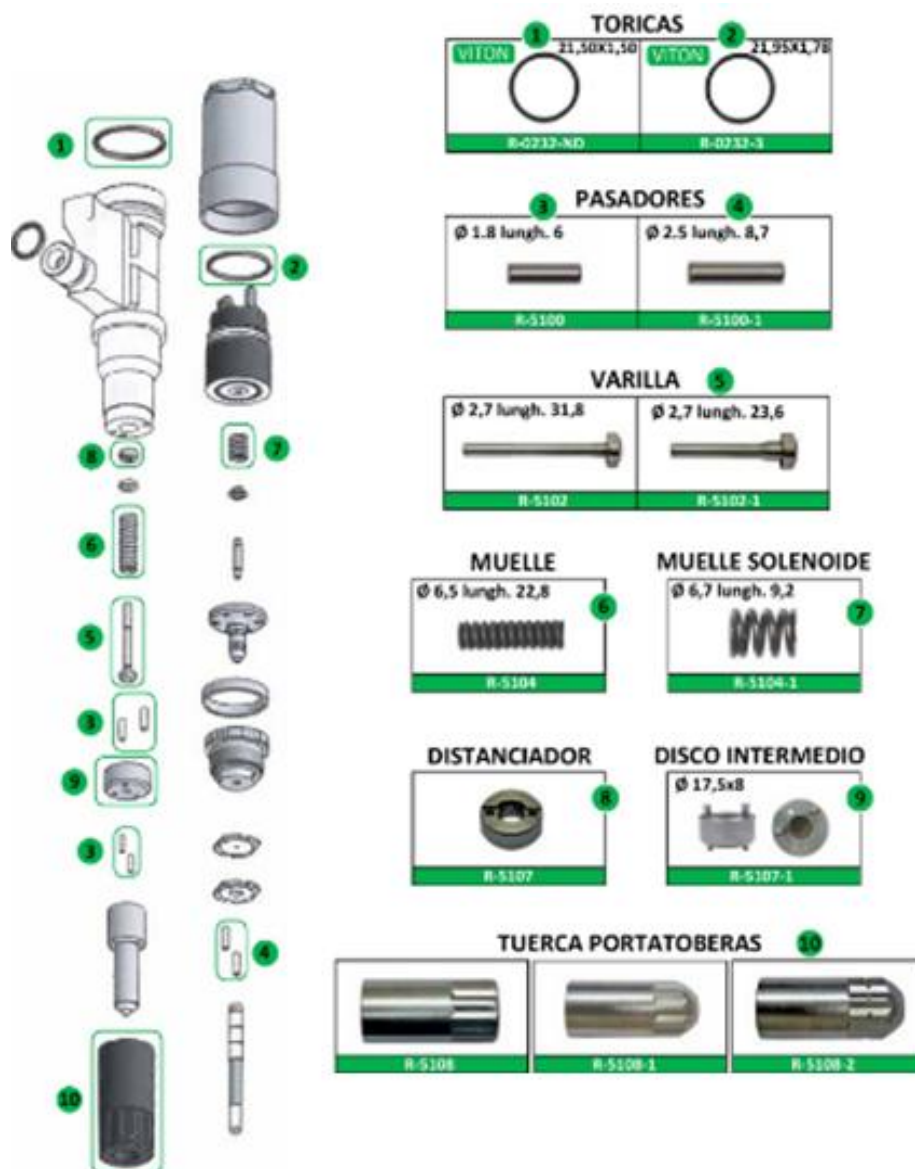


Figura 34. Despiece del inyector CRDI DENSO "05S00047"

Fuente: (RADSA, 2014)

4.6.2. Análisis de las pruebas a la presión 300bar.

Tabla 21.

Prueba del inyector DENSO "05S00047" a una presión constante de 300bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 1).

STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de Disparo	Tiempo de retención	Caudal de Inyección	Caudal Retorno	Corriente de Activación
	ms	ms	ms	(mm3)	(mm3)	(A)
250	0,25	0,1061	0,1439	---	---	26,4
250	0,5	0,1061	0,3939	---	---	26,4
250	1	0,1061	0,8939	---	0,2	26,4
250	1,5	0,1061	1,3939	3,8	1,6	26,4
250	2	0,1061	1,8939	12	2,2	26,4
500	0,25	0,1061	0,1439	---	1,3	26,4
500	0,5	0,1061	0,3939	---	1,6	26,4
500	1	0,1061	0,8939	0,7	3,4	26,4
500	1,5	0,1061	1,3939	12	5,5	26,4
500	2	0,1061	1,8939	27,9	9,9	25,4
750	0,25	0,1061	0,1439	---	3	27,4
750	0,5	0,1061	0,3939	---	4,4	27,4
750	1	0,1061	0,8939	4	6,8	26,4
750	1,5	0,1061	1,3939	25,7	10,7	26,4
750	2	0,1083	1,8917	36,2	12,2	26,4
990	0,25	0,1061	0,1439	---	5	28,3
990	0,5	0,1061	0,3939	---	6,6	28,3
990	1	0,1061	0,8939	5,8	9,5	28,3
990	1,5	0,1061	1,3939	28,1	13,3	28,3
990	2	0,1061	1,8939	52,5	17,6	27,4

En la tabla 21 están los datos obtenidos en la prueba del inyector DENSO "05S00047" a presión constante de 300bar, en donde el análisis es el siguiente: al variar el número de strock y al mismo momento variar el tiempo de inyección se verificó que estos son directamente proporcionales al tiempo de retención, al caudal de retorno y al caudal de inyección. En el tiempo de disparo se verificó que tiene una variación mínima, siendo el valor mínimo obtenido el de 0.1061ms y el valor máximo obtenido 0.1083ms.

Se verificó la corriente de activación del inyector, la cual tiene un rango de variación que va desde 26.4 amperios hasta 28.3 amperios logrando así un consumo promedio de corriente de 26.88 amperios.

Tabla 22.

Prueba del inyector DENSO "05S00047" a una presión constante de 300bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 2)

STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de Activación	Resistencia en la Bobina	Inductancia
	ms	(V)	(V)	(°)	(Ω)	(H)
250	0,25	20,5	2,3	0,53	0,6	296 μ H
250	0,5	20,5	6,3	1,06	0,6	296 μ H
250	1	20,5	5,9	2,12	0,6	296 μ H
250	1,5	20,5	5,7	3,18	0,6	296 μ H
250	2	20,5	5,5	4,24	0,6	296 μ H
500	0,25	20,5	2,5	0,53	0,6	296 μ H
500	0,5	20,5	6,4	1,06	0,6	296 μ H
500	1	20,5	5,8	2,12	0,6	296 μ H
500	1,5	20,5	5,9	3,18	0,6	296 μ H
500	2	20,5	5,9	4,24	0,6	296 μ H
750	0,25	20,5	2,5	0,53	0,6	296 μ H
750	0,5	20,5	6,1	1,06	0,6	296 μ H
750	1	20,5	5,8	2,12	0,6	296 μ H
750	1,5	20,5	5,7	3,18	0,6	296 μ H
750	2	20,5	5,9	4,24	0,6	296 μ H
990	0,25	20,5	2,4	0,53	0,6	296 μ H
990	0,5	20,5	6,5	1,06	0,6	296 μ H
990	1	20,5	5,9	2,12	0,6	296 μ H
990	1,5	20,5	5,6	3,18	0,6	296 μ H
990	2	20,5	5,3	4,24	0,6	296 μ H

La tabla 22 presenta la variación del número de strock y el tiempo de inyección para cada una de las pruebas donde los grados de activación son directamente proporcionales al tiempo de inyección, en estas pruebas hay ángulo máximo de 4.24⁰ para el tiempo de inyección de 2ms y el ángulo mínimo de 0.53⁰ para el tiempo de inyección de 0.25ms.

El consumo de voltaje en todas las pruebas realizadas arrojó un valor de 20.5v.

Se comprobó el estado de la bobina del inyector, con un valor resistivo de 0.6 Ω y un valor de inductancia de 296 μ H, los mismos que son totalmente independientes de todos los parámetros variados en cada una de las pruebas que se realizó.

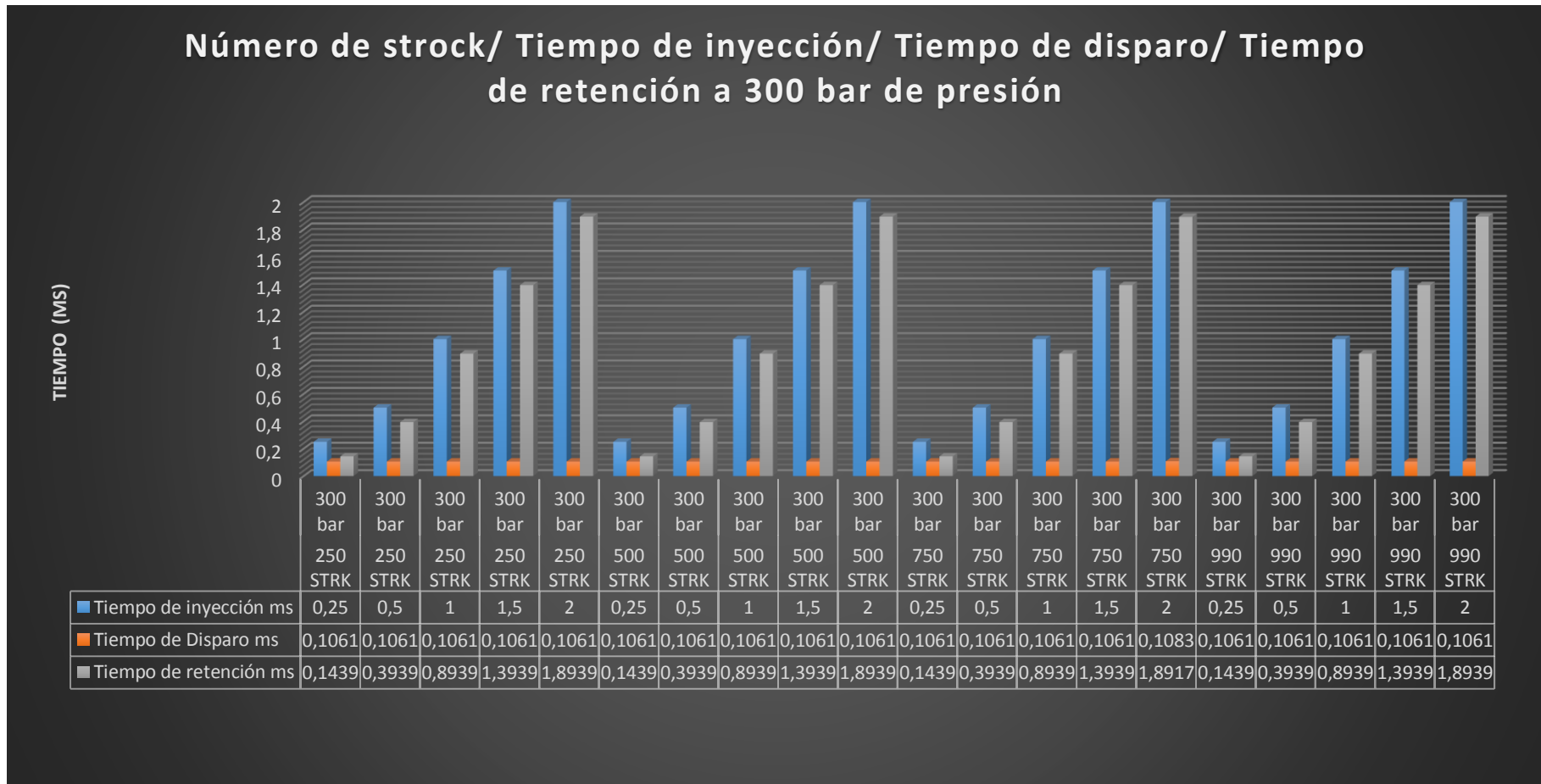


Figura 35. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "05S00047" a una presión constante de 300bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del tiempo de disparo y el tiempo de retención.

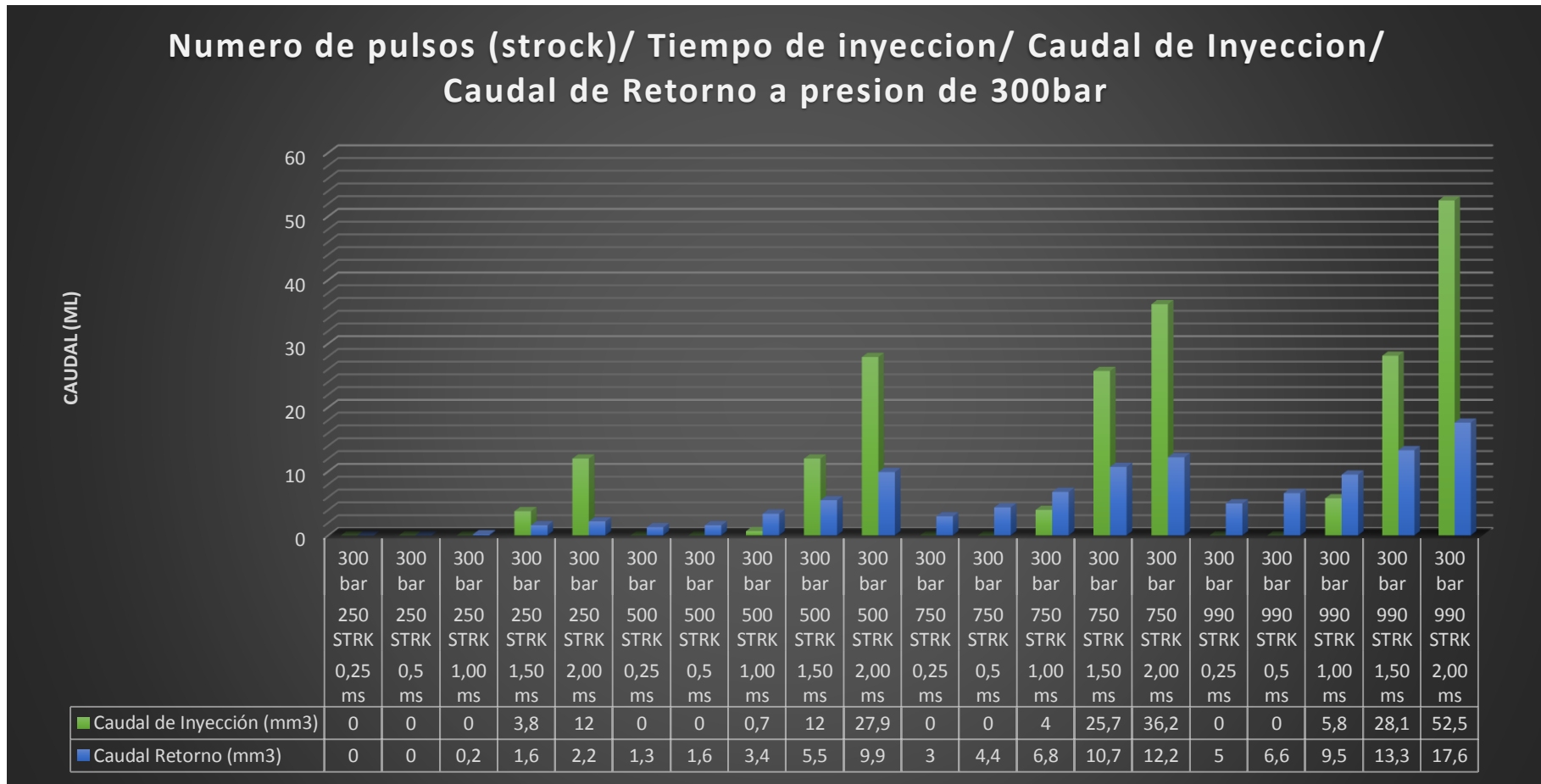


Figura 36. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "05S00047" a una presión constante de 300bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de inyección y el caudal de retorno.

En la figura 35 están los datos obtenidos del tiempo de disparo, en donde, no tiene una gran variación, encontrándose en un rango entre 0.1061ms y 0.1083ms dando un tiempo promedio de disparo de 0.10621ms, por otro lado se verificó que el tiempo de retención es inversamente proporcional al tiempo de disparo y directamente proporcional al tiempo de inyección, los tiempos detallados son totalmente independientes al número de pulsos (strocks) puesto que no varían al aumentar el valor de este parámetro.

En la figura 36 se verificó que caudal de inyección y el caudal de retorno son directamente proporcionales al tiempo de inyección y al número de pulsos strock, se llegó a tener un caudal máximo de inyección de 52.5ml a 990 pulsos (strocks) y un tiempo de inyección 2ms; el caudal mínimo de inyección apreciable en la gráfica es el de 0.7ml a 500 pulsos y un tiempo de inyección de 1ms.

Se observó el caudal mínimo de retorno apreciable que es de 0.2ml a 250 pulsos y 1.00ms de tiempo de inyección; el caudal máximo de retorno es de 17.6ml a 990 pulsos y un tiempo de inyección de 2.00.

4.6.3. Análisis de las pruebas a la presión 400bar.

Tabla 23.

Prueba del inyector DENSO "05S00047" a una presión constante de 400bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 1).

STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de Disparo	Tiempo de retención	Caudal de Inyección	Caudal Retorno	Corriente de Activación
	ms	ms	ms	(mm3)	(mm3)	(A)
250	0,25	0,1087	0,1413	---	0,1	27,4
250	0,5	0,1087	0,3913	---	0,3	27,4
250	1	0,1087	0,8913	---	1,2	27,4
250	1,5	0,1087	1,3913	8,6	2,4	27,4
250	2	0,1063	1,8937	15	3,5	28,3
500	0,25	0,1087	0,1413	---	3,7	26,4
500	0,5	0,1087	0,3913	---	4,1	24,4

CONTINÚA 

STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de Disparo	Tiempo de retención	Caudal de Inyección	Caudal Retorno	Corriente de Activación
500	1	0,1087	0,8913	7	5,7	25,4
500	1,5	0,1087	1,3913	21	7,8	25,4
500	2	0,1063	1,8937	42,6	10	26,4
750	0,25	0,1063	0,1437	---	5,7	24,4
750	0,5	0,1063	0,3937	---	6,6	25,4
750	1	0,1063	0,8937	10	9,1	24,4
750	1,5	0,1063	1,3937	34,6	12,6	27,4
750	2	0,1087	1,8913	54	16	25,4
990	0,25	0,1087	0,1413	---	7,9	26,4
990	0,5	0,1064	0,3936	---	9,7	25,4
990	1	0,1087	0,8913	13,8	13	25,4
990	1,5	0,1087	1,3913	44	16	25,4
990	2	0,1087	1,8913	66	18	27,4

En la tabla 23 están los datos obtenidos en la prueba del inyector DENSO "05S00047" a presión constante de 400bar, en donde el análisis es el siguiente: al variar el número de strock y al mismo momento variar el tiempo de inyección se verificó que estos son directamente proporcionales al tiempo de retención, al caudal de retorno y al caudal de inyección. En el tiempo de disparo se verificó que tiene una variación mínima, siendo el valor mínimo obtenido el de 0.1063ms y el valor máximo obtenido 0.1087ms.

Se verificó la corriente de activación del inyector, la cual tiene un rango de variación que va desde 24.4 amperios hasta 28.3 amperios logrando así un consumo promedio de corriente de 26.14 amperios.

Tabla 24.

Prueba del inyector DENSO "05S00047" a una presión constante de 400bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 2)

STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de Activación	Resistencia en la Bobina	Inductancia
	ms	(V)	(V)	(°)	(Ω)	(H)
250	0,25	20,1	2,8	0,53	0,6	296μH
250	0,5	20,2	6,1	1,06	0,6	296μH
250	1	20,2	5,8	2,12	0,6	296μH
250	1,5	20,2	5,6	3,18	0,6	296μH
250	2	20,2	5,5	4,24	0,6	296μH

CONTINÚA 

STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de Activación	Resistencia en la Bobina	Inductancia
500	0,25	20,2	2,6	0,53	0,6	296 μ H
500	0,5	20,2	6,1	1,06	0,6	296 μ H
500	1	20,3	5,8	2,12	0,6	296 μ H
500	1,5	20,3	5,5	3,18	0,6	296 μ H
500	2	20,3	5,2	4,24	0,6	296 μ H
750	0,25	20,3	2,3	0,53	0,6	296 μ H
750	0,5	20,3	6,1	1,06	0,6	296 μ H
750	1	20,4	5,9	2,12	0,6	296 μ H
750	1,5	20,4	5,8	3,18	0,6	296 μ H
750	2	20,4	5,3	4,24	0,6	296 μ H
990	0,25	20,4	2,6	0,53	0,6	296 μ H
990	0,5	20,4	6,3	1,06	0,6	296 μ H
990	1	20,4	5,8	2,12	0,6	296 μ H
990	1,5	20,4	5,6	3,18	0,6	296 μ H
990	2	20,4	5,2	4,24	0,6	296 μ H

La tabla 24 presenta la variación del número de strock y el tiempo de inyección para cada una de las pruebas donde los grados de activación son directamente proporcionales al tiempo de inyección, en estas pruebas hay ángulo máximo de 4.24⁰ para el tiempo de inyección de 2ms y el ángulo mínimo de 0.53⁰ para el tiempo de inyección de 0.25ms.

El voltaje de activación tiene una variación de 20.1v a 20.4v, al sacar la media de los mismos se obtuvo un consumo promedio de 20.3v.

Se comprobó el estado de la bobina del inyector, con un valor resistivo de 0.6 Ω y un valor de inductancia de 296 μ H, los mismos que son totalmente independientes de todos los parámetros variados en cada una de las pruebas que se realizó.

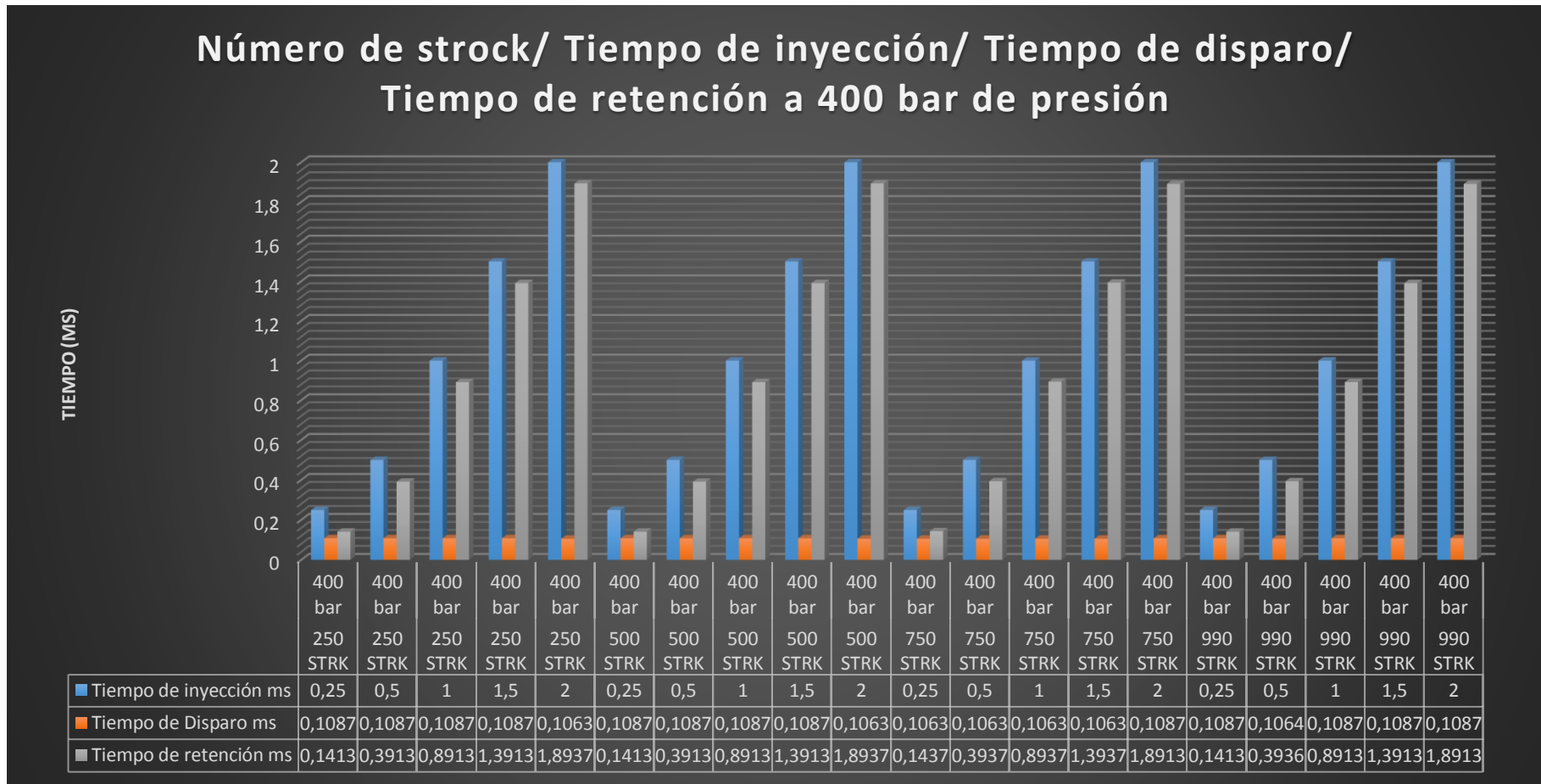


Figura 37. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "05S00047" a una presión constante de 400bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del tiempo de disparo y el tiempo de retención.

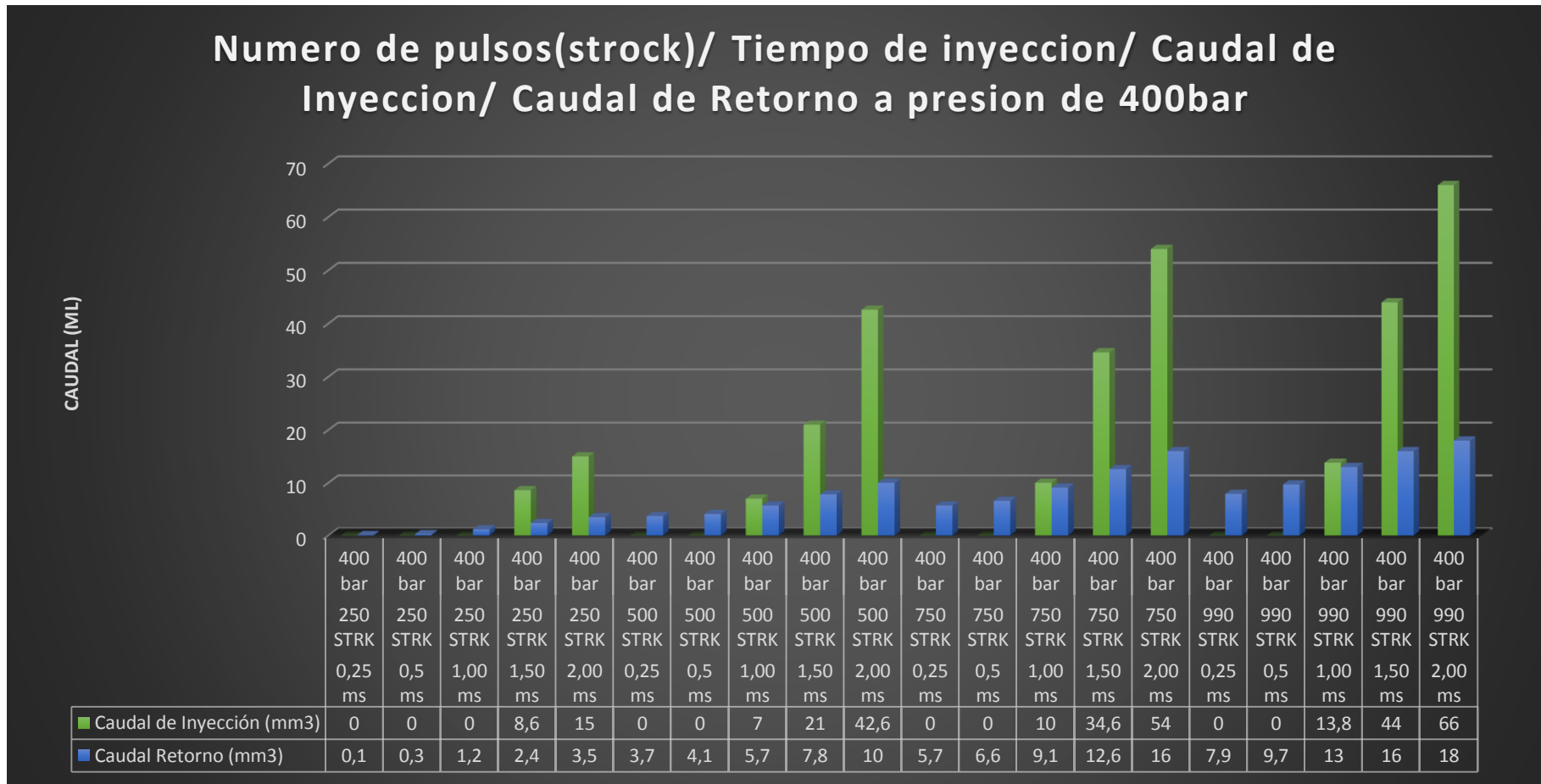


Figura 38. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "05S00047" a una presión constante de 400bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de inyección y el caudal de retorno.

En la figura 37 están los datos obtenidos del tiempo de disparo, en donde, no tiene una gran variación, encontrándose en un rango entre 0.1063ms y 0.1087ms dando un tiempo promedio de disparo de 0.10787ms, por otro lado se verificó que el tiempo de retención es inversamente proporcional al tiempo de disparo y directamente proporcional al tiempo de inyección, los tiempos detallados son totalmente independientes al número de pulsos (strocks) puesto que no varían al aumentar el valor de este parámetro.

En la figura 38 se verificó que caudal de inyección y el caudal de retorno son directamente proporcionales al tiempo de inyección y al número de pulsos strock, se llegó a tener un caudal máximo de inyección de 66.0ml a 990 pulsos (strocks) y un tiempo de inyección 2ms; el caudal mínimo de inyección apreciable en la gráfica es el de 7.00ml a 500 pulsos y un tiempo de inyección de 1ms.

Se observó el caudal mínimo de retorno apreciable que es de 0.1ml a 250 pulsos y 0.25ms de tiempo de inyección; el caudal máximo de retorno es de 18.00ml a 990 pulsos y un tiempo de inyección de 2.00.

4.6.4. Análisis de las pruebas a la presión 500bar.

Tabla 25.

Prueba del inyector DENSO "05S00047" a una presión constante de 500bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 1).

STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de Disparo	Tiempo de retención	Caudal de Inyección	Caudal Retorno	Corriente de Activación
	ms	ms	ms	(mm3)	(mm3)	(A)
250	0,25	0,1063	0,1437	---	1,4	25,4
250	0,5	0,1063	0,3937	---	1,5	27,4
250	1	0,1063	0,8937	2,8	2,7	27,4
250	1,5	0,1063	1,3937	12,7	3,9	27,4
250	2	0,1063	1,8937	18,1	4,7	27,4
500	0,25	0,1061	0,1439	---	4,4	28,3
500	0,5	0,1082	0,3918	---	5,8	28,3

CONTINÚA 

STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de Disparo	Tiempo de retención	Caudal de Inyección	Caudal Retorno	Corriente de Activación
500	1	0,1063	0,8937	11,3	7,9	27,4
500	1,5	0,1063	1,3937	28,8	10,4	27,4
500	2	0,1063	1,8937	38,2	10,6	27,4
750	0,25	0,1082	0,1418	---	8	27,4
750	0,5	0,1063	0,3937	---	9,4	27,4
750	1	0,1042	0,8958	17,5	13	27,4
750	1,5	0,1063	1,3937	42	15,6	27,4
750	2	0,1063	1,8937	70	18	27,4
990	0,25	0,1063	0,1437	---	11,3	27,4
990	0,5	0,1063	0,3937	---	13,9	27,4
990	1	0,1063	0,8937	22,8	17	27,4
990	1,5	0,1063	1,3937	55,6	21	27,4
990	2	0,1063	1,8937	72,3	27,8	26,4

En la tabla 25 están los datos obtenidos en la prueba del inyector DENSO "05S00047" a presión constante de 500bar, en donde el análisis es el siguiente: al variar el número de strock y al mismo momento variar el tiempo de inyección se verificó que estos son directamente proporcionales al tiempo de retención, al caudal de retorno y al caudal de inyección. En el tiempo de disparo se verificó que tiene una variación mínima, siendo el valor mínimo obtenido el de 0.1042ms y el valor máximo obtenido 0.1082ms.

Se verificó la corriente de activación del inyector, la cual tiene un rango de variación que va desde 25.4 amperios hasta 28.3 amperios logrando así un consumo promedio de corriente de 27.34 amperios.

Tabla 26.

Prueba del inyector DENSO "05S00047" a una presión constante de 500bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 2)

STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de Activación	Resistencia en la Bobina	Inductancia
	ms	(V)	(V)	(°)	(Ω)	(H)
250	0,25	20,4	2,5	0,53	0,6	296μH
250	0,5	20,4	6,5	1,06	0,6	296μH
250	1	20,4	5,8	2,12	0,6	296μH
250	1,5	20,4	5,5	3,18	0,6	296μH
250	2	20,4	5,4	4,24	0,6	296μH

CONTINÚA 

STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de Activación	Resistencia en la Bobina	Inductancia
500	0,25	20,4	2,3	0,53	0,6	296 μ H
500	0,5	20,4	6,5	1,06	0,6	296 μ H
500	1	20,4	5,9	2,12	0,6	296 μ H
500	1,5	20,4	5,7	3,18	0,6	296 μ H
500	2	20,4	5,6	4,24	0,6	296 μ H
750	0,25	20,4	2,5	0,53	0,6	296 μ H
750	0,5	20,4	6,3	1,06	0,6	296 μ H
750	1	20,4	5,9	2,12	0,6	296 μ H
750	1,5	20,4	5,8	3,18	0,6	296 μ H
750	2	20,4	5,6	4,24	0,6	296 μ H
990	0,25	20,4	2,5	0,53	0,6	296 μ H
990	0,5	20,4	6,4	1,06	0,6	296 μ H
990	1	20,4	5,6	2,12	0,6	296 μ H
990	1,5	20,4	5,5	3,18	0,6	296 μ H
990	2	20,4	5,5	4,24	0,6	296 μ H

La tabla 26 presenta la variación del número de strock y el tiempo de inyección para cada una de las pruebas donde los grados de activación son directamente proporcionales al tiempo de inyección, en estas pruebas hay ángulo máximo de 4.24^0 para el tiempo de inyección de 2ms y el ángulo mínimo de 0.53^0 para el tiempo de inyección de 0.25ms.

El consumo de voltaje en todas las pruebas realizadas arrojó un valor de 20.4v.

Se comprobó el estado de la bobina del inyector, con un valor resistivo de 0.6Ω y un valor de inductancia de 296 μ H, los mismos que son totalmente independientes de todos los parámetros variados en cada una de las pruebas que se realizó.

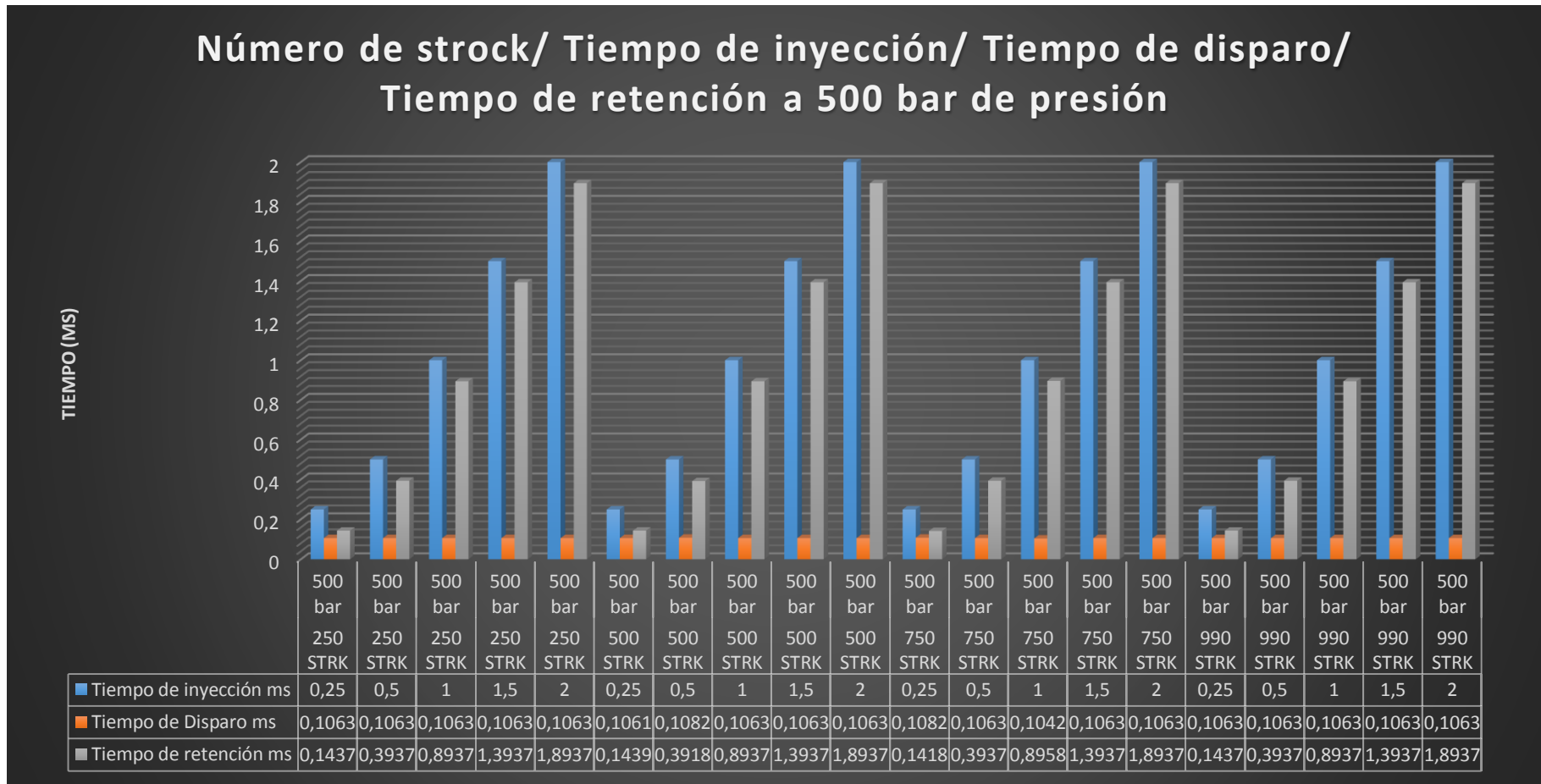


Figura 39. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "05S00047" a una presión constante de 500bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del tiempo de disparo y el tiempo de retención.

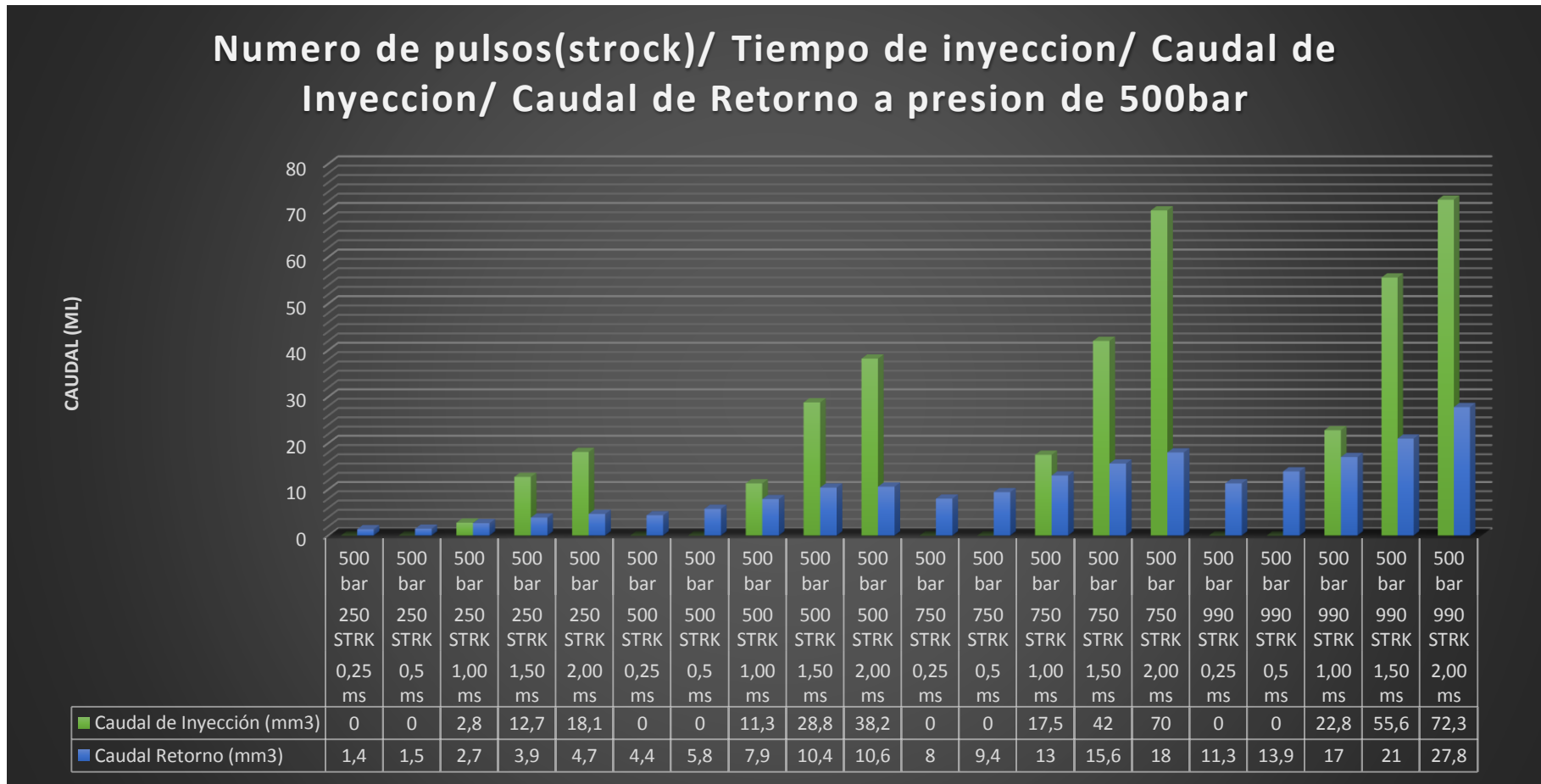


Figura 40. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "05S00047" a una presión constante de 500bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de inyección y el caudal de retorno.

En la figura 39 están los datos obtenidos del tiempo de disparo, en donde, no tiene una gran variación, encontrándose en un rango entre 0.1042ms y 0.1083ms dando un tiempo promedio de disparo de 0.10637ms, por otro lado se verificó que el tiempo de retención es inversamente proporcional al tiempo de disparo y directamente proporcional al tiempo de inyección, los tiempos detallados son totalmente independientes al número de pulsos (strock) puesto que no varían al aumentar el valor de este parámetro.

En la figura 40 se verificó que caudal de inyección y el caudal de retorno son directamente proporcionales al tiempo de inyección y al número de pulsos strock, se llegó a tener un caudal máximo de inyección de 72.3ml a 990 pulsos (strock) y un tiempo de inyección 2ms; el caudal mínimo de inyección apreciable en la gráfica es el de 2.8ml a 250 pulsos y un tiempo de inyección de 1ms.


Se observó el caudal mínimo de retorno apreciable que es de 1.4ml a 250 pulsos y 0.25ms de tiempo de inyección; el caudal máximo de retorno es de 27.8ml a 990 pulsos y un tiempo de inyección de 2.00.

4.6.5. Análisis de las pruebas a la presión 600bar.

Tabla 27.

Prueba del inyector DENSO "05S00047" a una presión constante de 600bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 1).

STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de Disparo	Tiempo de retención	Caudal de Inyección	Caudal Retorno	Corriente de Activación
	ms	ms	ms	(mm3)	(mm3)	(A)
250	0,25	0,1063	0,1437	---	2,2	28,2
250	0,5	0,1063	0,3937	---	2,7	28,2
250	1	0,1042	0,8958	5,2	4	28,4
250	1,5	0,1063	1,3937	13,7	4,6	28,8
250	2	0,1063	1,8937	20,9	5,3	28,7
500	0,25	0,1063	0,1437	---	6,5	28,3
500	0,5	0,1063	0,3937	---	7,5	28,3

CONTINÚA 

STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de Disparo	Tiempo de retención	Caudal de Inyección	Caudal Retorno	Corriente de Activación
500	1	0,1063	0,8937	14,4	10	28,3
500	1,5	0,1063	1,3937	35,6	13	28,3
500	2	0,1042	1,8958	40,4	13,4	28,3
750	0,25	0,1063	0,1437	---	11,4	28,3
750	0,5	0,1042	0,3958	0,5	13,5	28,3
750	1	0,1063	0,8937	26,7	16,5	28,3
750	1,5	0,1042	1,3958	44,2	16,4	28,3
750	2	0,1042	1,8958	66,1	21,6	28,3
990	0,25	0,1063	0,1437	---	15,9	28,3
990	0,5	0,1063	0,3937	1	17,5	28,3
990	1	0,1042	0,8958	37,2	22,8	29,3
990	1,5	0,1042	1,3958	54,1	22,5	27,4
990	2	0,1042	1,8958	76,4	27	26,4

En la tabla 27 están los datos obtenidos en la prueba del inyector DENSO "05S00047" a presión constante de 600bar, en donde el análisis es el siguiente: al variar el número de strock y al mismo momento variar el tiempo de inyección se verificó que estos son directamente proporcionales al tiempo de retención, al caudal de retorno y al caudal de inyección. En el tiempo de disparo se verificó que tiene una variación mínima, siendo el valor mínimo obtenido el de 0.1042ms y el valor máximo obtenido 0.1063ms.

Se verificó la corriente de activación del inyector, la cual tiene un rango de variación que va desde 26.4 amperios hasta 29.3 amperios logrando así un consumo promedio de corriente de 28.25 amperios.

Tabla 28.

Prueba del inyector DENSO "05S00047" a una presión constante de 600bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 2)

STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de Activación	Resistencia en la Bobina	Inductancia
	ms	(V)	(V)	(°)	(Ω)	(H)
250	0,25	20,4	2,6	0,53	0,6	296μH
250	0,5	20,4	6,3	1,06	0,6	296μH
250	1	20,4	5,7	2,12	0,6	296μH
250	1,5	20,4	5,6	3,18	0,6	296μH
250	2	20,5	5,5	4,24	0,6	296μH

CONTINÚA 

STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de Activación	Resistencia en la Bobina	Inductancia
500	0,25	20,5	2,6	0,53	0,6	296 μ H
500	0,5	20,5	6,5	1,06	0,6	296 μ H
500	1	20,5	5,9	2,12	0,6	296 μ H
500	1,5	20,6	5,7	3,18	0,6	296 μ H
500	2	20,6	5,5	4,24	0,6	296 μ H
750	0,25	20,6	2,6	0,53	0,6	296 μ H
750	0,5	20,6	6,4	1,06	0,6	296 μ H
750	1	20,6	5,9	2,12	0,6	296 μ H
750	1,5	20,6	5,6	3,18	0,6	296 μ H
750	2	20,6	5,5	4,24	0,6	296 μ H
990	0,25	20,6	2,6	0,53	0,6	296 μ H
990	0,5	20,6	6,4	1,06	0,6	296 μ H
990	1	20,6	5,8	2,12	0,6	296 μ H
990	1,5	20,8	5,7	3,18	0,6	296 μ H
990	2	20,7	5,6	4,24	0,6	296 μ H

La tabla 28 presenta la variación del número de strock y el tiempo de inyección para cada una de las pruebas donde los grados de activación son directamente proporcionales al tiempo de inyección, en estas pruebas hay ángulo máximo de 4.24⁰ para el tiempo de inyección de 2ms y el ángulo mínimo de 0.53⁰ para el tiempo de inyección de 0.25ms.

El voltaje de activación tiene una variación de 20.4v a 20.8v, al sacar la media de los mismos se obtuvo un consumo promedio de 20.55v.

Se comprobó el estado de la bobina del inyector, con un valor resistivo de 0.6 Ω y un valor de inductancia de 296 μ H, los mismos que son totalmente independientes de todos los parámetros variados en cada una de las pruebas que se realizó.

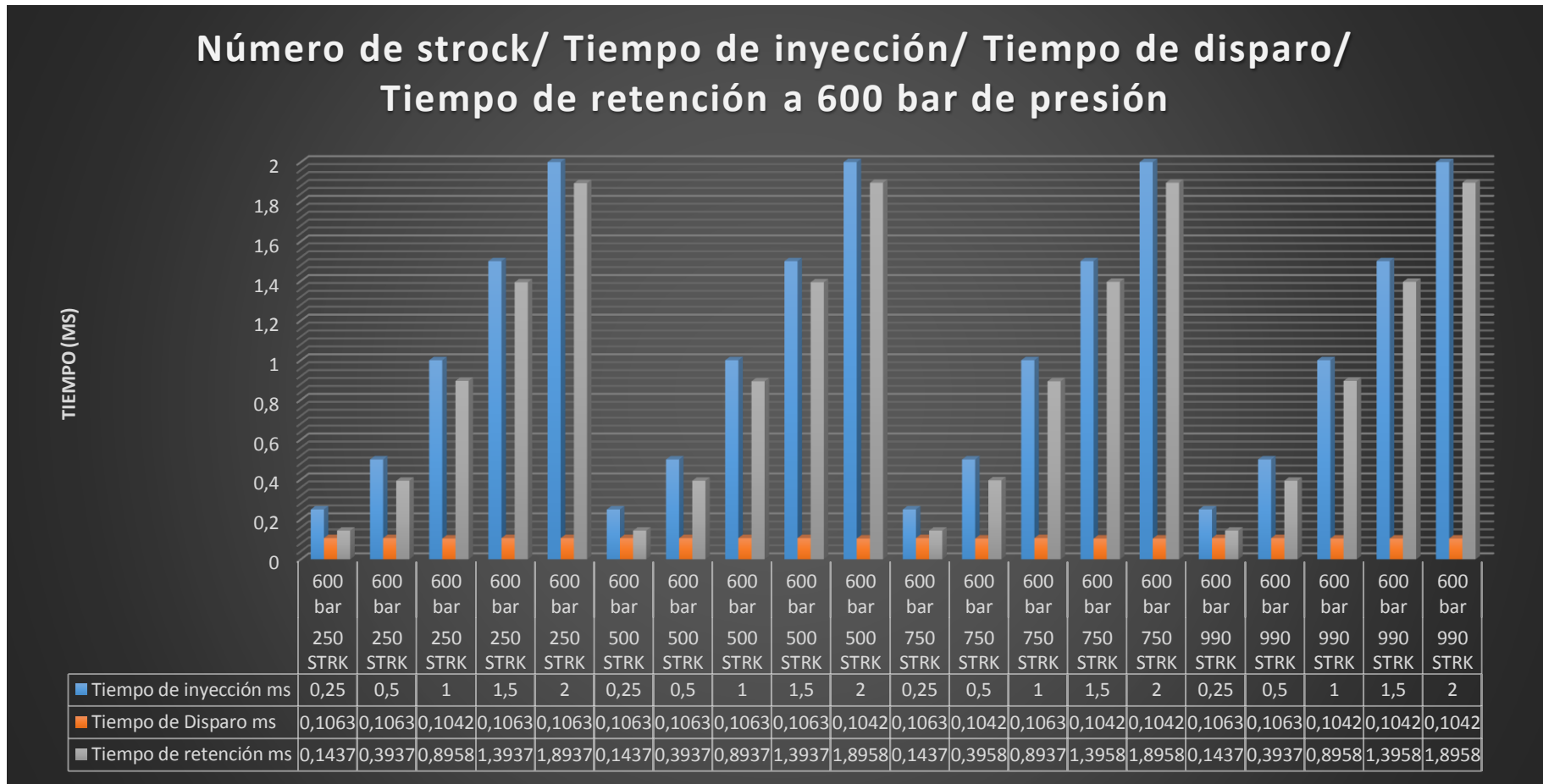


Figura 41. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "05S00047" a una presión constante de 600bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del tiempo de disparo y el tiempo de retención.

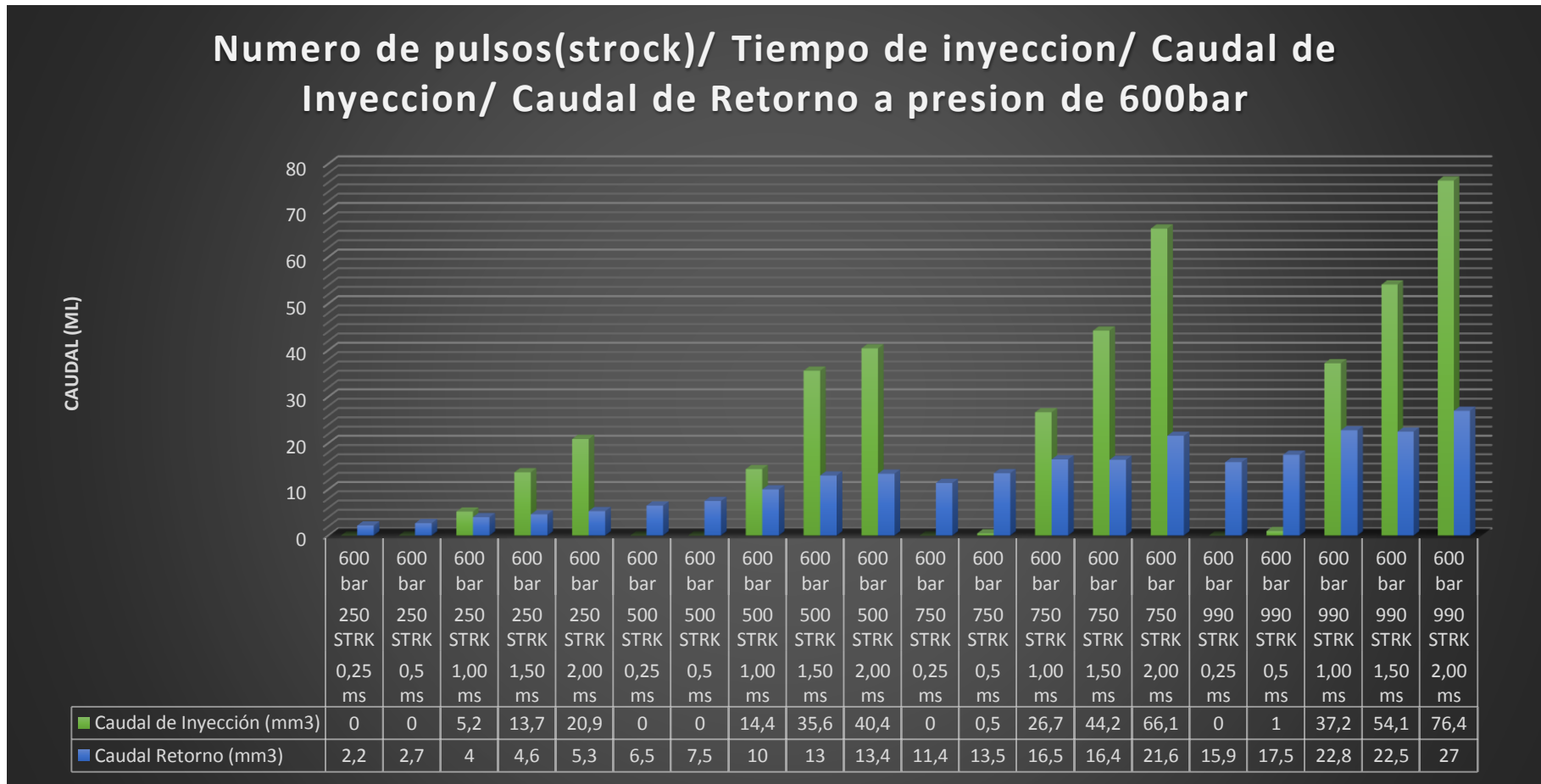


Figura 42. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "05S00047" a una presión constante de 600bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de Inyección y caudal de retorno.

En la figura 41 están los datos obtenidos del tiempo de disparo, en donde, no tiene una gran variación, encontrándose en un rango entre 0.1042ms y 0.1063ms dando un tiempo promedio de disparo de 0.10546ms, por otro lado se verificó que el tiempo de retención es inversamente proporcional al tiempo de disparo y directamente proporcional al tiempo de inyección, los tiempos detallados son totalmente independientes al número de pulsos (strock) puesto que no varían al aumentar el valor de este parámetro.

En la figura 42 se verificó que caudal de inyección y el caudal de retorno son directamente proporcionales al tiempo de inyección y al número de pulsos strock, se llegó a tener un caudal máximo de inyección de 76.4ml a 990 pulsos (strock) y un tiempo de inyección 2ms; el caudal mínimo de inyección apreciable en la gráfica es el de 5.2ml a 250 pulsos y un tiempo de inyección de 1ms.


Se observó el caudal mínimo de retorno apreciable que es de 2.2ml a 250 pulsos y 0.25ms de tiempo de inyección; el caudal máximo de retorno es de 27.0ml a 990 pulsos y un tiempo de inyección de 2.00.

4.6.6. Análisis de las pruebas a la presión 700bar.

Tabla 29.

Prueba del inyector DENSO "05S00047" a una presión constante de 700bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 1).

STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de Disparo	Tiempo de retención	Caudal de Inyección	Caudal Retorno	Corriente de Activación
	ms	ms	ms	(mm3)	(mm3)	(A)
250	0,25	0,1063	0,1437	---	3,9	28,3
250	0,5	0,1063	0,3937	---	4	28,3
250	1	0,1063	0,8937	9,9	5,8	27,4
250	1,5	0,1064	1,3936	18,3	6,9	27,4
250	2	0,1062	1,8938	27,9	9	27,4
500	0,25	0,1063	0,1437	---	9,3	27,4
500	0,5	0,1063	0,3937	---	10,4	27,4

CONTINÚA 

STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de Disparo	Tiempo de retención	Caudal de Inyección	Caudal Retorno	Corriente de Activación
500	1	0,1062	0,8938	21,5	13	26,4
500	1,5	0,1064	1,3936	32	13,4	26,4
500	2	0,1063	1,8937	42	15,2	26,4
750	0,25	0,1063	0,1437	---	15,1	26,4
750	0,5	0,1064	0,3936	1	16,2	25,4
750	1	0,1062	0,8938	31,5	20,3	26,4
750	1,5	0,1064	1,3936	59,8	23,6	25,4
750	2	0,1063	1,8937	70,7	24,3	26,4
990	0,25	0,1062	0,1438	---	20,8	27,4
990	0,5	0,1063	0,3937	3	22,5	26,4
990	1	0,1063	0,8937	40	27,9	26,4
990	1,5	0,1063	1,3937	68,6	28,3	26,4
990	2	0,1064	1,8936	87	31,6	26,4

En la tabla 29 están los datos obtenidos en la prueba del inyector DENSO "05S00047" a presión constante de 700bar, en donde el análisis es el siguiente: al variar el número de strock y al mismo momento variar el tiempo de inyección se verificó que estos son directamente proporcionales al tiempo de retención, al caudal de retorno y al caudal de inyección. En. el tiempo de disparo se verificó que tiene una variación mínima, siendo el valor mínimo obtenido el de 0.1062ms y el valor máximo obtenido 0.1064ms.

Se verificó la corriente de activación del inyector, la cual tiene un rango de variación que va desde 25.4 amperios hasta 28.3 amperios logrando así un consumo promedio de corriente de 26.79 amperios.

Tabla 30.

Prueba del inyector DENSO "05S00047" a una presión constante de 700bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 2).

STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de Activación	Resistencia en la Bobina	Inductancia
	ms	(V)	(V)	(°)	(Ω)	(H)
250	0,25	20,6	2,7	0,53	0,6	296μH
250	0,5	20,6	6,5	1,06	0,6	296μH
250	1	20,6	5,9	2,12	0,6	296μH
250	1,5	20,5	5,7	3,18	0,6	296μH
250	2	20,5	5,6	4,24	0,6	296μH

CONTINÚA 

STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de Activación	Resistencia en la Bobina	Inductancia
500	0,25	20,5	2,7	0,53	0,6	296 μ H
500	0,5	20,5	6,5	1,06	0,6	296 μ H
500	1	20,5	5,8	2,12	0,6	296 μ H
500	1,5	20,5	5,6	3,18	0,6	296 μ H
500	2	20,5	5,6	4,24	0,6	296 μ H
750	0,25	20,5	2,6	0,53	0,6	296 μ H
750	0,5	20,5	6,5	1,06	0,6	296 μ H
750	1	20,5	5,8	2,12	0,6	296 μ H
750	1,5	20,5	5,9	3,18	0,6	296 μ H
750	2	20,5	5,4	4,24	0,6	296 μ H
990	0,25	20,5	2,6	0,53	0,6	296 μ H
990	0,5	20,5	6,6	1,06	0,6	296 μ H
990	1	20,5	5,9	2,12	0,6	296 μ H
990	1,5	20,5	5,8	3,18	0,6	296 μ H
990	2	20,5	5,7	4,24	0,6	296 μ H

La tabla 30 presenta la variación del número de strock y el tiempo de inyección para cada una de las pruebas donde los grados de activación son directamente proporcionales al tiempo de inyección, en estas pruebas hay ángulo máximo de 4.24⁰ para el tiempo de inyección de 2ms y el ángulo mínimo de 0.53⁰ para el tiempo de inyección de 0.25ms.

El voltaje de activación tiene una variación de 20.5v a 20.6v, al sacar la media de los mismos se obtuvo un consumo promedio de 20.52v.

Se comprobó el estado de la bobina del inyector, con un valor resistivo de 0.6 Ω y un valor de inductancia de 296 μ H, los mismos que son totalmente independientes de todos los parámetros variados en cada una de las pruebas que se realizó.

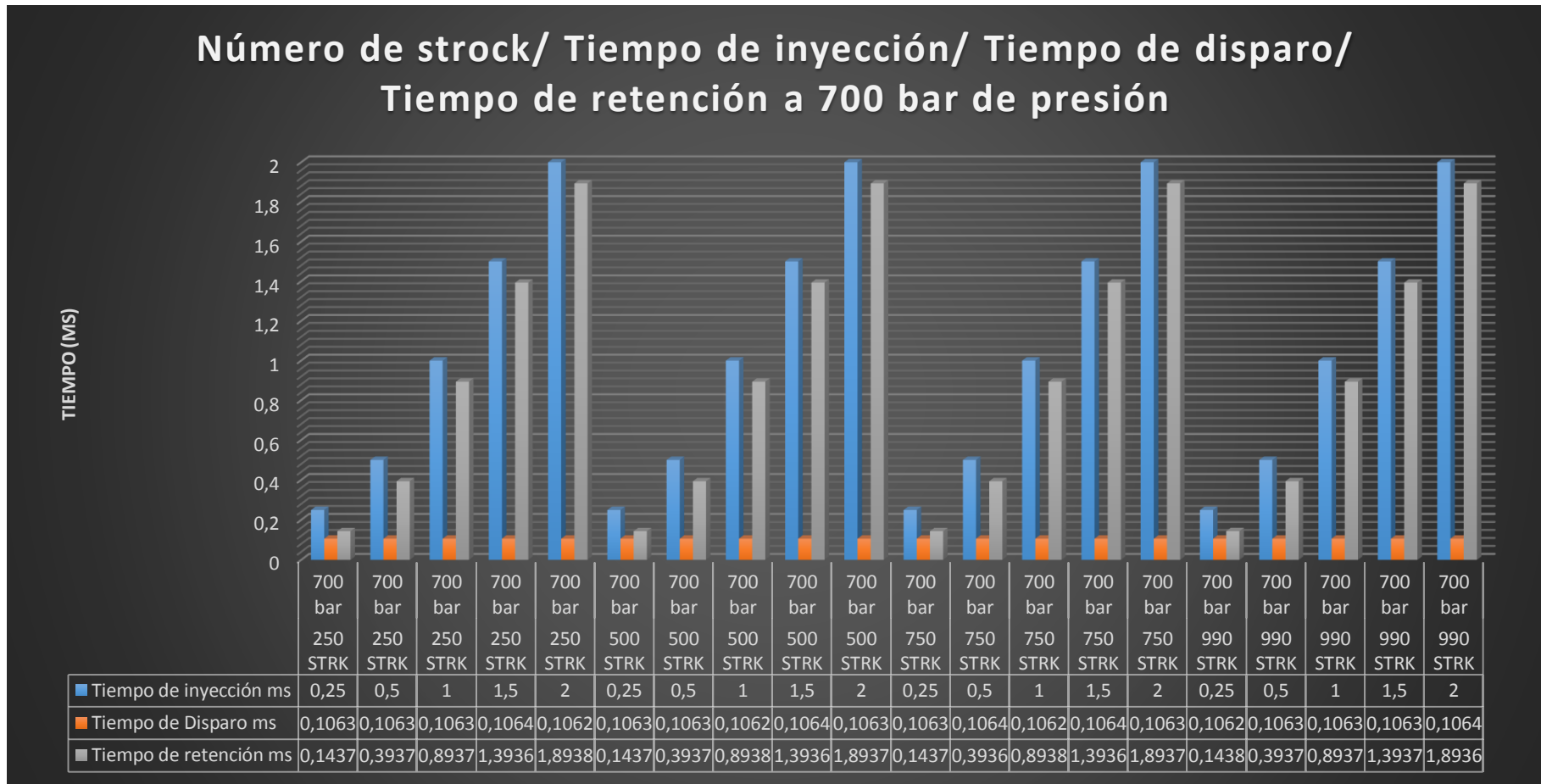


Figura 43. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "05S00047" a una presión constante de 700bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del tiempo de disparo y tiempo de retención.

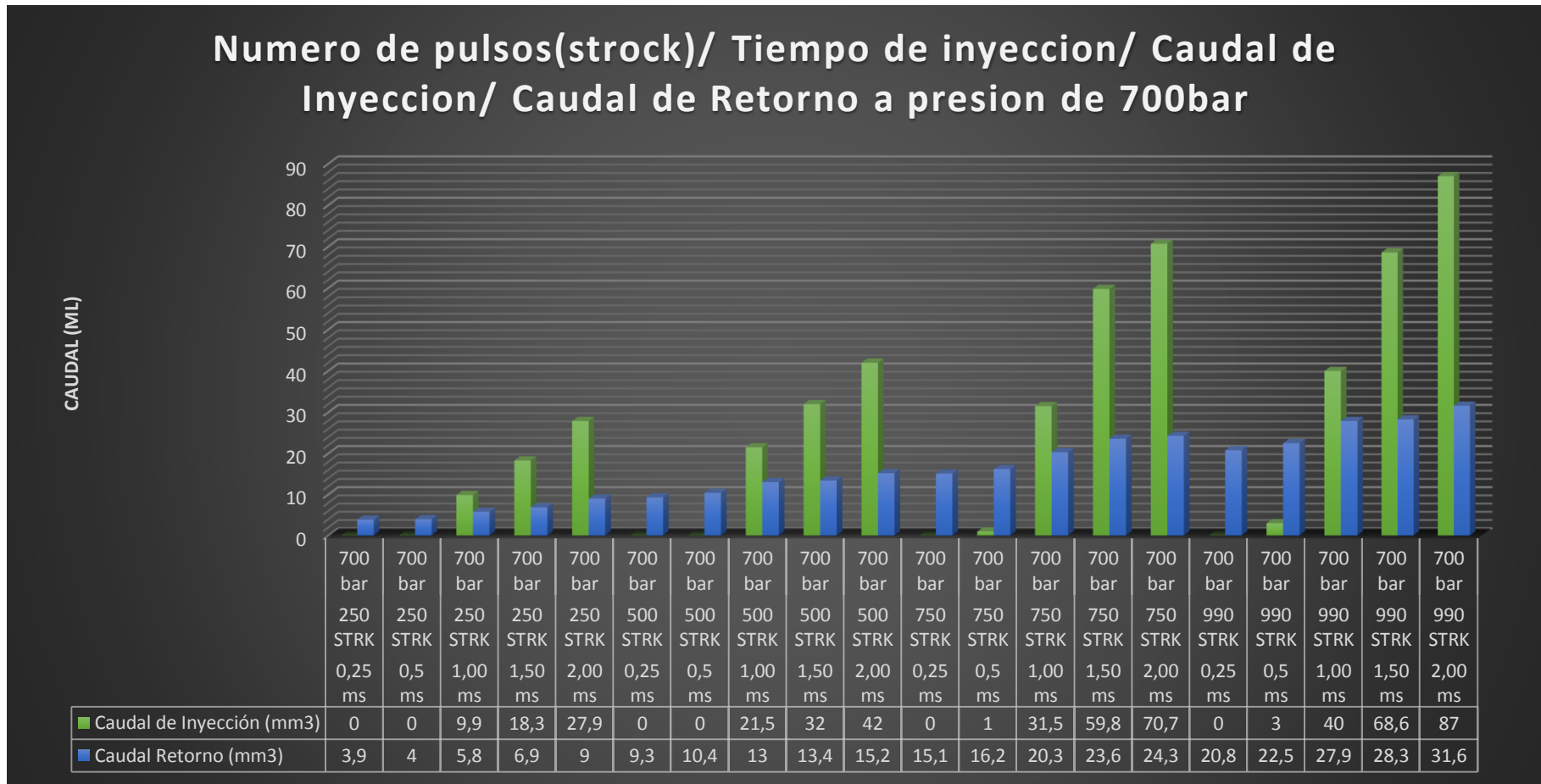


Figura 44. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "05S00047" a una presión constante de 700bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de Inyección y caudal de retorno.

En la figura 43 están los datos obtenidos del tiempo de disparo, en donde, no tiene una gran variación, encontrándose en un rango entre 0.1062ms y 0.1064ms dando un tiempo promedio de disparo de 0.10631ms, por otro lado se verificó que el tiempo de retención es inversamente proporcional al tiempo de disparo y directamente proporcional al tiempo de inyección, los tiempos detallados son totalmente independientes al número de pulsos (strocks) puesto que no varían al aumentar el valor de este parámetro.

En la figura 44 se verificó que caudal de inyección y el caudal de retorno son directamente proporcionales al tiempo de inyección y al número de pulsos strock, se llegó a tener un caudal máximo de inyección de 87.0ml a 990 pulsos (strocks) y un tiempo de inyección 2ms; el caudal mínimo de inyección apreciable en la gráfica es el de 9.9ml a 250 pulsos y un tiempo de inyección de 1ms.

Se observó el caudal mínimo de retorno apreciable que es de 3.9ml a 250 pulsos y 0.25ms de tiempo de inyección; el caudal máximo de retorno es de 31.6ml a 990 pulsos y un tiempo de inyección de 2.00.

4.6.7. Análisis y comparación de los caudales de inyección y retorno del inyector "05S00047" CRDI Denso a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión.

Tabla 31.

Análisis y comparación de los caudales de inyección del inyector "05S00047" DENSO a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión.

Tiempo de inyección	STRK	Caudal de Inyección a Presión (300bar) (mm3)	Caudal de Inyección a Presión (400bar) (mm3)	Caudal de Inyección a Presión (500bar) (mm3)	Caudal de Inyección a Presión (600bar) (mm3)	Caudal de Inyección a Presión (700bar) (mm3)
ms						
0,25	250	---	---	---	---	---
0,5	250	---	---	---	---	---
1	250	---	---	2,8	5,2	9,9
1,5	250	3,8	8,6	12,7	13,7	18,3
2	250	12	15	18,1	20,9	27,9
0,25	500	---	---	---	---	---

CONTINÚA 

Tiempo de inyección	STRK	Caudal de Inyección a Presión (300bar)	Caudal de Inyección a Presión (400bar)	Caudal de Inyección a Presión (500bar)	Caudal de Inyección a Presión (600bar)	Caudal de Inyección a Presión (700bar)
0,5	500	---	---	---	---	---
1	500	0,7	7	11,3	14,4	21,5
1,5	500	12	21	28,8	35,6	32
2	500	27,9	42,6	38,2	40,4	42
0,25	750	---	---	---	---	---
0,5	750	---	---	---	0,5	1
1	750	4	10	17,5	26,7	31,5
1,5	750	25,7	34,6	42	44,2	59,8
2	750	36,2	54	70	66,1	70,7
0,25	990	---	---	---	---	---
0,5	990	---	---	---	1	3
1	990	5,8	13,8	22,8	37,2	40
1,5	990	28,1	44	55,6	54,1	68,6
2	990	52,5	66	72,3	76,4	87

En la tabla 31 están las variaciones del número de pulsos strock y el tiempo de inyección para las presiones a las que se realizó las pruebas; el caudal de inyección es directamente proporcional al número de strock, al tiempo de inyección y a la presión respectiva, por ello se determinó que el caudal máximo de inyección es 87 ml al máximo número de pulsos 990, máximo tiempo de inyección 2ms y máxima presión 700bar.

Se verificó que en todas las presiones y pulsos (strock) analizados en el tiempo de inyección 0.25ms no puede ser apreciado debido a ingresa muy poco nivel de fluido el mismo que es pulverizado en su totalidad.



Figura 45. Análisis de los caudales de inyección con la variación de pulsos y el tiempo de inyección a presiones (300, 400, 500, 600, 700) bar, según los datos de la tabla 37.

Tabla 32.

Análisis y comparación de los caudales de retorno del inyector**"05S00047" DENSO a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión.**

Tiempo de inyección	STRK	Caudal de Retorno a Presión (300bar)	Caudal de Retorno a Presión (400bar)	Caudal de Retorno a Presión (500bar)	Caudal de Retorno a Presión (600bar)	Caudal de Retorno a Presión (700bar)
ms		(mm3)	(mm3)	(mm3)	(mm3)	(mm3)
0,25	250	---	0,1	1,4	2,2	3,9
0,5	250	---	0,3	1,5	2,7	4
1	250	0,2	1,2	2,7	4	5,8
1,5	250	1,6	2,4	3,9	4,6	6,9
2	250	2,2	3,5	4,7	5,3	9
0,25	500	1,3	3,7	4,4	6,5	9,3
0,5	500	1,6	4,1	5,8	7,5	10,4
1	500	3,4	5,7	7,9	10	13
1,5	500	5,5	7,8	10,4	13	13,4
2	500	9,9	10	10,6	13,4	15,2
0,25	750	3	5,7	8	11,4	15,1
0,5	750	4,4	6,6	9,4	13,5	16,2
1	750	6,8	9,1	13	16,5	20,3
1,5	750	10,7	12,6	15,6	16,4	23,6
2	750	12,2	16	18	21,6	24,3
0,25	990	5	7,9	11,3	15,9	20,8
0,5	990	6,6	9,7	13,9	17,5	22,5
1	990	9,5	13	17	22,8	27,9
1,5	990	13,3	16	21	22,5	28,3
2	990	17,6	18	27,8	27	31,6

En la tabla 32 están las variaciones del número de pulsos strock y el tiempo de inyección para las presiones a las que se realizó las pruebas; el caudal de inyección es directamente proporcional al número de strock, al tiempo de inyección y a la presión respectiva, por ello se determinó que el caudal máximo de retorno es 31.6 ml que se lo obtuvo al máximo número de pulsos 990 strock, máximo tiempo de inyección 2ms y máxima presión 700bar.

Se verificó que en la presión de 300 bar, 250 pulsos (strock) y tiempos de inyección de 0.25 ms y 0.50 ms el fluido de retorno no puede ser apreciado debido a que ingresa muy poco volumen de fluido el mismo que es pulverizado en su totalidad.

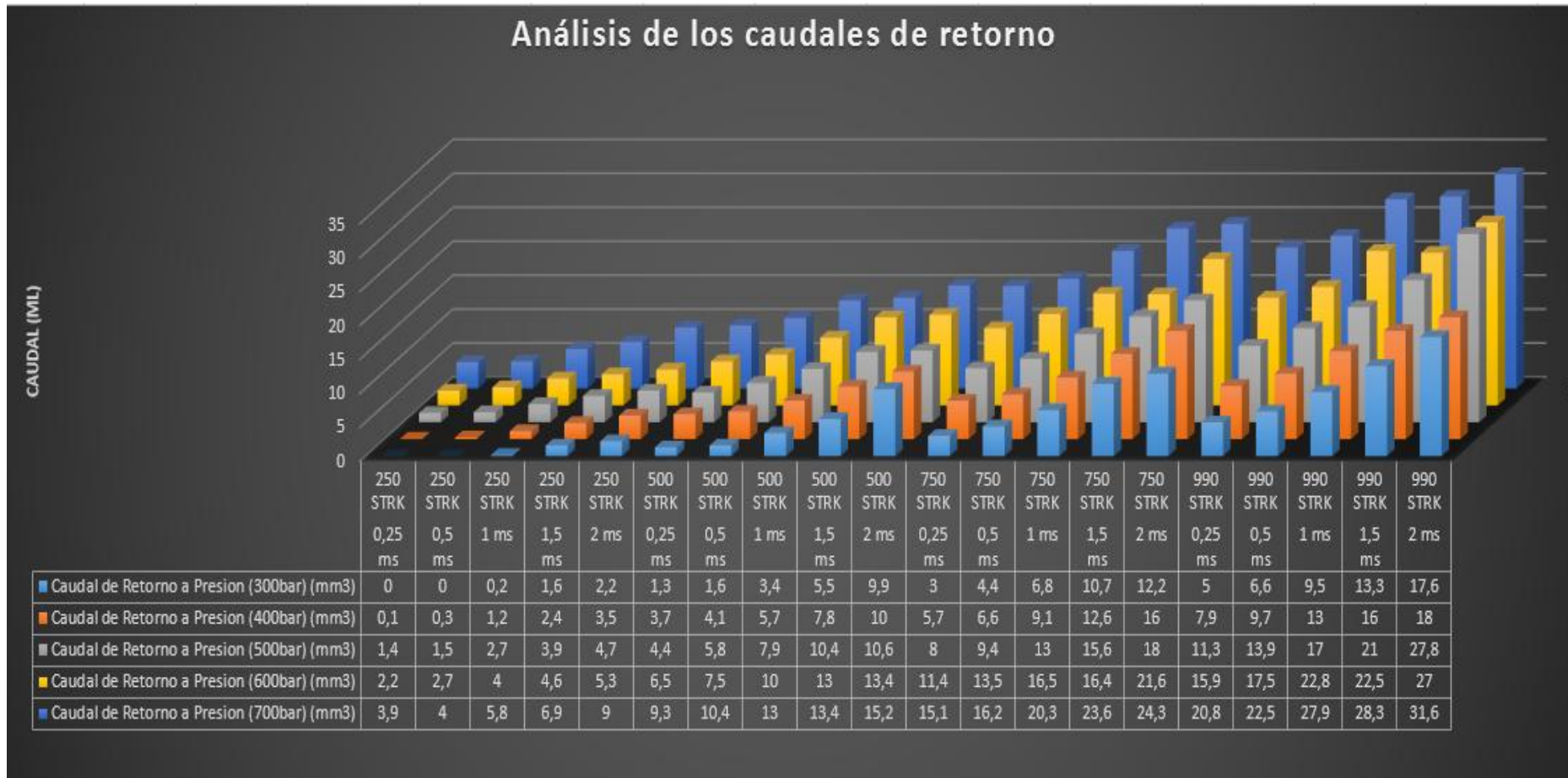


Figura 46. Análisis de los caudales de retorno con la variación de pulsos y el tiempo de inyección a presiones (300, 400, 500, 600, 700) bar, según los datos de la tabla 38.

4.6.8. Oscilograma de voltaje y corriente del inyector “05S00047”.

El siguiente oscilograma detalla cada uno de los elementos que conforman un oscilograma de voltaje y como van variando dependiendo cada una de las condiciones de la prueba a la que son sometidos los inyectores:

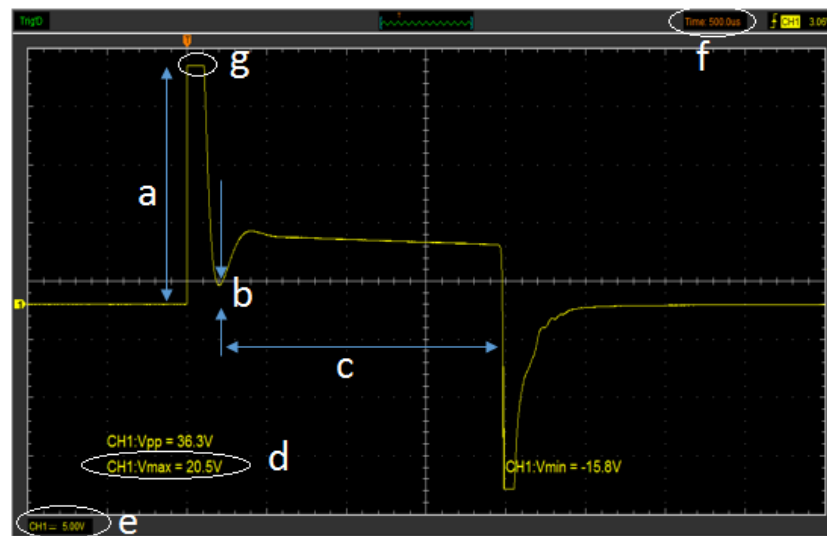


Figura 47. Elementos del oscilograma de voltaje del inyector Denso CRDI “05S00047”

En la figura 47 esta cada uno de los elementos que conforman el oscilograma de voltaje:

- Es la distancia vertical que representa el voltaje de activación cuyas unidades son los voltios.
- Es la distancia vertical que representa el voltaje de retención sus unidades son los voltios
- Es la distancia que representa el tiempo de retención, y esta ira aumentando o disminuyendo dependiendo el tiempo de inyección.
- Representa el voltaje de activación, sus unidades son los voltios y se lo obtiene mediante la opción measure.
- Calibración que se puede realizar en el osciloscopio en el eje “Y”, donde se ve representado los voltios.

- f) Calibración que se puede realizar en el osciloscopio en el eje "X", donde se ve representado el tiempo.
- g) Representa el tiempo de disparo en ms.

A continuación se detalla cada uno de los elementos que forman parte del oscilograma de corriente, el cual inicia y culmina en el mismo instante que lo hace el oscilograma de voltaje.

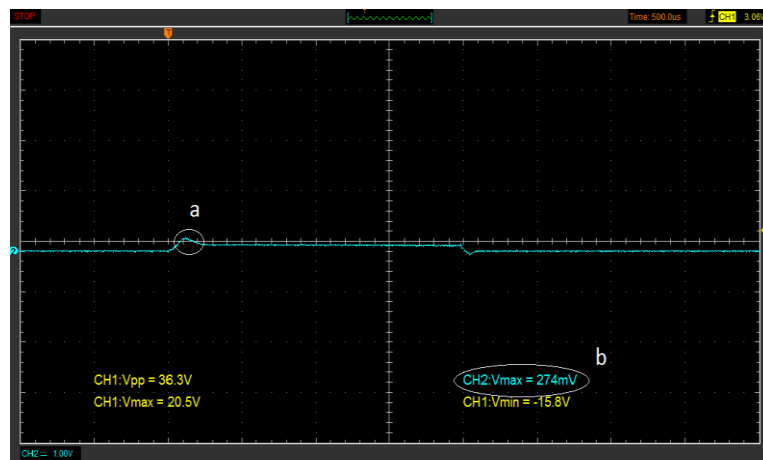


Figura 48. Elementos del oscilograma de corriente del inyector Denso CRDI "05S00047"

En la figura 48 esta cada uno de los elementos que conforman el oscilograma de corriente son los siguientes:

- a) El tiempo de disparo del inyector en la gráfica de corriente.
- b) Representa el amperaje de activación del inyector, esta opción se la puede obtener mediante measure. Cabe resaltar que en la obtención de este valor se debe realizar una conversión donde existe la siguiente equivalencia 10mv es igual a 1 amperio.

A continuación se presentaran oscilogramas de voltaje y corriente por separados, posterior el de corriente y voltaje unidos para ver la similitud que tienen entre los dos. Cabe mencionar que para todas las pruebas realizadas son graficas que comparten similitud en todas sus formas, lo que permite

establecer un solo modelo. El parámetro que se va a diferenciar en cada modelo de grafica es el tiempo de retención del inyector el mismo que va a variar dependiendo el tiempo de inyección que se establece en cada prueba.

De aquí en adelante el oscilograma que se analizó representan a una presión constante de 300bar, los strock son totalmente independientes; en el oscilograma lo que si se va a variar es el tiempo de inyección:

- **Oscilograma de voltaje y corriente, para un tiempo de inyección de 0.25ms del inyector Denso “05S00047”**

El siguiente oscilograma se obtuvo variando los pulsos de inyección de 0.25ms, a una presión de 300bar y número de pulsos strock totalmente independientes. El osciloscopio se trabajó con determinadas escalas: 500us para el eje de las abscisas y 5v para el eje de las ordenadas.

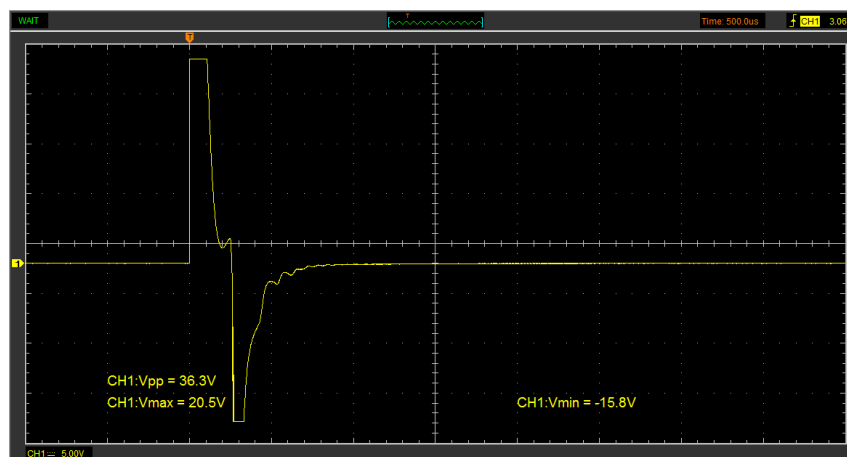


Figura 49. Oscilograma de voltaje, con el tiempo de inyección de 0.25ms

En la figura 49 esta una curva amarilla la cual representa el voltaje de activación del inyector con un valor de 20.5v; se apreciar mediante la tabla 29 los siguientes parámetros: tiempo de inyección 0.25ms, tiempo de retención 0.1439ms y el tiempo de disparo 0.1061ms. Cabe recalcar que el voltaje de activación no vario cuando se modificó el número de strock o presión.

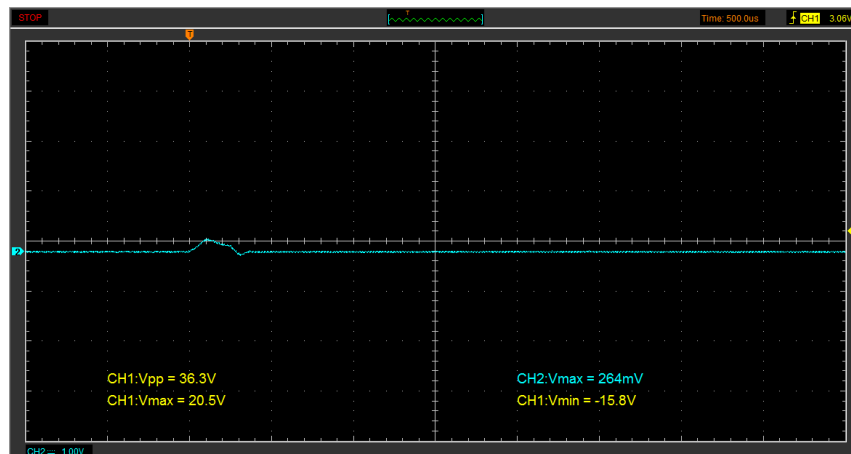


Figura 50. Oscilograma de corriente, con el tiempo de inyección de 0.25ms

En la figura 50, esta una curva de color celeste la que me representa la corriente necesaria para activar el inyector a 26.4A la misma que se mantiene durante el tiempo de disparo. Cabe recalcar que el amperaje de activación no varió cuando se modificó el número de strock o presión, para obtener el valor de amperaje se debe tener en cuenta la escala de la pinza amperimétrica que dice 10mv es 1 amperio.

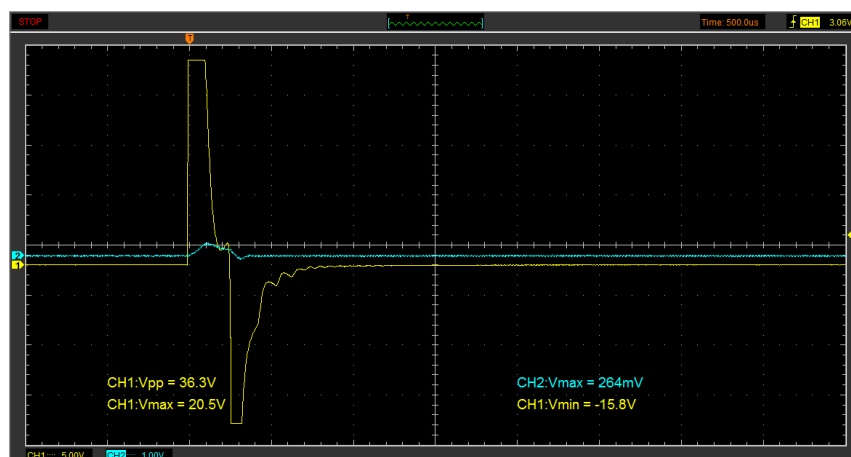


Figura 51. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneos con el tiempo de inyección de 0.25ms

En la figura 51, está la activación simultánea de la señal de voltaje y corriente, la presente gráfica permite analizar que el valor máximo de

activación del inyector se mantiene abierto al igual que el pico de corriente, para luego descender hasta la zona donde empieza el tiempo de retención, se observa que ambas curvas terminan su ciclo al mismo tiempo.

- **Oscilograma de voltaje y corriente, para un tiempo de inyección de 0.5ms del inyector Denso “05S00047”**

El siguiente oscilograma se obtuvo variando los pulsos de inyección de 0.5ms, a una presión de 300bar y número de pulsos strock totalmente independientes. El osciloscopio se trabajó con determinadas escalas: 500us para el eje de las abscisas y 5v para el eje de las ordenadas.

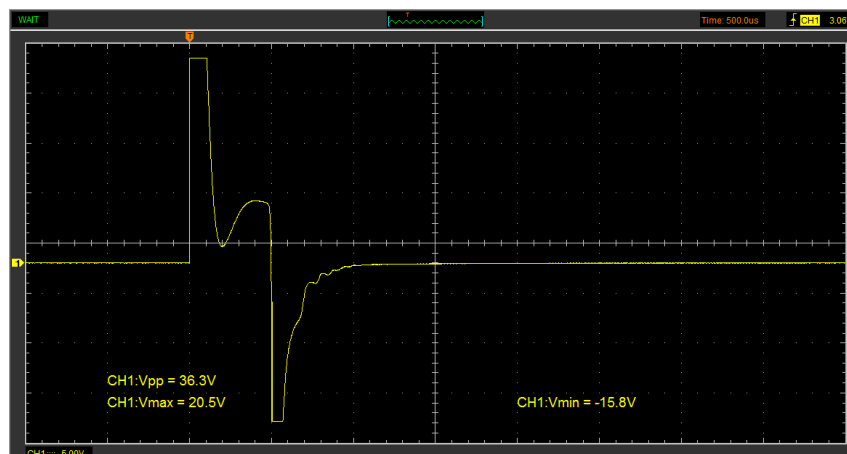


Figura 52. Oscilograma de voltaje, con el tiempo de inyección de 0.5ms

En la figura 52 esta una curva amarilla la cual representa el voltaje de activación del inyector con un valor de 20.5v; se aprecia mediante la tabla 29 los siguientes parámetros: tiempo de inyección 0.5ms, tiempo de retención 0.3939ms y el tiempo de disparo 0.1061ms. Cabe recalcar que el voltaje de activación no varío cuando se modificó el número de strock o presión.

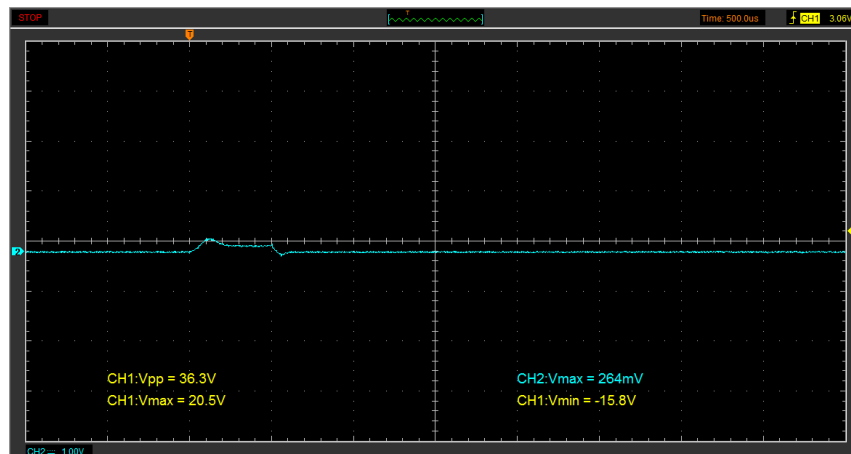


Figura 53. Oscilograma de corriente, con el tiempo de inyección de 0.5ms

En la figura 53, esta una curva de color celeste la que me representa la corriente necesaria para activar el inyector a 26.4A la misma que se mantiene durante el tiempo de disparo. Cabe recalcar que el amperaje de activación no vario cuando se modificó el número de strock o presión, para obtener el valor de amperaje se debe tener en cuenta la escala de la pinza amperimétrica que dice 10mv es 1 amperio.

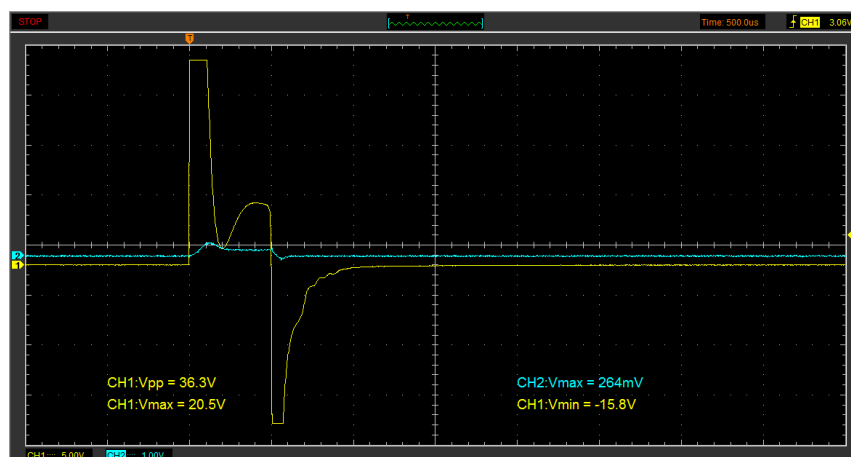


Figura 54. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneos con el tiempo de inyección de 0.5ms

En la figura 54, está la activación simultánea de la señal de voltaje y corriente, la presente gráfica permite analizar que el valor máximo de

activación del inyector se mantiene abierto al igual que el pico de corriente, para luego descender hasta la zona donde empieza el tiempo de retención, se observa que ambas curvas terminan su ciclo al mismo tiempo.

- **Oscilograma de voltaje y corriente, para un tiempo de inyección de 1.0ms del inyector Denso “05S00047”**

El siguiente oscilograma se obtuvo variando los pulsos de inyección de 1.0ms, a una presión de 300bar y número de pulsos strock totalmente independientes. El osciloscopio se trabajó con determinadas escalas: 500us para el eje de las abscisas y 5v para el eje de las ordenadas.

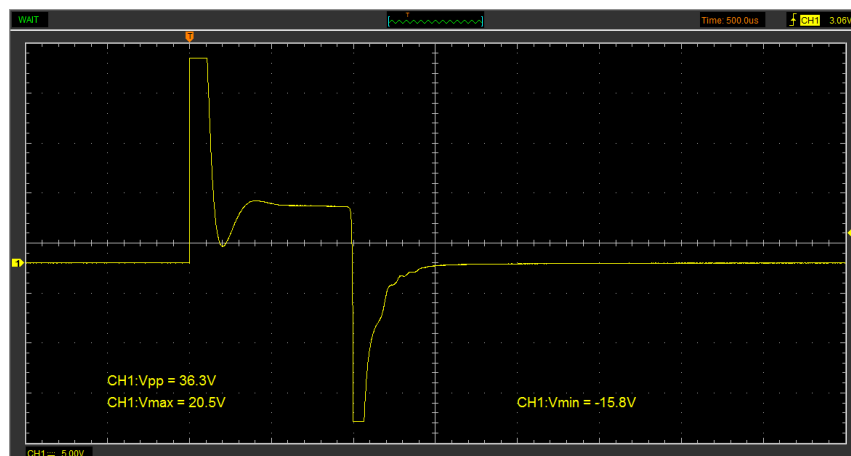


Figura 55. Oscilograma de voltaje, con el tiempo de inyección de 1.0ms

En la figura 55 esta una curva amarilla la cual representa el voltaje de activación del inyector con un valor de 20.5v; se apreciar mediante la tabla 29 los siguientes parámetros: tiempo de inyección 1.0ms, tiempo de retención 0.8939ms y el tiempo de disparo 0.1061ms. Cabe recalcar que el voltaje de activación no vario cuando se modificó el número de strock o presión.

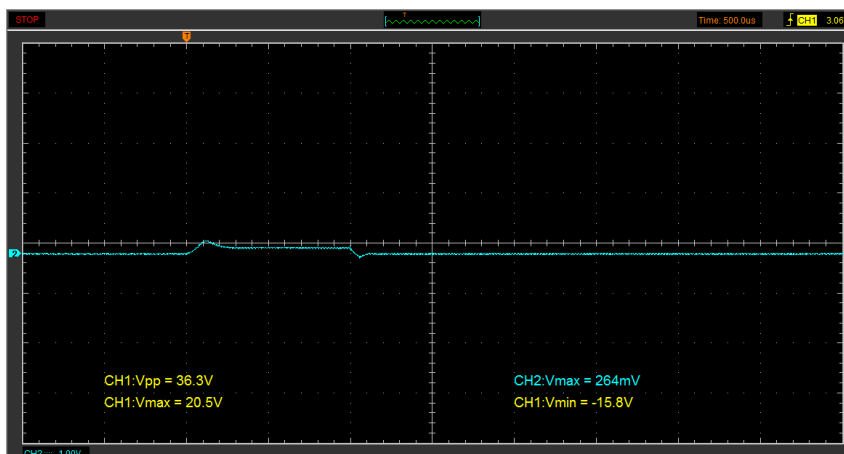


Figura 56. Oscilograma de corriente, con el tiempo de inyección de 1.0ms

En la figura 56, esta una curva de color celeste la que representa la corriente necesaria para activar el inyector a 26.4A la misma que se mantiene durante el tiempo de disparo. Cabe recalcar que el amperaje de activación no vario cuando se modificó el número de strock o presión, para obtener el valor de amperaje se debe tener en cuenta la escala de la pinza amperimétrica que es 10mv es 1 amperio.

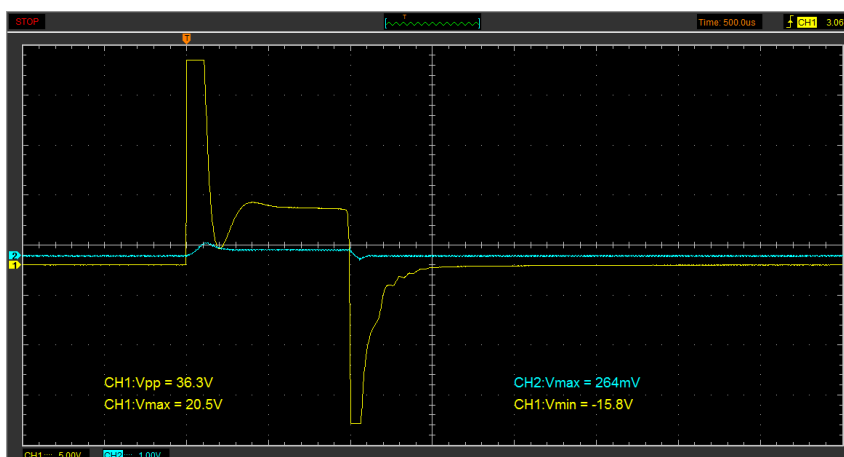


Figura 57. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneos con el tiempo de inyección de 1.0ms

En la figura 57, está la activación simultánea de la señal de voltaje y corriente, esta gráfica permite analizar que el valor máximo de activación del

inyector se mantiene abierto al igual que el pico de corriente, para luego descender hasta la zona donde empieza el tiempo de retención, se observa que ambas curvas terminan su ciclo al mismo tiempo.

- **D. Oscilograma de voltaje y corriente, para un tiempo de inyección de 1.5ms del inyector Denso “05S00047”**

El siguiente oscilograma se obtuvo variando los pulsos de inyección de 1.5ms, a una presión de 300bar y número de pulsos strock totalmente independientes. El osciloscopio se trabajó con determinadas escalas: 500us para el eje de las abscisas y 5v para el eje de las ordenadas.

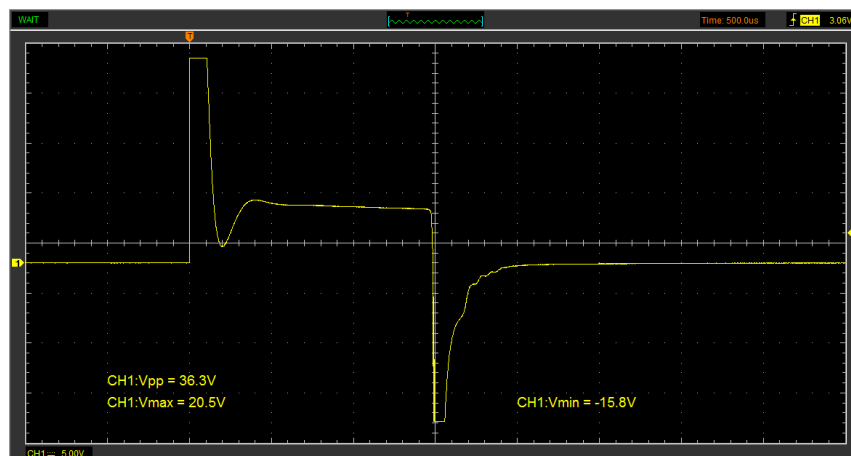


Figura 58. Oscilograma de voltaje, con el tiempo de inyección de 1.5ms

En la figura 58 esta una curva amarilla la cual representa el voltaje de activación del inyector con un valor de 20.5v; se aprecia mediante la tabla 29 los siguientes parámetros: tiempo de inyección 1.5ms, tiempo de retención 1.3939ms y el tiempo de disparo 0.1061ms. Cabe recalcar que el voltaje de activación no varío cuando se modificó el número de strock o presión.

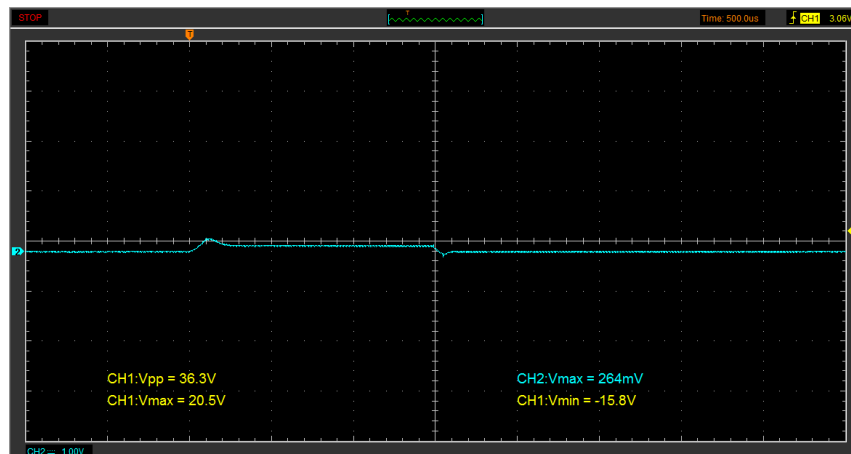


Figura 59. Oscilograma de corriente, con el tiempo de inyección de 1.5ms

En la figura 59, esta una curva de color celeste la que me representa la corriente necesaria para activar el inyector a 26.4A la misma que se mantiene durante el tiempo de disparo. Cabe recalcar que el amperaje de activación no vario cuando se modificó el número de strock o presión, para obtener el valor de amperaje se debe tener en cuenta la escala de la pinza amperimétrica que es 10mv es 1 amperio.

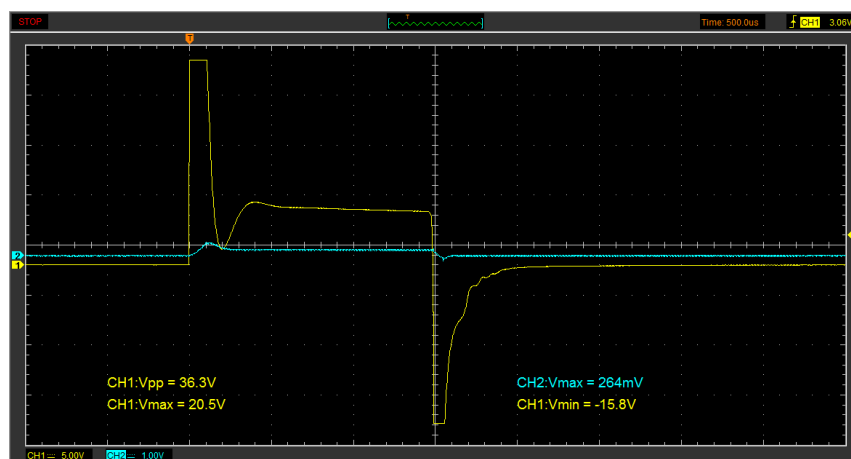


Figura 60. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneos con el tiempo de inyección de 1.5ms

En la figura 60, está la activación simultánea de la señal de voltaje y corriente, esta gráfica permite analizar que el valor máximo de activación del

inyector se mantiene abierto al igual que el pico de corriente, para luego descender hasta la zona donde empieza el tiempo de retención, se observa que ambas curvas terminan su ciclo al mismo tiempo.

- **Oscilograma de voltaje y corriente, para un tiempo de inyección de 2.0ms del inyector Denso “05S00047”**

El siguiente oscilograma se obtuvo variando los pulsos de inyección de 2.0ms, a una presión de 300bar y número de pulsos strock totalmente independientes. El osciloscopio se trabajó con determinadas escalas: 500us para el eje de las abscisas y 5v para el eje de las ordenadas.

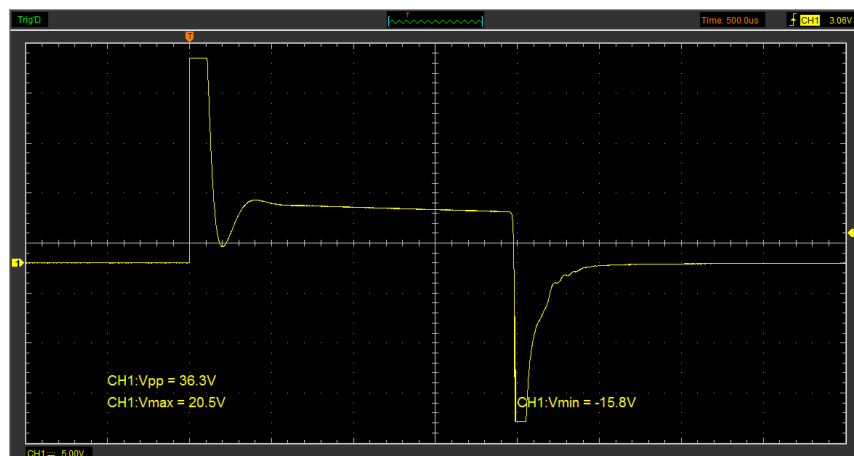


Figura 61. Oscilograma de voltaje, con el tiempo de inyección de 2.0ms

En la figura 61 esta una curva amarilla la cual representa el voltaje de activación del inyector con un valor de 20.5v; se aprecia mediante la tabla 20 los siguientes parámetros: tiempo de inyección 2.0ms, tiempo de retención 1.8939ms y el tiempo de disparo 0.1061ms. Cabe recalcar que el voltaje de activación no varío cuando se modificó el número de strock o presión.

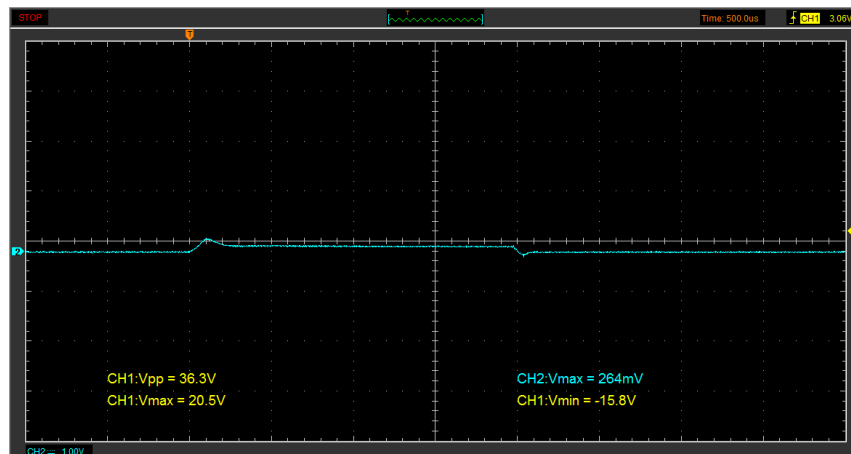


Figura 62. Oscilograma de corriente, con el tiempo de inyección de 2.0ms

En la figura 62, esta una curva de color celeste la que me representa la corriente necesaria para activar el inyector a 26.4A la misma que se mantiene durante el tiempo de disparo. Cabe recalcar que el amperaje de activación no vario cuando se modificó el número de strock o presión, para obtener el valor de amperaje se debe tener en cuenta la escala de la pinza amperimétrica que dice 10mv es 1 amperio.

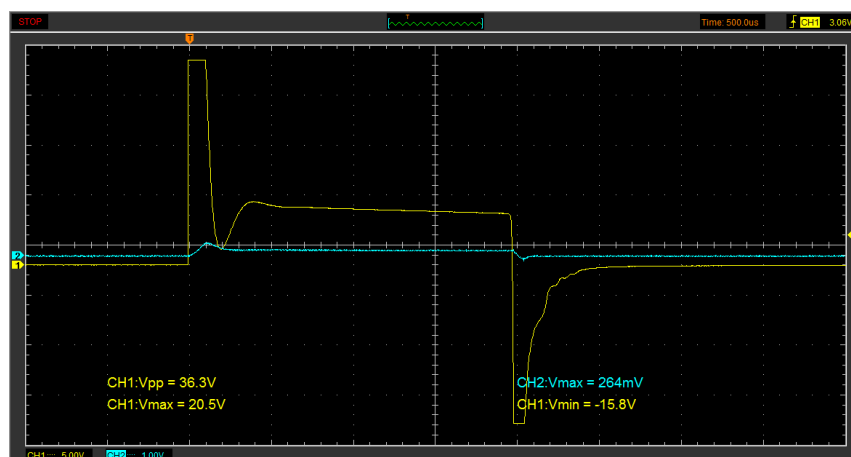


Figura 63. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneos con el tiempo de inyección de 2.0ms

En la figura 63, está la activación simultánea de la señal de voltaje y corriente, la presente gráfica permite analizar que el valor máximo de

activación del inyector se mantiene abierto al igual que el pico de corriente, para luego descender hasta la zona donde empieza el tiempo de retención, se observa que ambas curvas terminan su ciclo al mismo tiempo.

4.7. Inyector CRDI Denso “06S00387”

El Inyector DENSO CRDI serie “06S00387” es utilizado en el camión HINO DUTRO CITY 816 serie 300, presenta las características que se detallan a continuación:

- Cilindraje = 4009 CC
- Potencia máxima= 148HP
- Número de cilindros y disposición= 4 cilindros en línea.
- Norma de emisiones= Euro III.
- Aspiración= Turbo intercooler.

4.7.1. Despiece y nomenclatura de las partes del inyector "06S000387"

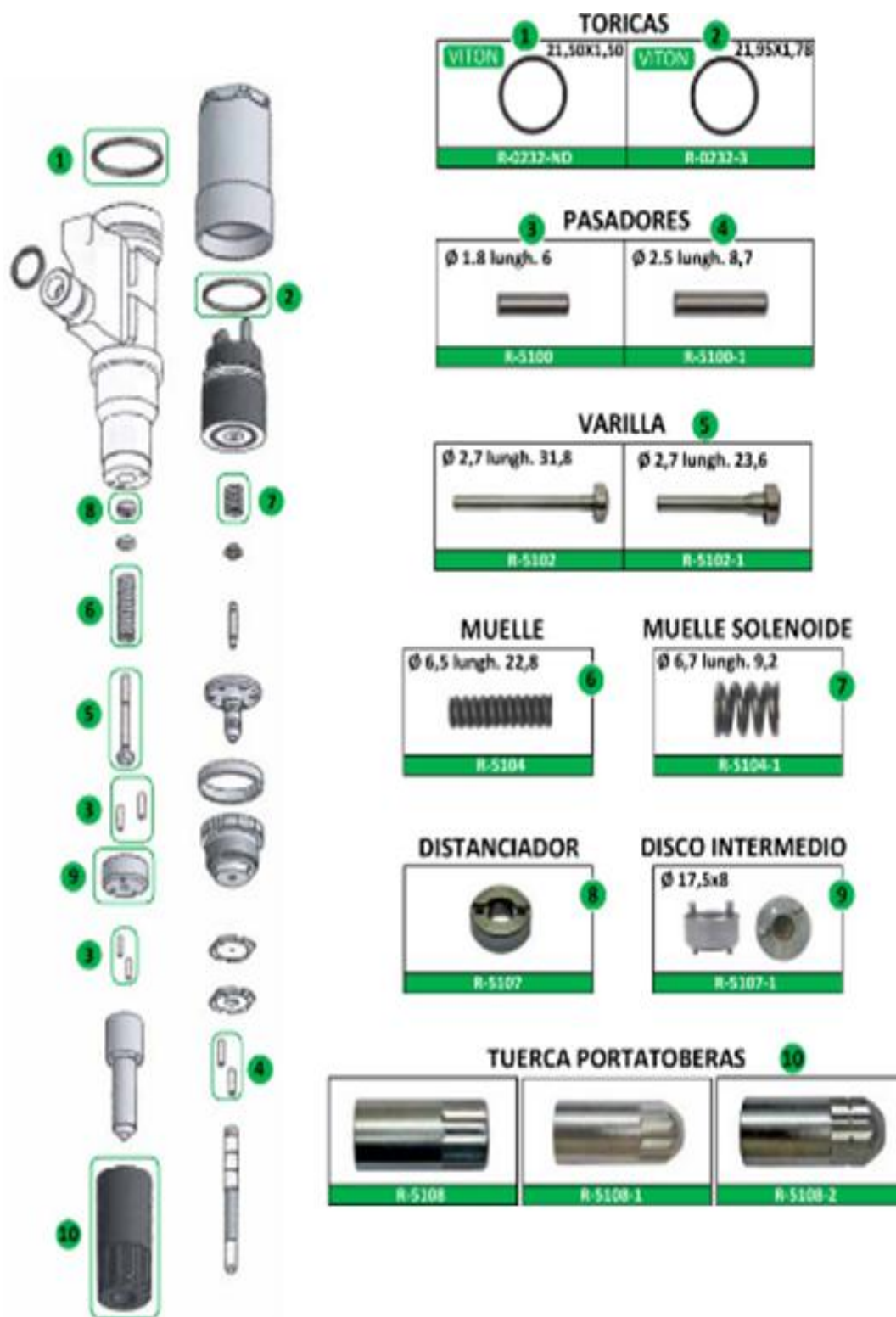


Figura 64. Despiece del inyector CRDI DENSO "06S000387"

Fuente: [RADSA, 2014]

4.7.2. Análisis de las pruebas a la presión 300bar

Tabla 33.

Prueba del inyector DENSO "06S00387" a una presión constante de 300 bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 1).

Presión Prueba	STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de Disparo	Tiempo de retención	Caudal de Inyección	Caudal Retorno	Corriente de Activación
(bar)		ms	ms	ms	(mm3)	(mm3)	(A)
300	250	0,25	0,109	0,141	--	--	28,3
300	250	0,5	0,109	0,391	--	0,1	28,3
300	250	1	0,109	0,891	--	0,8	26,4
300	250	1,5	0,109	1,391	5,5	2,1	26,4
300	250	2	0,109	1,891	8,2	2,6	26,4
300	500	0,25	0,109	0,141	--	2,9	26,4
300	500	0,5	0,107	0,393	--	4	26,4
300	500	1	0,105	0,895	0,8	5,5	25,4
300	500	1,5	0,105	1,395	12	7,2	25,4
300	500	2	0,103	1,897	22,9	8,9	25,4
300	750	0,25	0,103	0,147	--	5,7	25,4
300	750	0,5	0,103	0,397	--	6,8	25,4
300	750	1	0,107	0,893	3	9	25,4
300	750	1,5	0,107	1,393	23,1	12,3	25,4
300	750	2	0,103	1,897	35,3	14,3	26,4
300	990	0,25	0,107	0,143	--	7,1	26,4
300	990	0,5	0,107	0,393	--	9	26,4
300	990	1	0,103	0,897	5,6	12,2	26,4
300	990	1,5	0,103	1,397	27,3	16,4	26,4
300	990	2	0,103	1,897	47,2	18	25,4

En la tabla 33 están los datos obtenidos en la prueba del inyector DENSO "06S00387" a presión constante de 300bar, en donde el análisis es el siguiente: al variar el número de strock conjuntamente con el tiempo de inyección se verificó que estos son directamente proporcionales al tiempo de retención, al caudal de retorno y al caudal de inyección. En el tiempo de disparo se verificó que tiene una variación mínima, siendo el valor mínimo obtenido el de 0.103ms y el valor máximo obtenido 0.109ms.

Se verificó la corriente de activación del inyector, la cual tiene un rango de variación que va desde 25.4 amperios hasta 28.3 amperios logrando así un consumo promedio de corriente de 26.85 amperios.

Tabla 34.

Prueba del inyector DENSO "06S00387" a una presión constante de 300 bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 2)

STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de Activación	Resistencia en la Bobina	Inductancia
	ms	(V)	(V)	(°)	(Ω)	(H)
250	0,25	20,3	2,3	0,53	0,6	294 μ H
250	0,5	20,3	5,9	1,06	0,6	294 μ H
250	1	20,3	5,5	2,12	0,6	294 μ H
250	1,5	20,3	5,5	3,18	0,6	294 μ H
250	2	20,3	5,5	4,24	0,6	294 μ H
500	0,25	20,4	2,3	0,53	0,6	294 μ H
500	0,5	20,4	6	1,06	0,6	294 μ H
500	1	20,4	5,5	2,12	0,6	294 μ H
500	1,5	20,4	5,5	3,18	0,6	294 μ H
500	2	20,4	5,5	4,24	0,6	294 μ H
750	0,25	20,4	2,3	0,53	0,6	294 μ H
750	0,5	20,4	6	1,06	0,6	294 μ H
750	1	20,4	5,5	2,12	0,6	294 μ H
750	1,5	20,4	5,5	3,18	0,6	294 μ H
750	2	20,4	5,5	4,24	0,6	294 μ H
990	0,25	20,3	2,6	0,53	0,6	294 μ H
990	0,5	20,3	5,9	1,06	0,6	294 μ H
990	1	20,3	5,5	2,12	0,6	294 μ H
990	1,5	20,3	5,5	3,18	0,6	294 μ H
990	2	20,3	5,5	4,24	0,6	294 μ H

La tabla 34 presenta la variación del número de strock y el tiempo de inyección para cada una de las pruebas donde los grados de activación son directamente proporcionales al tiempo de inyección, en estas pruebas hay ángulo máximo de 4.24⁰ para el tiempo de inyección de 2ms y el ángulo mínimo de 0.53⁰ para el tiempo de inyección de 0.25ms.

El voltaje de activación tiene una variación de 20.3v a 20.4v, al sacar la media de los mismos se obtuvo un consumo promedio de 20.35v.

Se comprobó el estado de la bobina del inyector, con un valor resistivo de 0.6 Ω y un valor de inductancia de 294 μ H, los mismos que son totalmente independientes de todos los parámetros variados en cada una de las pruebas que se realizó.

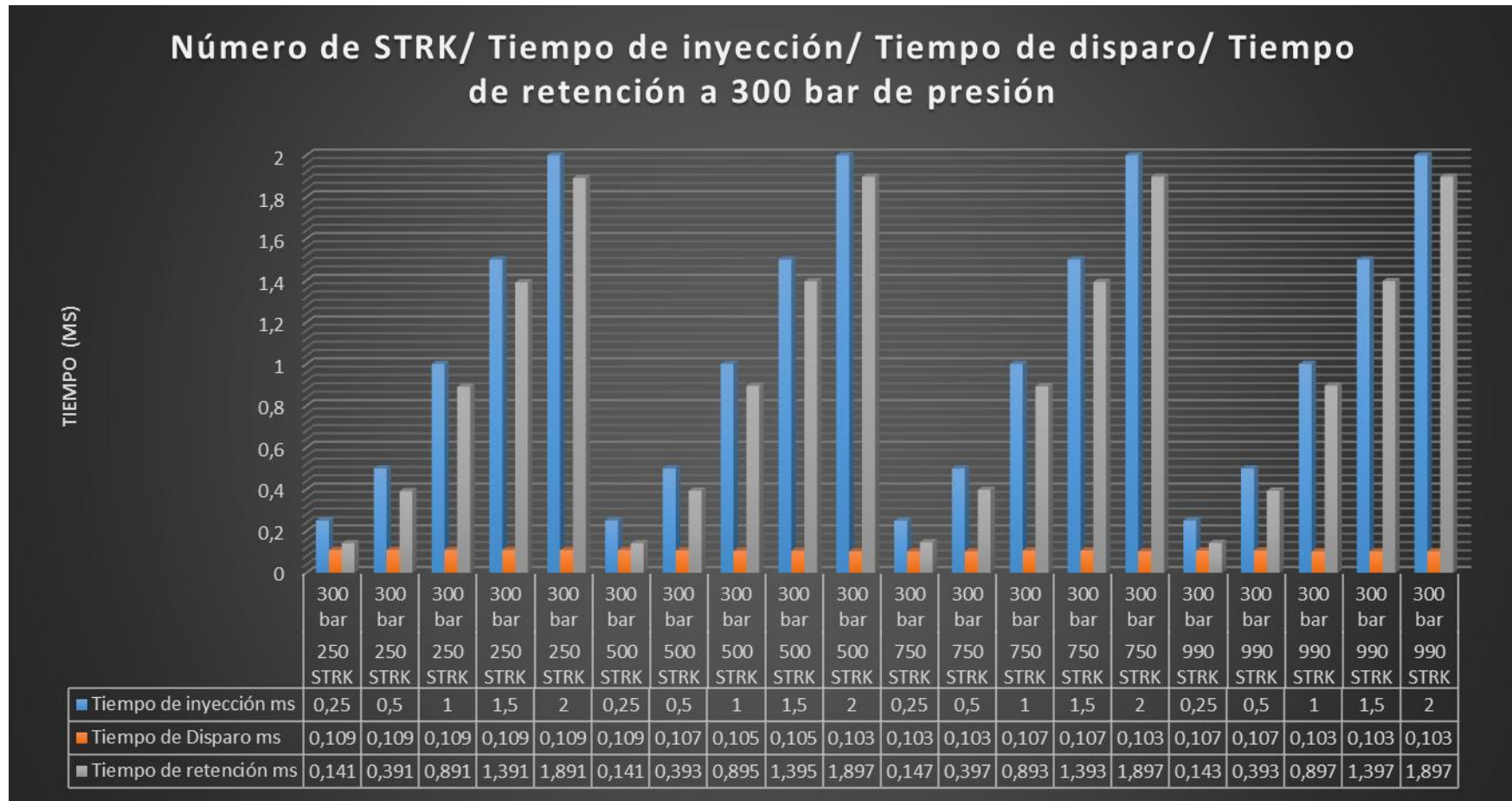


Figura 65. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "06S00387" a una presión constante de 300 bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del tiempo de disparo y el tiempo de retención.

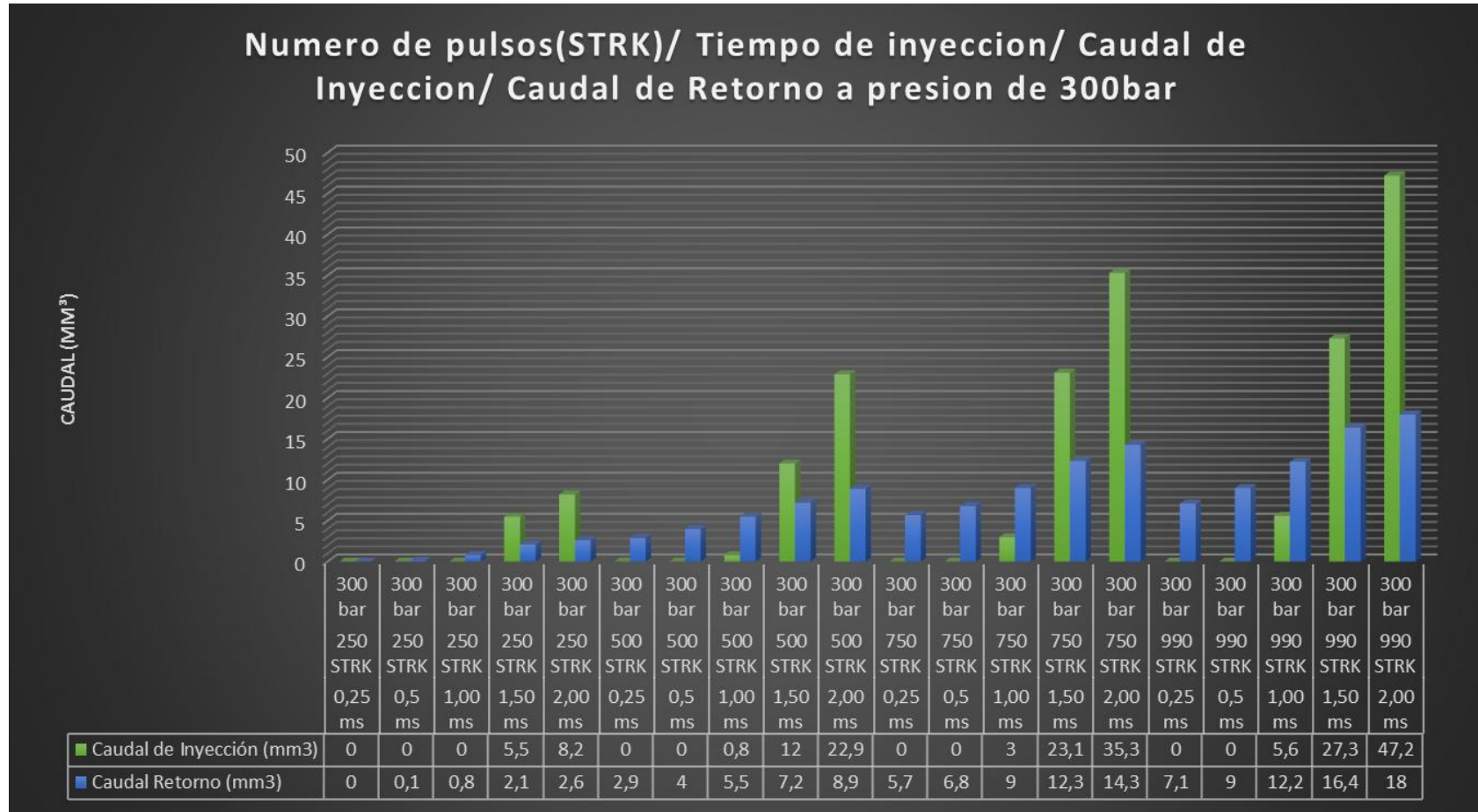


Figura 66. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "06S00387" a una presión constante de 300bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de inyección y el caudal de retorno.

En la figura 65 están los datos obtenidos del tiempo de disparo, en donde, no tiene una gran variación, encontrándose en un rango entre 0.103ms y 0.109ms dando un tiempo promedio de disparo de 0.106ms, por otro lado se verificó que el tiempo de retención es inversamente proporcional al tiempo de disparo y directamente proporcional al tiempo de inyección, los tiempos detallados son totalmente independientes al número de pulsos (strocks) puesto que no varían al aumentar el valor de este parámetro.

En la figura 66 se verificó que caudal de inyección y el caudal de retorno son directamente proporcionales al tiempo de inyección y al número de pulsos strock, se llegó a tener un caudal máximo de inyección de 47.2.0ml a 990 pulsos (strocks) y un tiempo de inyección 2ms; el caudal mínimo de inyección apreciable en la gráfica es el de 0.8ml a 500 pulsos y un tiempo de inyección de 1ms.

Se observó el caudal mínimo de retorno apreciable que es de 3.9ml a 250 pulsos y 0.25ms de tiempo de inyección; el caudal máximo de retorno es de 31.6ml a 990 pulsos y un tiempo de inyección de 2.00.

4.7.3. Análisis de las pruebas a la presión 400bar

Tabla 35.

Prueba del inyector DENSO "06S00387" a una presión constante de 400 bar con una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strocks y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 1).

Presión Prueba (bar)	STRK	Tiempo de inyección (ms)	Tiempo de Disparo (ms)	Tiempo de retención (ms)	Caudal de Inyección (mm3)	Caudal Retorno (mm3)	Corriente de Activación (A)
400	250	0,25	0,103	0,147	--	1,6	28,3
400	250	0,5	0,103	0,397	--	1,8	28,3
400	250	1	0,103	0,897	0	2,6	26,4
400	250	1,5	0,103	1,397	9	3,9	26,4
400	250	2	0,103	1,897	14,2	4	26,4
400	500	0,25	0,105	0,145	--	5,6	26,4
400	500	0,5	0,103	0,397	--	6,2	26,4

CONTINÚA 

Presión Prueba	STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de Disparo	Tiempo de retención	Caudal de Inyección	Caudal Retorno	Corriente de Activación
400	500	1	0,103	0,897	5,7	5,9	26,4
400	500	1,5	0,103	1,397	20,8	10,2	26,4
400	500	2	0,103	1,897	32,5	11,9	25,4
400	750	0,25	0,103	0,147	--	9,2	26,4
400	750	0,5	0,103	0,397	--	11	26,4
400	750	1	0,103	0,897	10,9	13,2	26,4
400	750	1,5	0,105	1,395	35,1	16,9	26,4
400	750	2	0,103	1,897	44,6	18	26,4
400	990	0,25	0,103	0,147	--	14	25,4
400	990	0,5	0,103	0,397	--	14,5	26,4
400	990	1	0,103	0,897	16,2	19,2	26,4
400	990	1,5	0,103	1,397	44	22,8	26,4
400	990	2	0,103	1,897	63	23,4	26,4

En la tabla 35 están los datos obtenidos en la prueba del inyector DENSO "06S00387" a presión constante de 400bar, en donde el análisis es el siguiente: al variar el número de strock conjuntamente con el tiempo de inyección se verificó que estos son directamente proporcionales al tiempo de retención, al caudal de retorno y al caudal de inyección. En el tiempo de disparo se verificó que tiene una variación mínima, siendo el valor mínimo obtenido el de 0.103ms y el valor máximo obtenido 0.105ms.

Se verificó la corriente de activación del inyector, la cual tiene un rango de variación que va desde 25.4 amperios hasta 28.3 amperios logrando así un consumo promedio de corriente de 26.85 amperios.

Tabla 36.

Prueba del inyector DENSO "06S00387" a una presión constante de 400 bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 2)

STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de Activación	Resistencia en la Bobina	Inductancia
	ms	(V)	(V)	(°)	(Ω)	(H)
250	0,25	20,3	2,4	0,53	0,6	294μH
250	0,5	20,3	6	1,06	0,6	294μH
250	1	20,3	5,5	2,12	0,6	294μH
250	1,5	20,3	5,5	3,18	0,6	294μH
250	2	20,3	5,5	4,24	0,6	294μH
500	0,25	20,4	2,4	0,53	0,6	294μH

CONTINÚA 

STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de Activación	Resistencia en la Bobina	Inductancia
500	0,5	20,4	6	1,06	0,6	294μH
500	1	20,4	5,5	2,12	0,6	294μH
500	1,5	20,4	5,5	3,18	0,6	294μH
500	2	20,4	5,4	4,24	0,6	294μH
750	0,25	20,4	2,4	0,53	0,6	294μH
750	0,5	20,4	6	1,06	0,6	294μH
750	1	20,4	5,6	2,12	0,6	294μH
750	1,5	20,4	5,6	3,18	0,6	294μH
750	2	20,4	5,7	4,24	0,6	294μH
990	0,25	20,4	2,4	0,53	0,6	294μH
990	0,5	20,4	6,1	1,06	0,6	294μH
990	1	20,4	5,7	2,12	0,6	294μH
990	1,5	20,4	5,7	3,18	0,6	294μH
990	2	20,4	5,5	4,24	0,6	294μH

La tabla 36 presenta la variación del número de strock y el tiempo de inyección para cada una de las pruebas donde los grados de activación son directamente proporcionales al tiempo de inyección, en estas pruebas hay ángulo máximo de 4.24^0 para el tiempo de inyección de 2ms y el ángulo mínimo de 0.53^0 para el tiempo de inyección de 0.25ms.

El voltaje de activación tiene una variación de 20.3v a 20.4v, al sacar la media de los mismos se obtuvo un consumo promedio de 20.35v.

Se comprobó el estado de la bobina del inyector, con un valor resistivo de 0.6Ω y un valor de inductancia de $294\mu\text{H}$, los mismos que son totalmente independientes de todos los parámetros variados en cada una de las pruebas que se realizó.

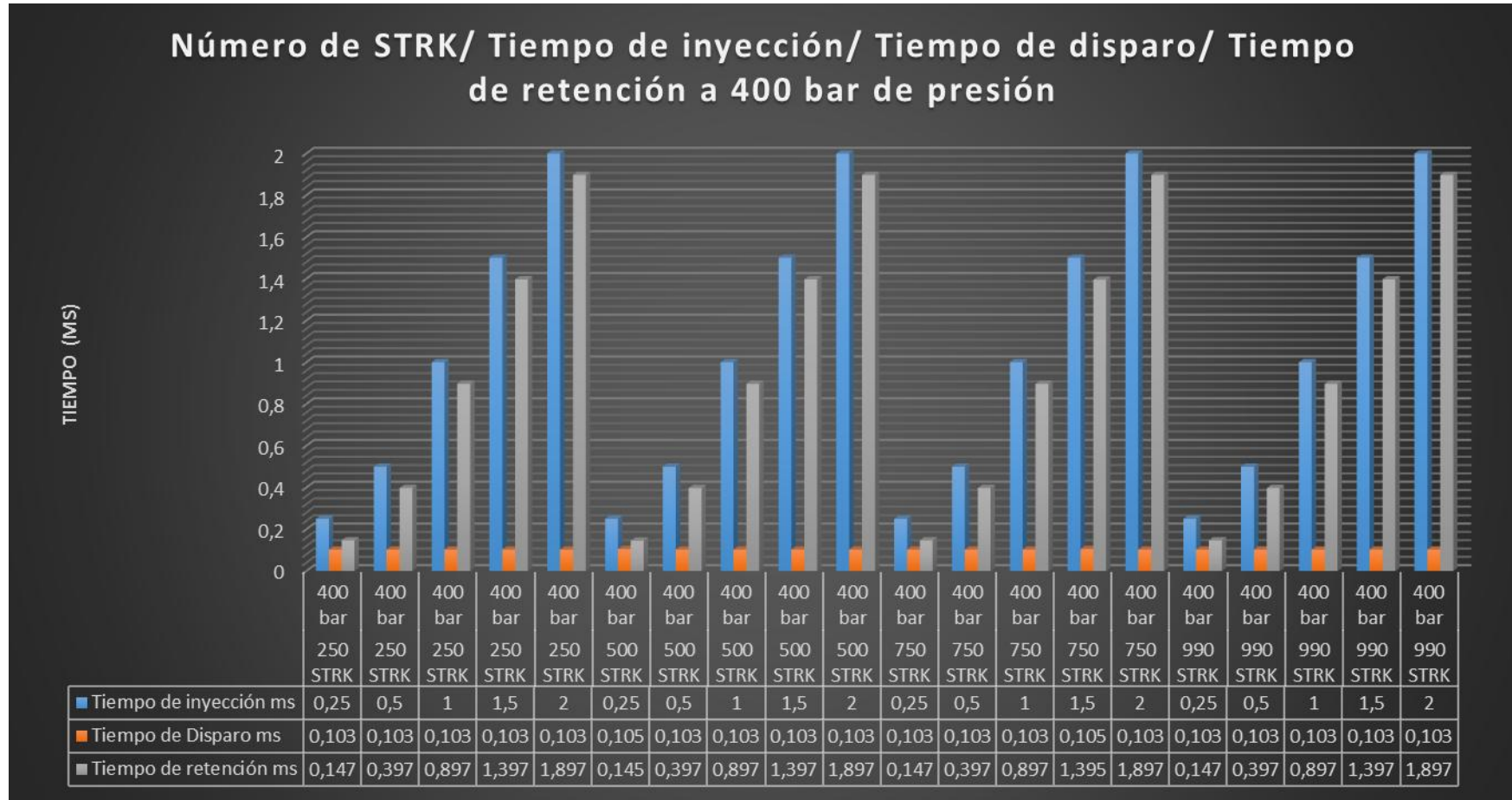


Figura 67. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "06S00387" a una presión constante de 400 bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del tiempo de disparo y el tiempo de retención.

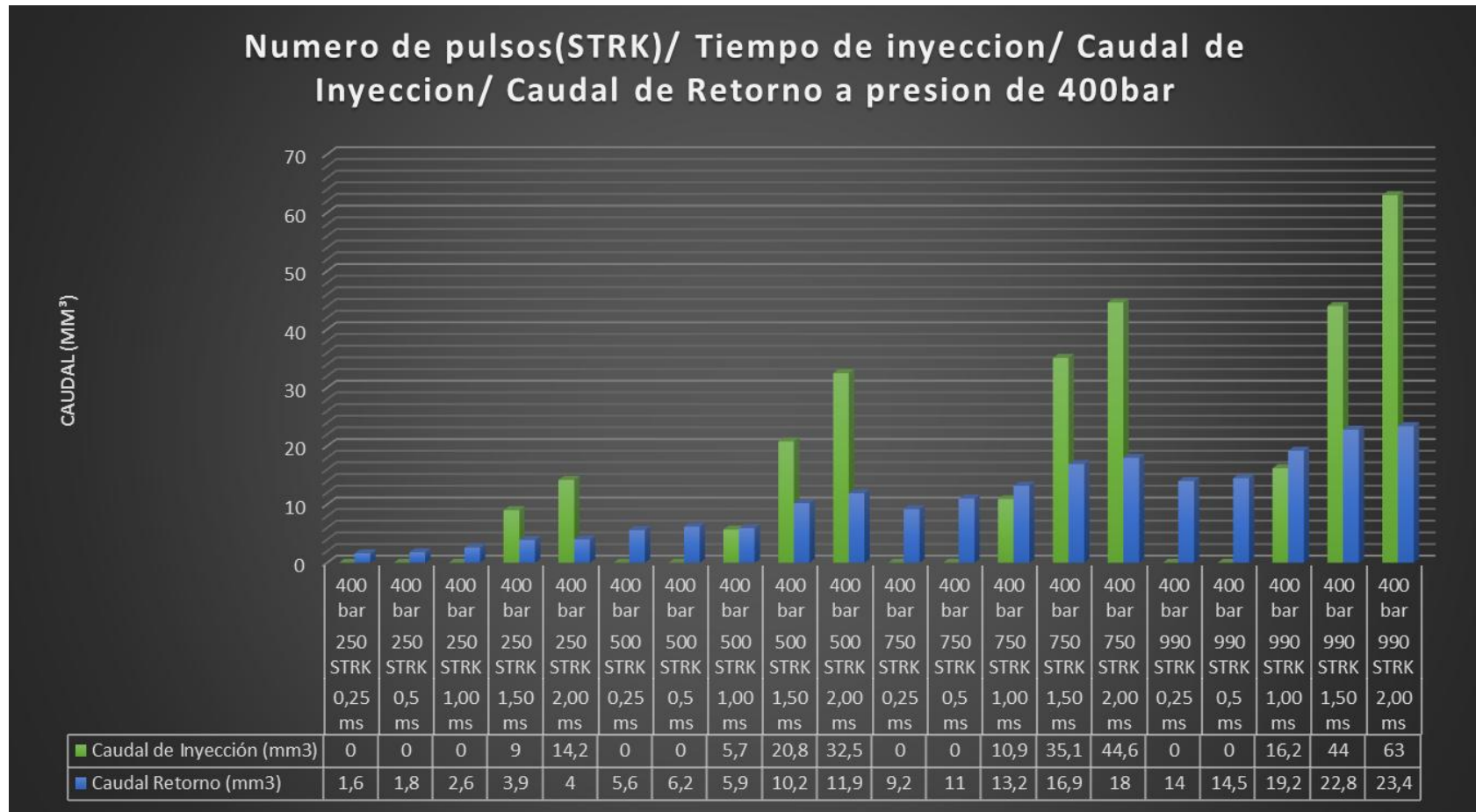


Figura 68. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "06S00387" a una presión constante de 400 bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de inyección y el caudal de retorno.

En la figura 67 están los datos obtenidos del tiempo de disparo, en donde, no tiene una gran variación, encontrándose en un rango entre 0.103ms y 0.105ms dando un tiempo promedio de disparo de 0.103ms, por otro lado se verificó que el tiempo de retención es inversamente proporcional al tiempo de disparo y directamente proporcional al tiempo de inyección, los tiempos detallados son totalmente independientes al número de pulsos (strocks) puesto que no varían al aumentar el valor de este parámetro.

En la figura 68 se verificó que caudal de inyección y el caudal de retorno son directamente proporcionales al tiempo de inyección y al número de pulsos strock, se llegó a tener un caudal máximo de inyección de 63.000ml a 990 pulsos (strocks) y un tiempo de inyección 2ms; el caudal mínimo de inyección apreciable en la gráfica es el de 5.7ml a 500 pulsos y un tiempo de inyección de 1ms.

Se observó el caudal mínimo de retorno apreciable que es de 1.6ml a 250 pulsos y 0.25ms de tiempo de inyección; el caudal máximo de retorno es de 23.4ml a 990 pulsos y un tiempo de inyección de 2ms.

4.7.4. Análisis de las pruebas a la presión 500bar

Tabla 37.

Prueba del inyector DENSO "06S00387" a una presión constante de 500 bar con una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 1).

Presión Prueba	STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de Disparo	Tiempo de retención	Caudal de Inyección	Caudal Retorno	Corriente de Activación
(bar)		ms	ms	ms	(mm3)	(mm3)	(A)
500	250	0,25	0,105	0,145	0	2,8	26,4
500	250	0,5	0,105	0,395	0	4	26,4
500	250	1	0,105	0,895	3,5	4,2	25,4
500	250	1,5	0,105	1,395	12,2	5,3	26,4
500	250	2	0,105	1,895	18,4	6,7	25,4
500	500	0,25	0,105	0,145	0	8,1	26,4
500	500	0,5	0,105	0,395	0	8,8	26,4

CONTINÚA 

Presión Prueba	STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de Disparo	Tiempo de retención	Caudal de Inyección	Caudal Retorno	Corriente de Activación
500	500	1	0,105	0,895	11,2	10,8	26,4
500	500	1,5	0,105	1,395	32,2	13,1	26,4
500	500	2	0,105	1,895	36,5	16,7	26,4
500	750	0,25	0,105	0,145	0	14	26,4
500	750	0,5	0,105	0,395	0	15,2	26,4
500	750	1	0,105	0,895	18,6	17,9	26,4
500	750	1,5	0,105	1,395	41,6	21,9	27,4
500	750	2	0,105	1,895	54	24,7	27,4
500	990	0,25	0,105	0,145	0	19	28,3
500	990	0,5	0,105	0,395	0,1	21,6	27,4
500	990	1	0,105	0,895	25,9	24,7	27,4
500	990	1,5	0,105	1,395	50,4	26,8	27,4
500	990	2	0,105	1,895	84,3	30,1	28,3


En la tabla 37 están los datos obtenidos en la prueba del inyector DENSO "06S00387" a presión constante de 500bar, en donde el análisis es el siguiente: al variar el número de strock conjuntamente con el tiempo de inyección se verificó que estos son directamente proporcionales al tiempo de retención, al caudal de retorno y al caudal de inyección. En el tiempo de disparo se verificó que no tiene variación es siempre 0.105.

Se verificó la corriente de activación del inyector, la cual tiene un rango de variación que va desde 25.4 amperios hasta 28.3 amperios logrando así un consumo promedio de corriente de 26.85 amperios.

Tabla 38.

Prueba del inyector DENSO "06S00387" a una presión constante de 500 bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 2)

STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de Activación	Resistencia en la Bobina	Inductancia
	ms	(V)	(V)	(°)	(Ω)	(H)
250	0,25	20,4	2,3	0,53	0,6	294μH
250	0,5	20,4	6,3	1,06	0,6	294μH
250	1	20,4	5,9	2,12	0,6	294μH
250	1,5	20,4	5,9	3,18	0,6	294μH
250	2	20,4	5,9	4,24	0,6	294μH
500	0,25	20,4	2,5	0,53	0,6	294μH
500	0,5	20,4	6,3	1,06	0,6	294μH
500	1	20,4	5,9	2,12	0,6	294μH

CONTINÚA 

STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de Activación	Resistencia en la Bobina	Inductancia
500	1,5	20,4	5,9	3,18	0,6	294 μ H
500	2	20,4	5,9	4,24	0,6	294 μ H
750	0,25	20,4	2,5	0,53	0,6	294 μ H
750	0,5	20,4	6,2	1,06	0,6	294 μ H
750	1	20,4	5,9	2,12	0,6	294 μ H
750	1,5	20,4	5,9	3,18	0,6	294 μ H
750	2	20,4	5,9	4,24	0,6	294 μ H
990	0,25	20,4	2,6	0,53	0,6	294 μ H
990	0,5	20,4	6,3	1,06	0,6	294 μ H
990	1	20,4	5,9	2,12	0,6	294 μ H
990	1,5	20,4	5,9	3,18	0,6	294 μ H
990	2	20,5	5,9	4,24	0,6	294 μ H

La tabla 38 presenta la variación del número de strock y el tiempo de inyección para cada una de las pruebas donde los grados de activación son directamente proporcionales al tiempo de inyección, en estas pruebas hay ángulo máximo de 4.24⁰ para el tiempo de inyección de 2ms y el ángulo mínimo de 0.53⁰ para el tiempo de inyección de 0.25ms.

El voltaje de activación tiene una variación de 20.4v a 20.5v, al sacar la media de los mismos se obtuvo un consumo promedio de 20.55v.

Se comprobó el estado de la bobina del inyector, con un valor resistivo de 0.6 Ω y un valor de inductancia de 294 μ H, los mismos que son totalmente independientes de todos los parámetros variados en cada una de las pruebas que se realizó.

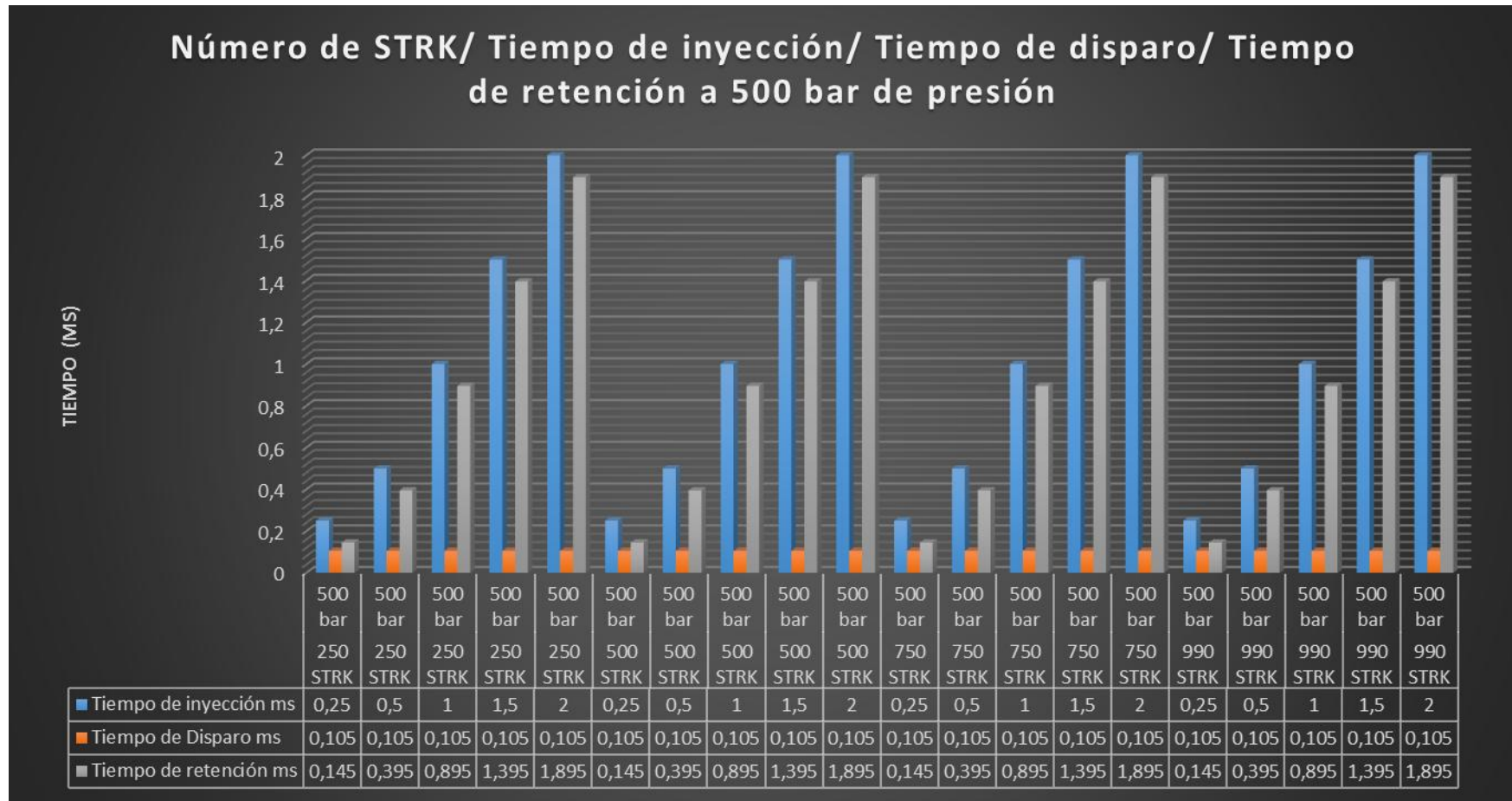


Figura 69. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "06S00387" a una presión constante de 500 bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del tiempo de disparo y el tiempo de retención.

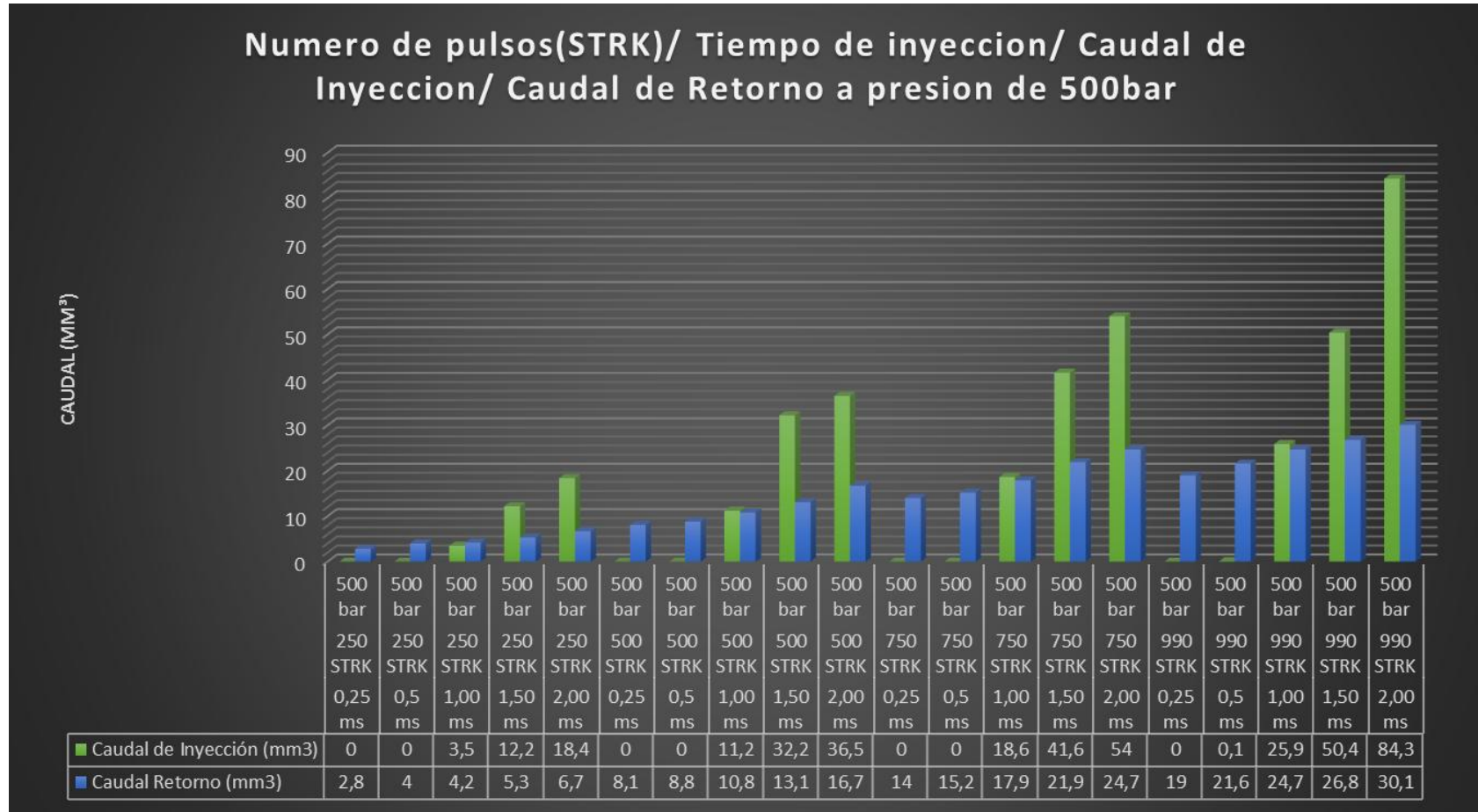


Figura 70. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "06S00387" a una presión constante de 500 bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de inyección y el caudal de retorno.

En la figura 69 están los datos obtenidos del tiempo de disparo, en donde, no presenta variación en sus valores, por otro lado se verificó que el tiempo de retención es inversamente proporcional al tiempo de disparo y directamente proporcional al tiempo de inyección, los tiempos detallados son totalmente independientes al número de pulsos (strook) puesto que no varían al aumentar el valor de este parámetro.

En la figura 70 se verificó que caudal de inyección y el caudal de retorno son directamente proporcionales al tiempo de inyección y al número de pulsos strock, se llegó a tener un caudal máximo de inyección de 84.3ml a 990 pulsos (strook) y un tiempo de inyección 2ms; el caudal mínimo de inyección apreciable en la gráfica es el de 0.1 ml a 500 pulsos y un tiempo de inyección de 0.5ms.

Se observó el caudal mínimo de retorno apreciable que es de 2.8ml a 250 pulsos y 0.25ms de tiempo de inyección; el caudal máximo de retorno es de 30.1ml a 990 pulsos y un tiempo de inyección de 2.00ms

4.7.5. Análisis de las pruebas a la presión 600bar

Tabla 39.

Prueba del inyector DENSO "06S00387" a una presión constante de 600 bar con una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 1).

Presión Prueba	STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de Disparo	Tiempo de retención	Caudal de Inyección	Caudal Retorno	Corriente de Activación
(bar)		ms	ms	ms	(mm3)	(mm3)	(A)
600	250	0,25	0,105	0,145	0	4	28,3
600	250	0,5	0,105	0,395	0	4,5	28,3
600	250	1	0,105	0,895	5	5,2	28,3
600	250	1,5	0,105	1,395	15	7,2	28,3
600	250	2	0,105	1,895	22,1	8,4	28,3
600	500	0,25	0,105	0,145	0	10,4	29,3
600	500	0,5	0,105	0,395	0	11,6	27,4
600	500	1	0,105	0,895	16,2	14	27,4
600	500	1,5	0,105	1,395	31,6	16,3	26,4

CONTINÚA 

Presión Prueba	STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de Disparo	Tiempo de retención	Caudal de Inyección	Caudal Retorno	Corriente de Activación
600	500	2	0,105	1,895	37,6	17,2	27,4
600	750	0,25	0,105	0,145	0	17,1	27,4
600	750	0,5	0,105	0,395	0,1	18,3	27,4
600	750	1	0,105	0,895	25,4	22	27,4
600	750	1,5	0,105	1,395	43,1	24	26,4
600	750	2	0,105	1,895	63	29,3	26,4
600	990	0,25	0,105	0,145	0	23,8	27,4
600	990	0,5	0,105	0,395	1,7	26,4	26,4
600	990	1	0,105	0,895	35,1	31,5	27,4
600	990	1,5	0,105	1,395	57,8	334	27,4
600	990	2	0,105	1,895	86,1	38,7	26,4

En la tabla 39 están los datos obtenidos en la prueba del inyector DENSO "06S00387" a presión constante de 600bar, en donde el análisis es el siguiente: al variar el número de strock conjuntamente con el tiempo de inyección se verificó que estos son directamente proporcionales al tiempo de retención, al caudal de retorno y al caudal de inyección. En el tiempo de disparo se verificó que no tiene variación es siempre 0.105ms.

Se verificó la corriente de activación del inyector, la cual tiene un rango de variación que va desde 26.4 amperios hasta 29.3 amperios logrando así un consumo promedio de corriente de 27.475 amperios.

Tabla 40.

Prueba del inyector DENSO "06S00387" a una presión constante de 600 bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 2)

STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de Activación	Resistencia en la Bobina	Inductancia
	ms	(V)	(V)	(°)	(Ω)	(H)
250	0,25	20,4	2,4	0,53	0,6	294μH
250	0,5	20,4	6,1	1,06	0,6	294μH
250	1	20,4	5,6	2,12	0,6	294μH
250	1,5	20,4	5,8	3,18	0,6	294μH
250	2	20,4	5,8	4,24	0,6	294μH
500	0,25	20,4	2,7	0,53	0,6	294μH
500	0,5	20,4	6,2	1,06	0,6	294μH
500	1	20,4	5,8	2,12	0,6	294μH
500	1,5	20,4	5,8	3,18	0,6	294μH
500	2	20,4	5,8	4,24	0,6	294μH

CONTINÚA 

STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de Activación	Resistencia en la Bobina	Inductancia
750	0,25	20,4	2,8	0,53	0,6	294 μ H
750	0,5	20,4	6,3	1,06	0,6	294 μ H
750	1	20,4	5,8	2,12	0,6	294 μ H
750	1,5	20,4	5,8	3,18	0,6	294 μ H
750	2	20,4	5,8	4,24	0,6	294 μ H
990	0,25	20,4	2,6	0,53	0,6	294 μ H
990	0,5	20,5	6,3	1,06	0,6	294 μ H
990	1	20,5	5,8	2,12	0,6	294 μ H
990	1,5	20,5	5,8	3,18	0,6	294 μ H
990	2	20,5	5,7	4,24	0,6	294 μ H

La tabla 40 presenta la variación del número de strock y el tiempo de inyección para cada una de las pruebas donde los grados de activación son directamente proporcionales al tiempo de inyección, en estas pruebas hay ángulo máximo de 4.24^0 para el tiempo de inyección de 2ms y el ángulo mínimo de 0.53^0 para el tiempo de inyección de 0.25ms.

El voltaje de activación tiene una variación de 20.4v a 20.5v, al sacar la media de los mismos se obtuvo un consumo promedio de 20.45v.

Se comprobó el estado de la bobina del inyector, con un valor resistivo de 0.6Ω y un valor de inductancia de 294 μ H, los mismos que son totalmente independientes de todos los parámetros variados en cada una de las pruebas que se realizó.

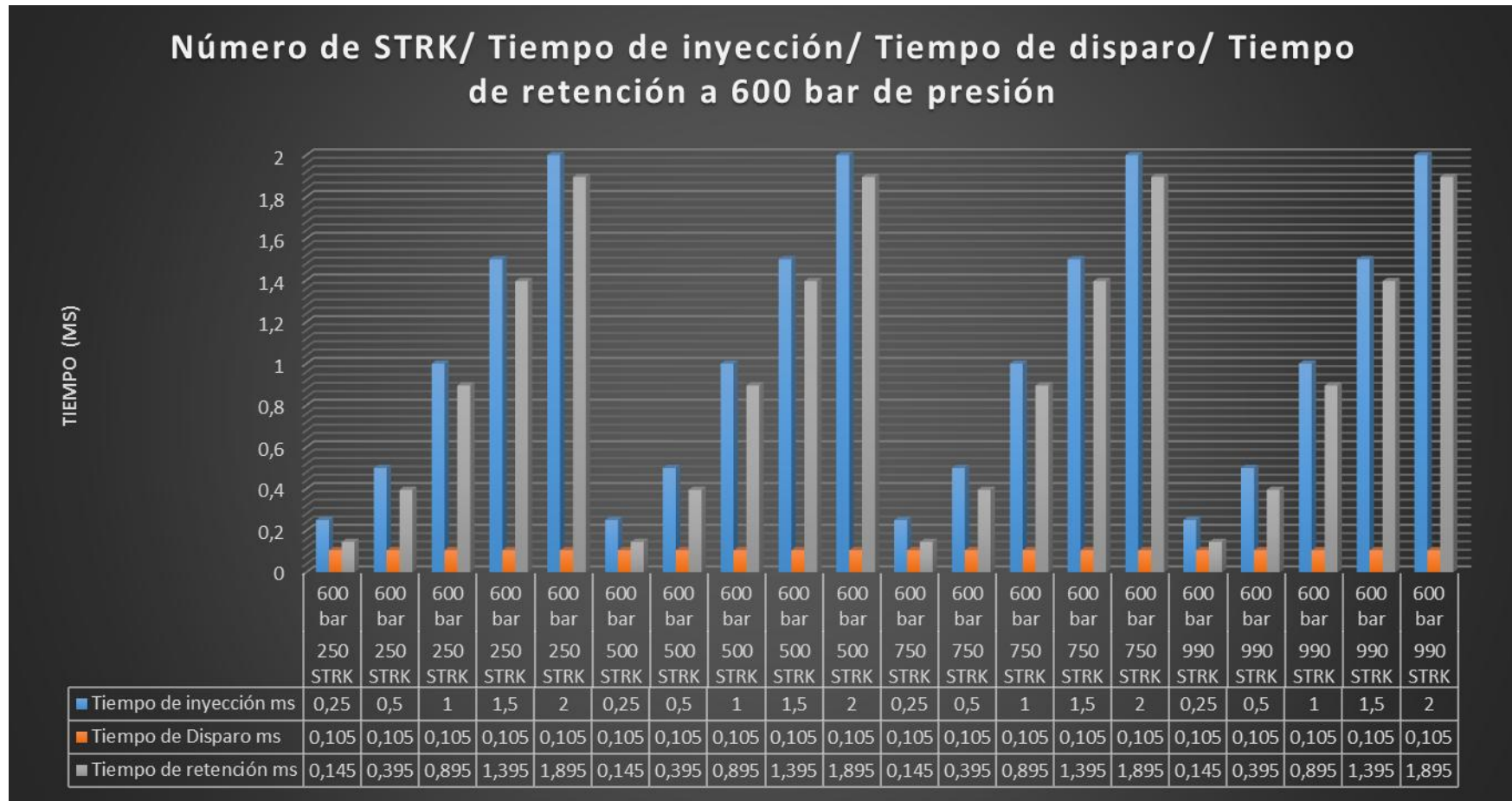


Figura 71. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "06S00387" a una presión constante de 600 bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del tiempo de disparo y el tiempo de retención.

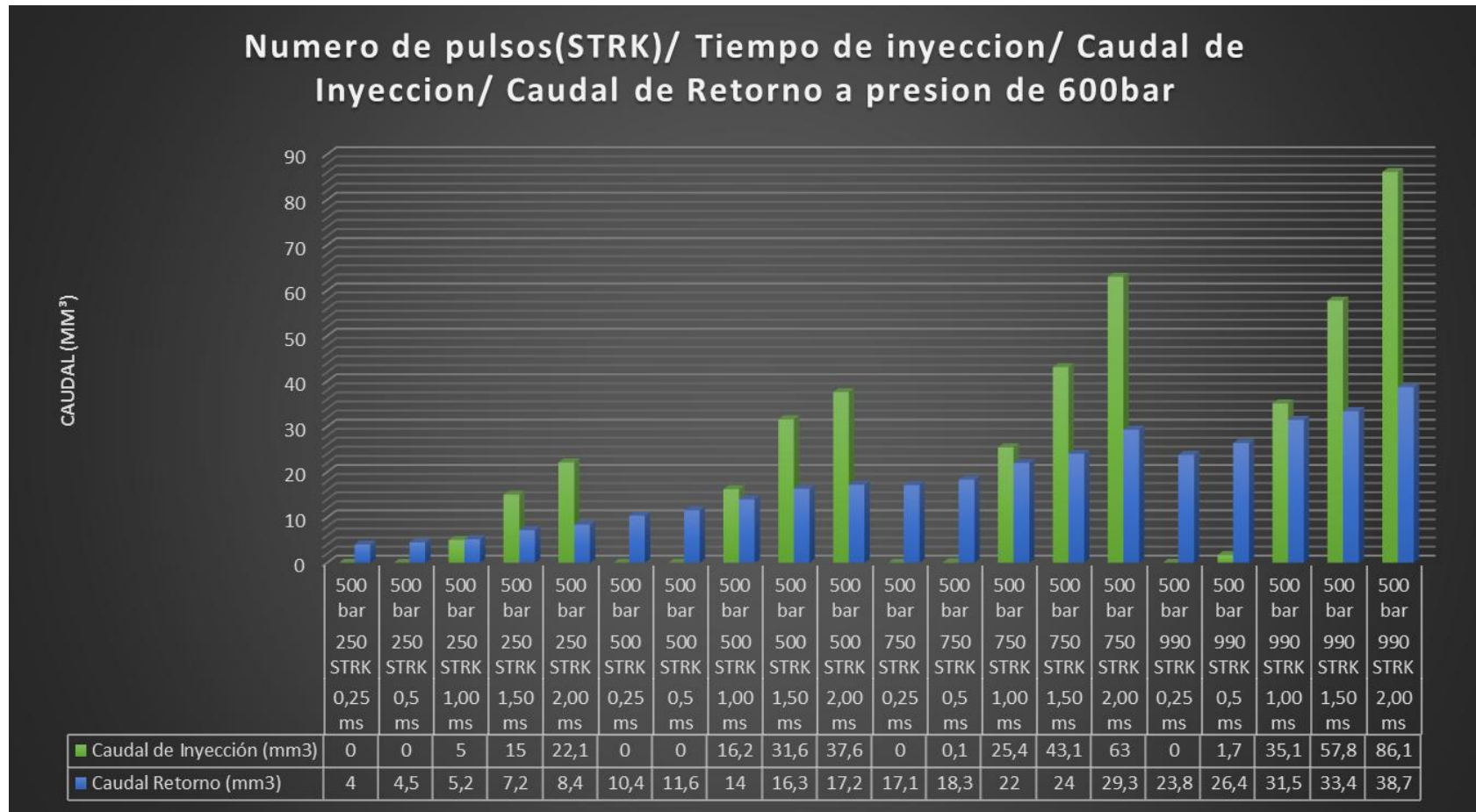


Figura 72. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "06S00387" a una presión constante de 600 bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de inyección y el caudal de retorno.

En la figura 71 están los datos obtenidos del tiempo de disparo, en donde, no presenta variación en sus valores, por otro lado se verificó que el tiempo de retención es inversamente proporcional al tiempo de disparo y directamente proporcional al tiempo de inyección, los tiempos detallados son totalmente independientes al número de pulsos (strocks) puesto que no varían al aumentar el valor de este parámetro.

En la figura 72 se verificó que caudal de inyección y el caudal de retorno son directamente proporcionales al tiempo de inyección y al número de pulsos strock, se llegó a tener un caudal máximo de inyección de 86.1ml a 990 pulsos (strocks) y un tiempo de inyección 2ms; el caudal mínimo de inyección apreciable en la gráfica es el de 0.1 ml a 750 pulsos y un tiempo de inyección de 0.5ms.

Se observó el caudal mínimo de retorno apreciable que es de 4ml a 250 pulsos y 0.25ms de tiempo de inyección; el caudal máximo de retorno es de 38.7 ml a 990 pulsos y un tiempo de inyección de 2.00ms

4.7.6. Análisis de las pruebas a la presión 700bar

Tabla 41.

Prueba del inyector DENSO "06S00387" a una presión constante de 700 bar con una variación del número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 1).

Presión Prueba	STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de Disparo	Tiempo de retención	Caudal de Inyección	Caudal Retorno	Corriente de Activación
(bar)		ms	ms	ms	(mm ³)	(mm ³)	(A)
700	250	0,25	0,105	0,145	--	5	25,4
700	250	0,5	0,105	0,395	--	5,8	26,4
700	250	1	0,105	0,895	7	6,8	25,4
700	250	1,5	0,105	1,395	15,9	8,3	25,4
700	250	2	0,105	1,895	25,7	10,4	25,4
700	500	0,25	0,105	0,145	--	13,1	26,4
700	500	0,5	0,105	0,395	--	14,4	26,4
700	500	1	0,105	0,895	19,4	16,7	25,4
700	500	1,5	0,105	1,395	30,1	19,7	25,4

CONTINÚA 

Presión Prueba	STRK	Tiempo de inyección	Tiempo de Disparo	Tiempo de retención	Caudal de Inyección	Caudal Retorno	Corriente de Activación
700	500	2	0,105	1,895	42,4	22,1	25,4
700	750	0,25	0,105	0,145	--	21,8	25,4
700	750	0,5	0,105	0,395	1,9	24,8	25,4
700	750	1	0,105	0,895	30	27	25,4
700	750	1,5	0,105	1,395	49,2	30,1	25,4
700	750	2	0,105	1,895	63	32,4	25,4
700	990	0,25	0,105	0,145	--	30,7	25,4
700	990	0,5	0,105	0,395	4,9	35,2	25,4
700	990	1	0,105	0,895	42,8	37,3	25,4
700	990	1,5	0,105	1,395	64,2	40	26,4
700	990	2	0,105	1,895	86,1	43,8	25,4

En la tabla 41 están los datos obtenidos en la prueba del inyector DENSO "06S00387" a presión constante de 600bar, en donde el análisis es el siguiente: al variar el número de strock conjuntamente con el tiempo de inyección se verificó que estos son directamente proporcionales al tiempo de retención, al caudal de retorno y al caudal de inyección. En el tiempo de disparo se verificó que no tiene variación es siempre 0.105ms.

Se verificó la corriente de activación del inyector, la cual tiene un rango de variación que va desde 25.4 amperios hasta 26.4 amperios logrando así un consumo promedio de corriente de 25.56 amperios.

Tabla 42.

Prueba del inyector DENSO "06S00387" a una presión constante de 700 bar con una variación de número de pulsos de (250, 500, 750, 990) strock y con tiempos de inyección variados (0.25, 0.5, 1.00, 1.50, 2.00) ms. (PARTE 2)

STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de Activación	Resistencia en la Bobina	Inductancia
	ms	(V)	(V)	(°)	(Ω)	(H)
250	0,25	20,5	2,6	0,53	0,6	294μH
250	0,5	20,4	6,2	1,06	0,6	294μH
250	1	20,4	5,8	2,12	0,6	294μH
250	1,5	20,4	5,8	3,18	0,6	294μH
250	2	20,4	5,6	4,24	0,6	294μH
500	0,25	20,4	2,7	0,53	0,6	294μH
500	0,5	20,5	6,2	1,06	0,6	294μH
500	1	20,5	5,8	2,12	0,6	294μH
500	1,5	20,5	5,7	3,18	0,6	294μH
500	2	20,5	5,7	4,24	0,6	294μH

CONTINÚA 

STRK	Tiempo de inyección	Voltaje de activación	Voltaje de retención	Grados de Activación	Resistencia en la Bobina	Inductancia
750	0,25	20,5	2,7	0,53	0,6	294 μ H
750	0,5	20,5	6,1	1,06	0,6	294 μ H
750	1	20,5	5,8	2,12	0,6	294 μ H
750	1,5	20,5	5,7	3,18	0,6	294 μ H
750	2	20,5	5,8	4,24	0,6	294 μ H
990	0,25	20,5	2,7	0,53	0,6	294 μ H
990	0,5	20,5	6,2	1,06	0,6	294 μ H
990	1	20,5	5,8	2,12	0,6	294 μ H
990	1,5	20,5	5,9	3,18	0,6	294 μ H
990	2	20,5	5,7	4,24	0,6	294 μ H

La tabla 42 presenta la variación del número de strock y el tiempo de inyección para cada una de las pruebas donde los grados de activación son directamente proporcionales al tiempo de inyección, en estas pruebas hay ángulo máximo de 4.24⁰ para el tiempo de inyección de 2ms y el ángulo mínimo de 0.53⁰ para el tiempo de inyección de 0.25ms.

El voltaje de activación tiene una variación de 20.4v a 20.5v, al sacar la media de los mismos se obtuvo un consumo promedio de 20.35v.

Se comprobó el estado de la bobina del inyector, con un valor resistivo de 0.6 Ω y un valor de inductancia de 294 μ H, los mismos que son totalmente independientes de todos los parámetros variados en cada una de las pruebas que se realizó.

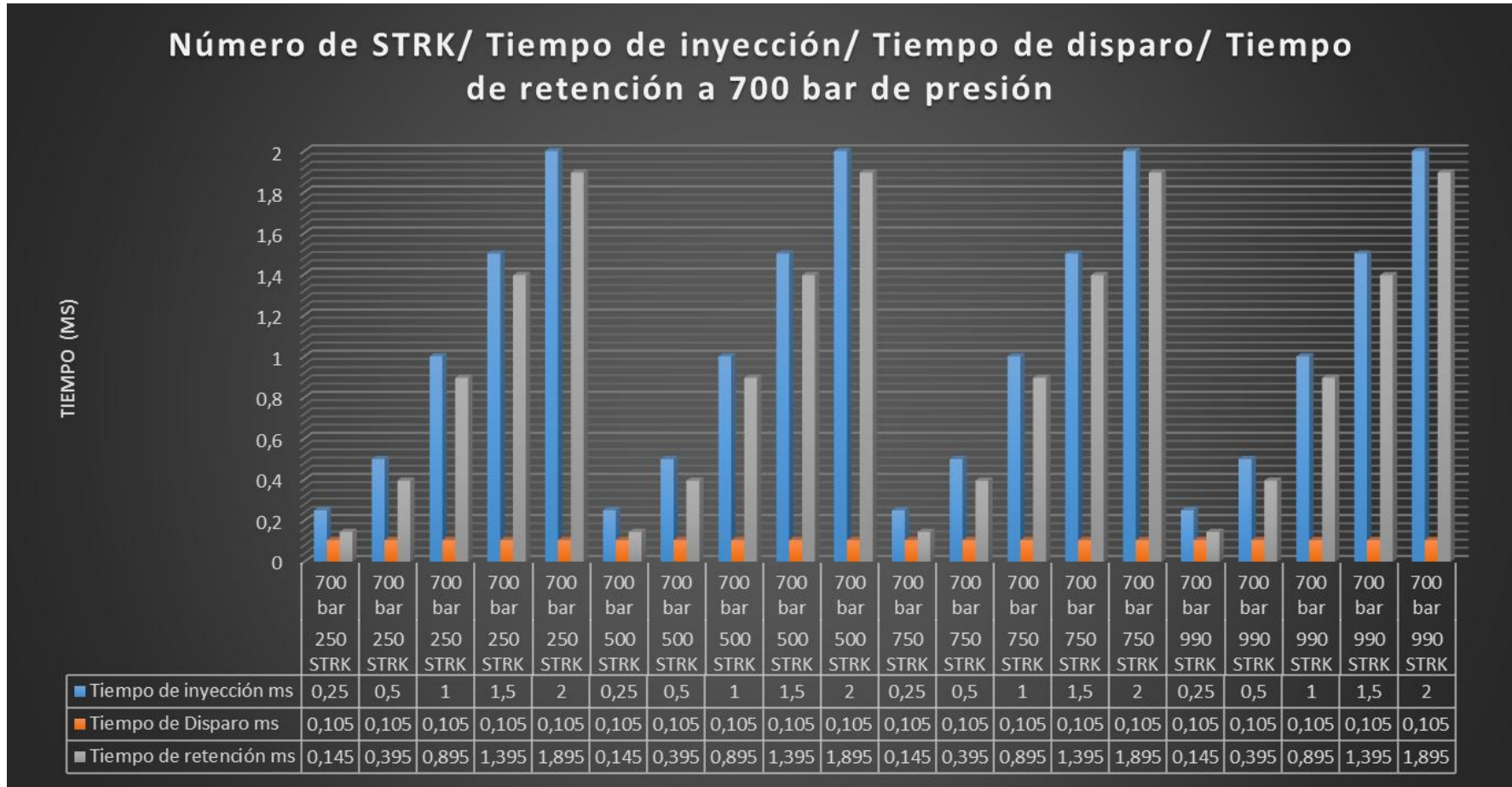


Figura 73. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "06S00387" a una presión constante de 700 bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del tiempo de disparo y el tiempo de retención.

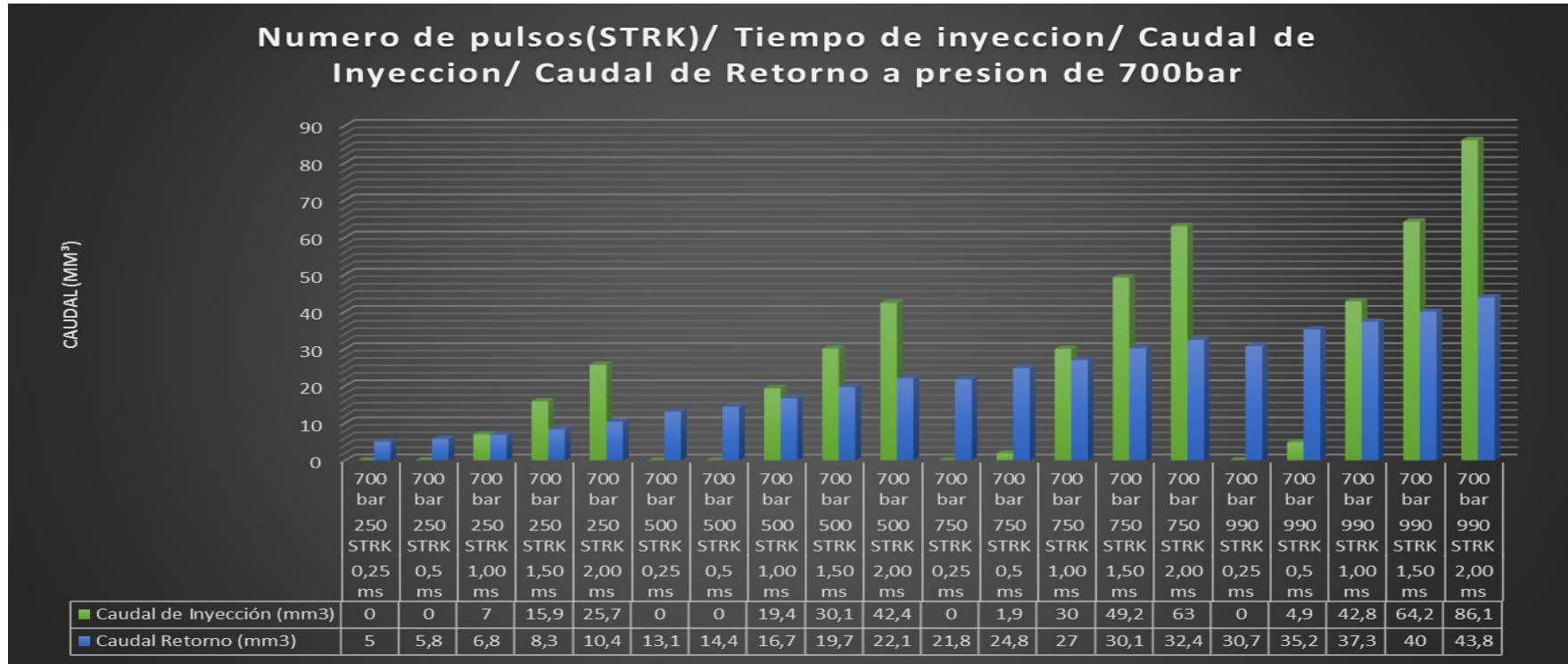


Figura 74. Prueba realizada al inyector diésel DENSO "06S00387" a una presión constante de 700bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de inyección y el caudal de retorno.

En la figura 73 están los datos obtenidos del tiempo de disparo, en donde, no presenta variación en sus valores se encuentra en el valor de 0.105ms, por otro lado, se verificó que el tiempo de retención es inversamente proporcional al tiempo de disparo y directamente proporcional al tiempo de inyección, los tiempos detallados son totalmente independientes al número de pulsos (strocks) puesto que no varían al aumentar el valor de este parámetro.

En la figura 74 se verificó que caudal de inyección y el caudal de retorno son directamente proporcionales al tiempo de inyección y al número de pulsos strock, se llegó a tener un caudal máximo de inyección de 86.1ml a 990 pulsos (strocks) y un tiempo de inyección 2ms; el caudal mínimo de inyección apreciable en la gráfica es el de 1.9 ml a 750 pulsos y un tiempo de inyección de 0.5ms.

Se observó el caudal mínimo de retorno apreciable que es de 5ml a 250 pulsos y 0.25ms de tiempo de inyección; el caudal máximo de retorno es de 43.8 ml a 990 pulsos y un tiempo de inyección de 2.00ms.

4.7.7. Análisis y comparación de los caudales de inyección y retorno del inyector "06S00387" CRDI Denso a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión.

Tabla 43.

Análisis y comparación de los caudales de inyección del inyector "06S00387" DENSO a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión.

Tiempo de inyección	STRK	Caudal de Inyección a Presión (300bar)	Caudal de Inyección a Presión (400bar)	Caudal de Inyección a Presión (500bar)	Caudal de Inyección a Presión (600bar)	Caudal de Inyección a Presión (700bar)
0,25 ms	250	0	0	0	0	0
0,5 ms	250	0	0	0	0	0
1 ms	250	0	0	3,5	5	7
1,5 ms	250	5,5	9	12,2	15	15,9
2 ms	250	8,2	14,2	18,4	22,1	25,7
0,25 ms	500	0	0	0	0	0
0,5 ms	500	0	0	0	0	0
1 ms	500	0,8	5,7	11,2	16,2	19,4
1,5 ms	500	12	20,8	32,2	31,6	30,1

CONTINÚA 

Tiempo de inyección	STRK	Caudal de Inyección a Presión (300bar)	Caudal de Inyección a Presión (400bar)	Caudal de Inyección a Presión (500bar)	Caudal de Inyección a Presión (600bar)	Caudal de Inyección a Presión (700bar)
2 ms	500	22,9	32,5	36,5	37,6	42,4
0,25 ms	750	0	0	0	0	0
0,5 ms	750	0	0	0	0,1	1,9
1 ms	750	3	10,9	18,6	25,4	30
1,5 ms	750	23,1	35,1	41,6	43,1	49,2
2 ms	750	35,3	44,6	54	63	63
0,25 ms	990	0	0	0	0	0
0,5 ms	990	0	0	0,1	1,7	4,9
1 ms	990	5,6	16,2	25,9	35,1	42,8
1,5 ms	990	27,3	44	50,4	57,8	64,2
2 ms	990	47,2	63	84,3	86,1	86,1

En la tabla 43 están las variaciones del número de pulsos strock y el tiempo de inyección para las presiones a las que se está realizando las pruebas; el caudal de inyección es directamente proporcional al número de strock, al tiempo de inyección y presión respectiva, por ello se determinó que el caudal máximo de inyección es 87ml al máximo número de pulsos 990, máximo tiempo de inyección 2ms y máxima presión 700 bar.

Se verificó que todas las presiones y pulsos (strock) analizados en el tiempo de inyección 0,25 ms no puede ser apreciado debido a que ingresa muy poco nivel de fluido el mismo que es pulverizado en su totalidad.

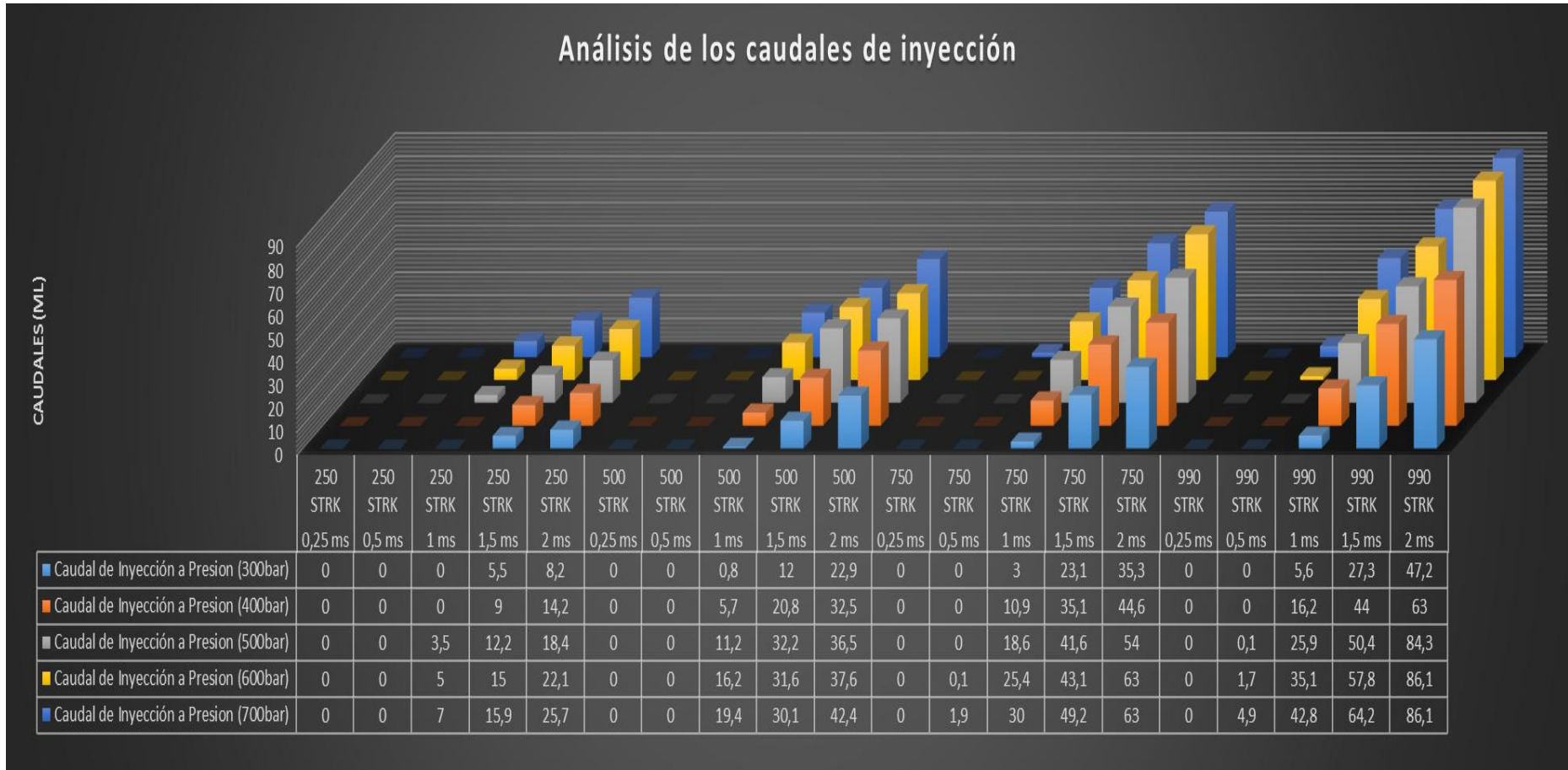


Figura 75. Pruebas realizadas al inyector diésel DENSO "06S00387" a presión de 300, 400, 500, 600, 700bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de inyección.

Tabla 44.

Análisis y comparación de los caudales de retorno del inyector**"06S00387" DENSO a (300, 400, 500, 600, 700) bar de presión.**

Tiempo de inyección	STRK	Caudal de Inyección a Presión (300bar)	Caudal de Inyección a Presión (400bar)	Caudal de Inyección a Presión (500bar)	Caudal de Inyección a Presión (600bar)	Caudal de Inyección a Presión (700bar)
0,25 ms	250	0	1,6	2,8	4	5
0,5 ms	250	0,1	1,8	4	4,5	5,8
1 ms	250	0,8	2,6	4,2	5,2	6,8
1,5 ms	250	2,1	3,9	5,3	7,2	8,3
2 ms	250	2,6	4	6,7	8,4	10,4
0,25 ms	500	2,9	5,6	8,1	10,4	13,1
0,5 ms	500	4	6,2	8,8	11,6	14,4
1 ms	500	5,5	5,9	10,8	14	16,7
1,5 ms	500	7,2	10,2	13,1	16,3	19,7
2 ms	500	8,9	11,9	16,7	17,2	22,1
0,25 ms	750	5,7	9,2	14	17,1	21,8
0,5 ms	750	6,8	11	15,2	18,3	24,8
1 ms	750	9	13,2	17,9	22	27
1,5 ms	750	12,3	16,9	21,9	24	30,1
2 ms	750	14,3	18	24,7	29,3	32,4
0,25 ms	990	7,1	14	19	23,8	30,7
0,5 ms	990	9	14,5	21,6	26,4	35,2
1 ms	990	12,2	19,2	24,7	31,5	37,3
1,5 ms	990	16,4	22,8	26,8	33,4	40
2 ms	990	18	23,4	30,1	38,7	43,8

En la tabla 44 está la variación del número de pulsos strock y el tiempo de inyección para las presiones a las que se está realizando las pruebas, el caudal de retorno es directamente proporcional al número de strock, al tiempo de inyección y presión respectiva, por ello se determinó que el caudal máximo de retorno es 31.6 al máximo número de pulsos 990, máximo tiempo de inyección 2ms y máxima presión 700 bar.

Se verificó que únicamente en la prueba a presión de 300bar ,025 ms y 250 strock no existe fluido en la probeta de retorno, todas las demás presentan valores en cada una de sus pruebas.

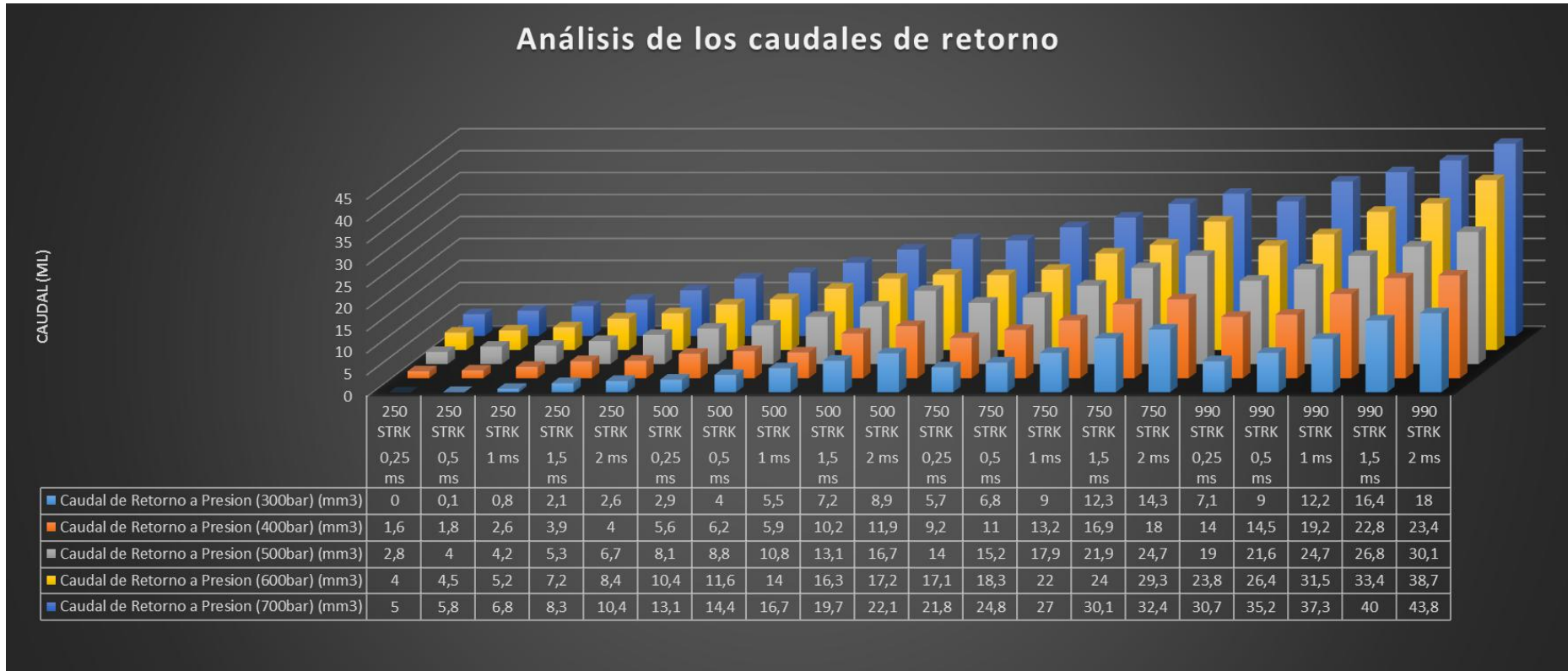


Figura 76. Pruebas realizadas al inyector diésel DENSO "06S00387" a presión de 300, 400, 500, 600, 700bar con variación en el número de pulsos (250, 500, 750, 990) strock y en los tiempos de inyección (0.25, 0.5, 1.00, 1.5, 2.00) ms, apreciando la variación del caudal de retorno.

4.7.8. Oscilograma de voltaje y corriente del inyector “06S00387”.

El siguiente oscilograma detalla cada uno de los elementos que conforman un oscilograma de voltaje y como van variando dependiendo cada una de las condiciones de la prueba a la que son sometidos los inyectores:

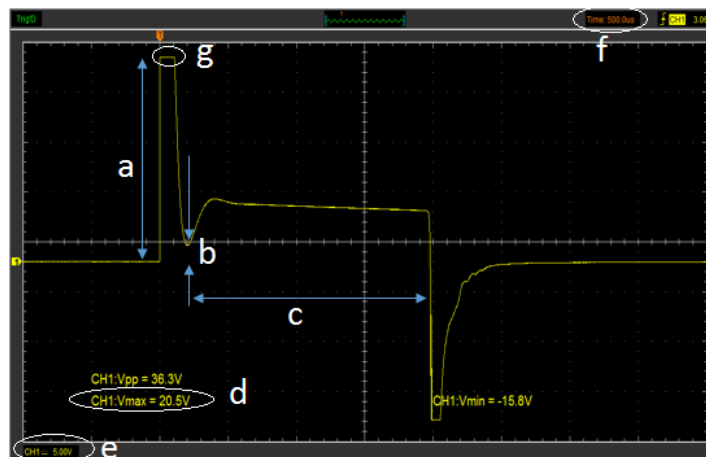


Figura 77. Elementos del oscilograma de voltaje del inyector Denso CRDI “06S00387”

En la figura 77 se puede apreciar cada uno de los elementos que conforman el oscilograma de voltaje:

- Es la distancia vertical que representa el voltaje de activación cuyas unidades son voltios.
- Es la distancia vertical que representa el voltaje de retención sus unidades son los voltios
- Es la distancia que representa el tiempo de retención, y esta ira aumentando o disminuyendo dependiendo el tiempo de inyección.
- Representa el voltaje de activación, sus unidades son los voltios y se lo obtiene mediante la opción measure.
- Calibración que se puede realizar en el osciloscopio en el eje “Y”, donde se ve representado los voltios.
- Calibración que se puede realizar en el osciloscopio en el eje “X”, donde se ve representado el tiempo.

g) Representa el tiempo de disparo en ms.

A continuación se detalla cada uno de los elementos que forman parte del oscilograma de corriente, el cual inicia y culmina en el mismo instante que lo hace el oscilograma de voltaje.

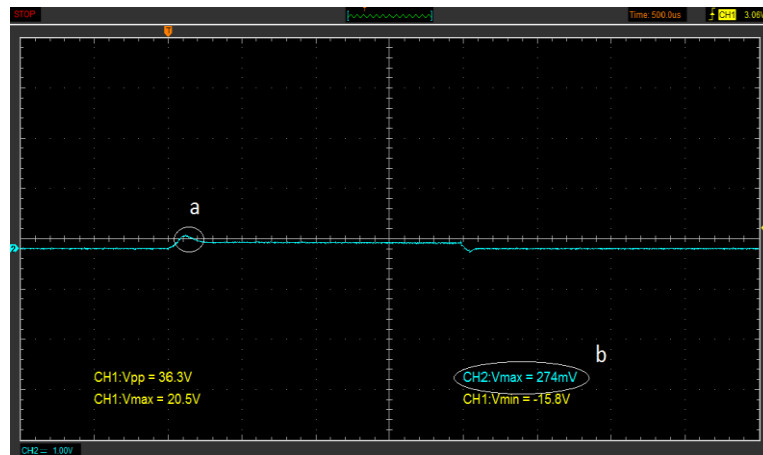


Figura 78. Elementos del oscilograma de corriente del inyector Denso CRDI “06S00387”

En la figura 78 se puede apreciar cada uno de los elementos que conforman el oscilograma de corriente son los siguientes:

- El tiempo de disparo del inyector en la gráfica de corriente.
- Representa el amperaje de activación del inyector, esta opción se la puede obtener mediante measure. Cabe resaltar que en la obtención de este valor se debe realizar una conversión donde existe la siguiente equivalencia 10mv es igual a 1 amperio.

A continuación, se presentarán oscilogramas de voltaje y corriente por separados, posterior el de corriente y voltaje unidos para ver la similitud que tienen entre los dos. Cabe mencionar que para todas las pruebas realizadas son graficas que comparten similitud en todas sus formas, lo que permite establecer un solo modelo. El parámetro que se va a diferenciar en cada

modelo de grafica es el tiempo de retención del inyector el mismo que va a variar dependiendo el tiempo de inyección que se establece en cada prueba.

De aquí en adelante los oscilogramas que se analizaran representan a una presión constante de 300bar, strock son totalmente independientes; en el oscilograma lo que si se va a variar tiempo de inyección:

- **Oscilograma de voltaje y corriente, para un tiempo de inyección de 0.25ms del inyector Denso “06S00387”**

El siguiente oscilograma se obtuvo variando los pulsos de inyección de 0.25ms, a una presión de 300bar y número de pulsos strock totalmente independientes. El osciloscopio se trabajó con determinadas escalas: 500us para el eje de las abscisas y 5v para el eje de las ordenadas.

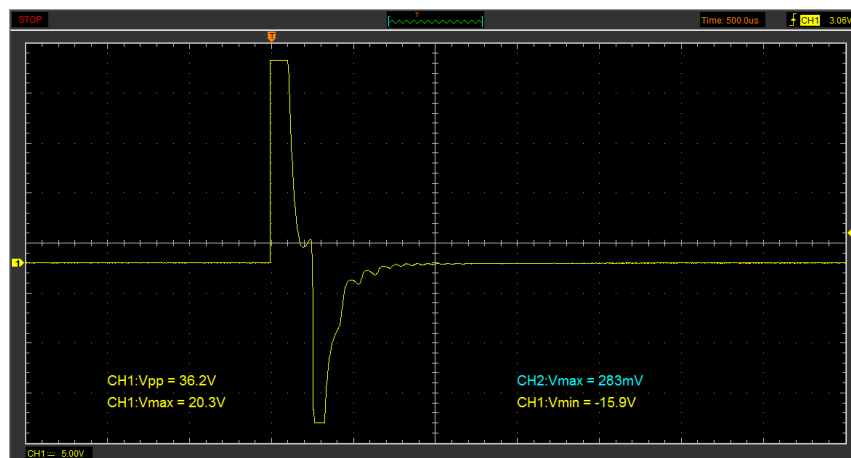


Figura 79. Oscilograma de voltaje, con el tiempo de inyección de 0.25ms

En la figura 79 esta una curva amarilla la cual representa el voltaje de activación del inyector con un valor de 20.3v; se puede apreciar mediante la tabla 43 los siguientes parámetros: tiempo de inyección 0.25ms, tiempo de retención 0.141ms y el tiempo de disparo 0.109ms. Cabe recalcar que el voltaje de activación no vario cuando se modificó el número de strock o presión.

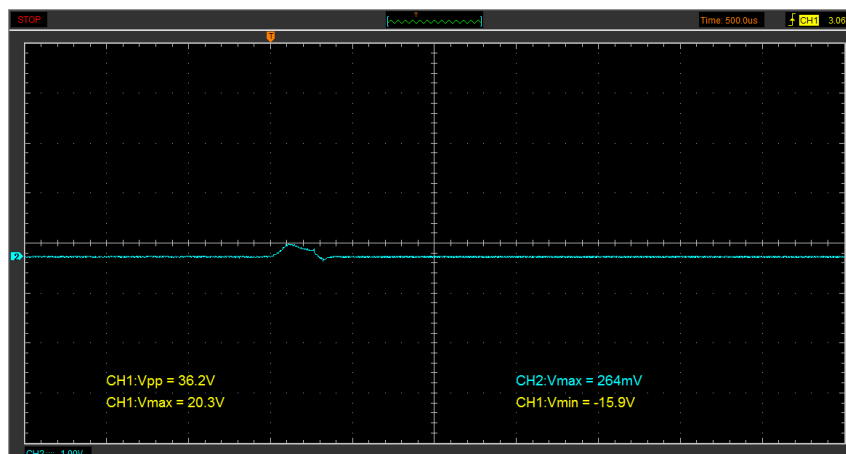


Figura 80. Oscilograma de corriente, con el tiempo de inyección de 0.25ms

En la figura 80, esta curva de color celeste la que representa la corriente necesaria para activar el inyector a 26.4 la misma que se mantiene durante el tiempo de disparo. Cabe recalcar que el amperaje de activación no vario cuando se modificó el número de strock o presión, para obtener el valor de amperaje se debe tener en cuenta la escala de la pinza amperimétrica que dice 10mv es 1 amperio.

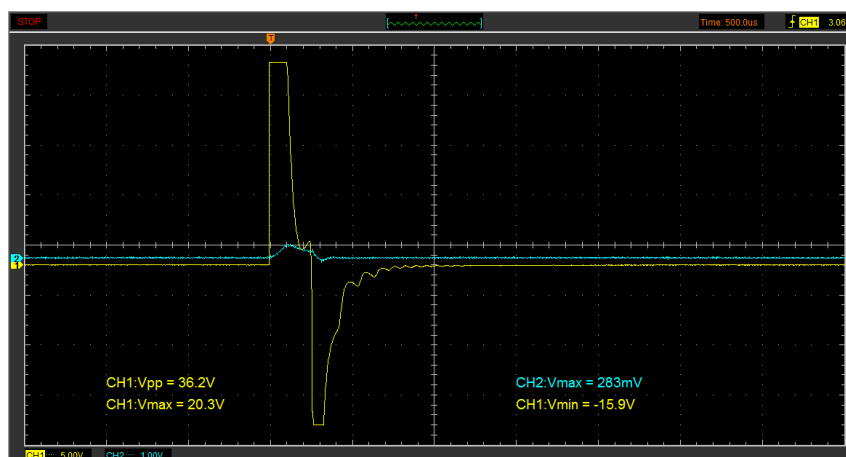


Figura 81. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneos con el tiempo de inyección de 0.25ms

En la figura 81, está la activación simultánea de la señal de voltaje y corriente, la presente gráfica permite analizar que el valor máximo de

activación del inyector se mantiene abierto al igual que el pico de corriente, para luego descender hasta la zona donde empieza el tiempo de retención, se observa que ambas curvas terminan su ciclo al mismo tiempo.

- **Oscilograma de voltaje y corriente, para un tiempo de inyección de 0.5ms del inyector Denso “06S00387”.**

El siguiente oscilograma se obtuvo variando los pulsos de inyección de 0.5ms, a una presión de 300bar y número de pulsos strock totalmente independientes. El osciloscopio trabajó con determinadas escalas: 500us para el eje de las abscisas y 5v para el eje de las ordenadas.

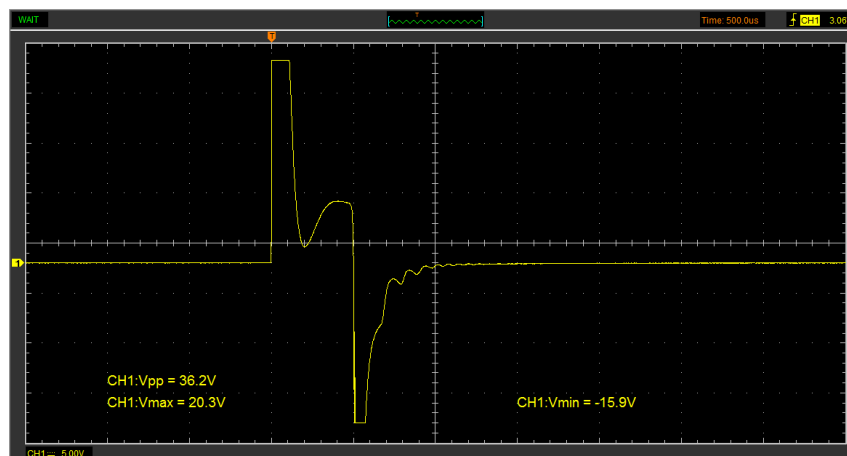


Figura 82. Oscilograma de voltaje, con el tiempo de inyección de 0.5ms

En la figura 82 esta una curva amarilla la cual representa el voltaje de activación del inyector con un valor de 20.3v; se puede apreciar mediante la tabla 43 los siguientes parámetros: tiempo de inyección 0.5ms, tiempo de retención 0.391ms y el tiempo de disparo 0.109ms. Cabe recalcar que el voltaje de activación no vario cuando se modificó el número de strock o presión.

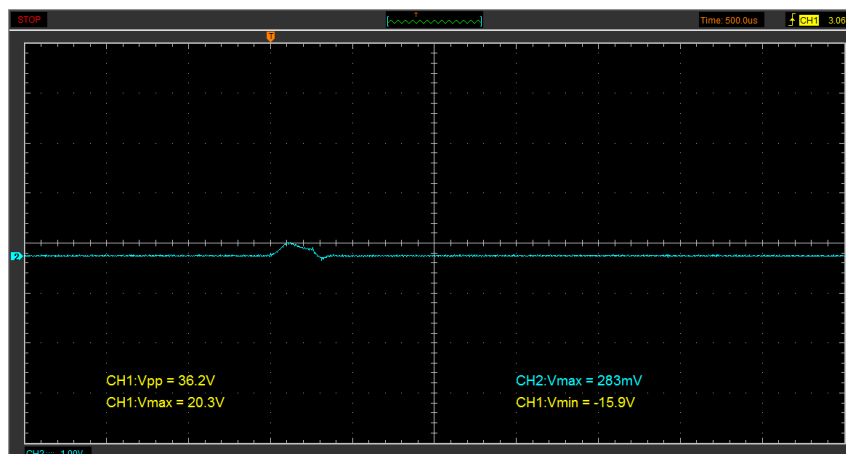


Figura 83. Oscilograma de corriente, con el tiempo de inyección de 0.5ms

En la figura 83, esta una curva de color celeste la que representa la corriente necesaria para activar el inyector a 28.3A, la misma que se mantiene durante el tiempo de disparo. Cabe recalcar que el amperaje de activación no vario cuando se modificó el número de strock o presión, para obtener el valor de amperaje se debe tener en cuenta la escala de la pinza amperimétrica que dice 10mv es 1 amperio.

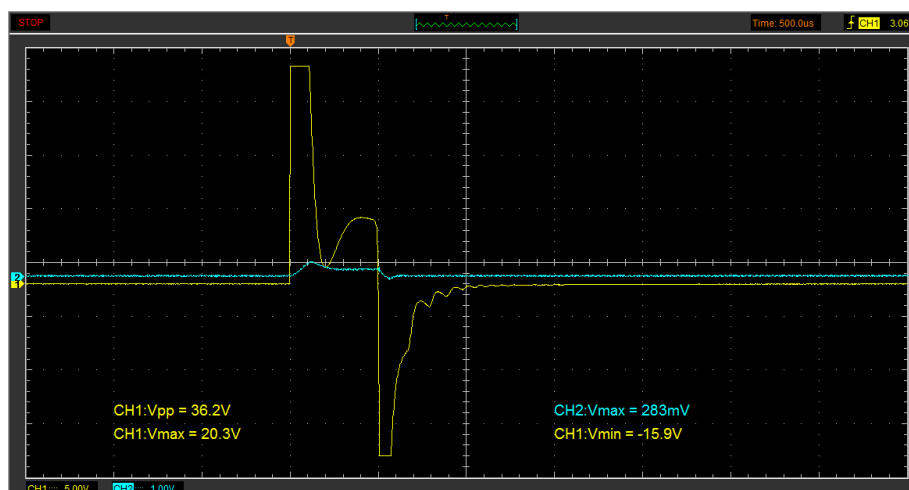


Figura 84. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneos con el tiempo de inyección de 0.5ms

En la figura 84, están la activación simultánea de la señal de voltaje y corriente, la presente gráfica permite analizar que el valor máximo de

activación del inyector se mantiene abierto al igual que el pico de corriente, para luego descender hasta la zona donde empieza el tiempo de retención, se observa que ambas curvas terminan su ciclo al mismo tiempo.

- **Oscilograma de voltaje y corriente, para un tiempo de inyección de 1.0ms del inyector Denso “06S00387”.**

El siguiente oscilograma se obtuvo variando los pulsos de inyección de 1.0ms, a una presión de 300bar y número de pulsos strock totalmente independientes. El osciloscopio se trabajó con determinadas escalas: 500us para el eje de las abscisas y 5v para el eje de las ordenadas.

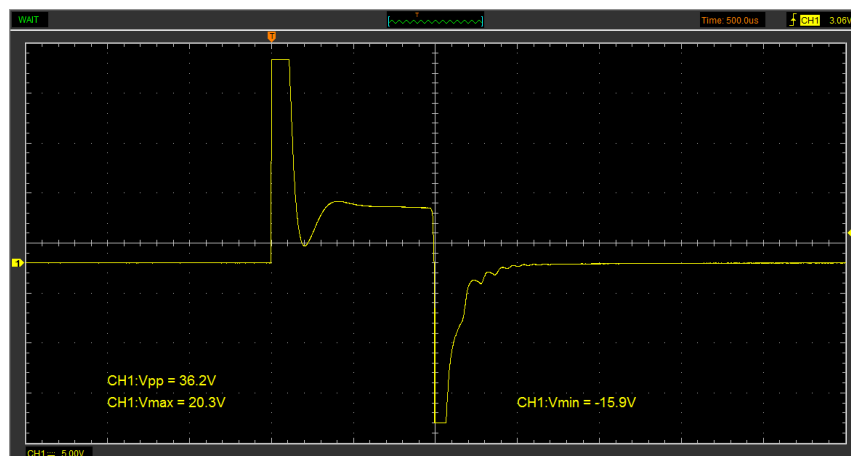


Figura 85. Oscilograma de voltaje, con el tiempo de inyección de 1.0ms

En la figura 85 esta una curva amarilla la cual representa el voltaje de activación del inyector con un valor de 20.3v; se puede apreciar mediante la tabla 43 los siguientes parámetros: tiempo de inyección 1.0ms, tiempo de retención 0.891ms y el tiempo de disparo 0.109ms. Cabe recalcar que el voltaje de activación no vario cuando se modificó el número de strock o presión.

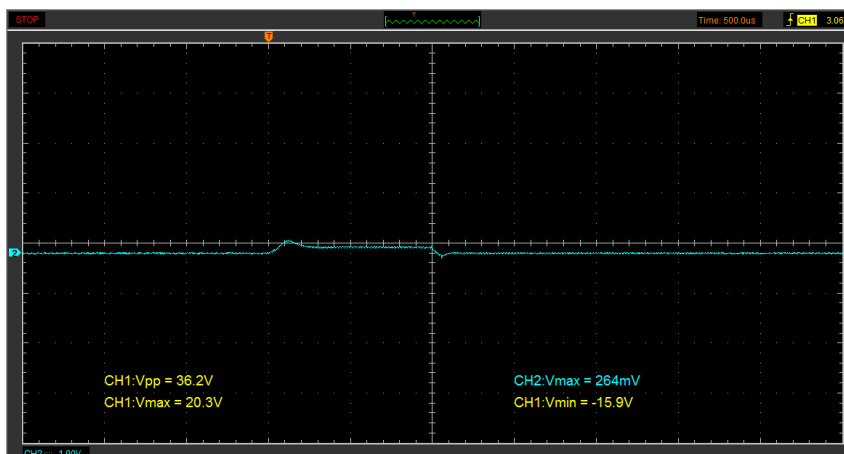


Figura 86. Oscilograma de corriente, con el tiempo de inyección de 1.0ms

En la figura 86, esta una curva de color celeste la que representa la corriente necesaria para activar el inyector a 26.4A la misma que se mantiene durante el tiempo de disparo. Cabe recalcar que el amperaje de activación no vario cuando se modificó el número de strock o presión, para obtener el valor de amperaje se debe tener en cuenta la escala de la pinza amperimétrica que dice 10mv es 1 amperio.

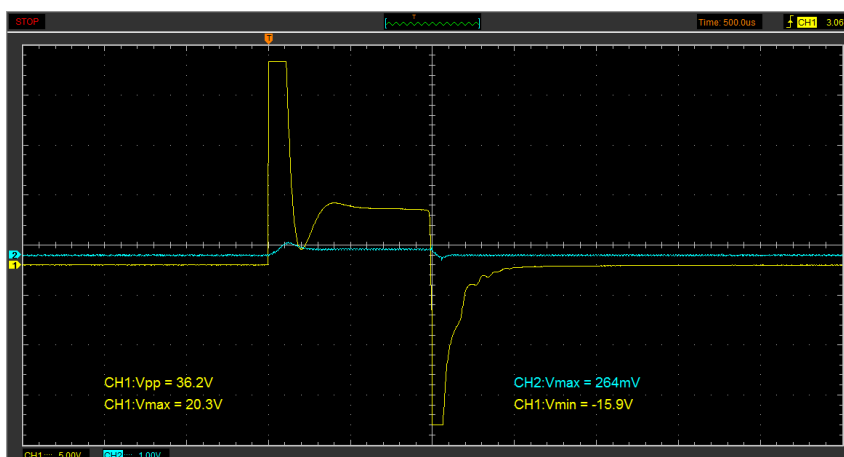


Figura 87. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneos con el tiempo de inyección de 1.0ms

En la figura 87, está la activación simultánea de la señal de voltaje y corriente, la presente gráfica permite analizar que el valor máximo de

activación del inyector se mantiene abierto al igual que el pico de corriente, para luego descender hasta la zona donde empieza el tiempo de retención, se observa que ambas curvas terminan su ciclo al mismo tiempo.

- **Oscilograma de voltaje y corriente, para un tiempo de inyección de 1.5ms del inyector Denso “06S00387”**

El siguiente oscilograma se obtuvo variando los pulsos de inyección de 1.5ms, a una presión de 300bar y número de pulsos strock totalmente independientes. El osciloscopio se trabajó con determinadas escalas: 500us para el eje de las abscisas y 5v para el eje de las ordenadas.

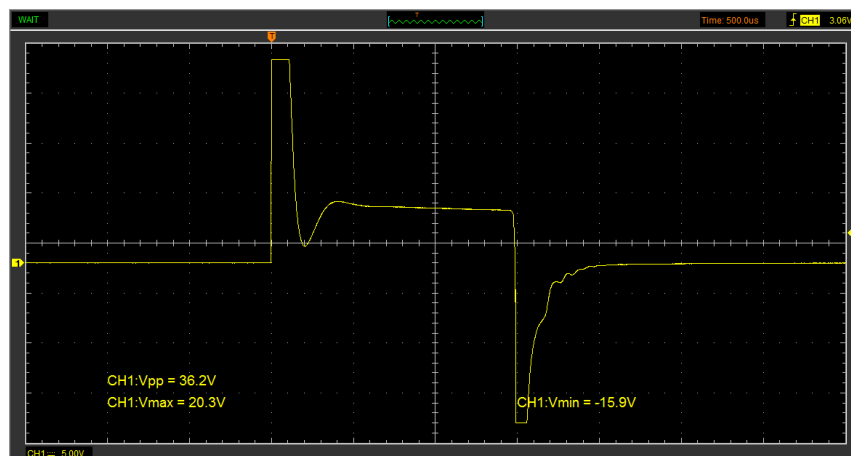


Figura 88. Oscilograma de voltaje, con el tiempo de inyección de 1.5ms

En la figura 88 esta una curva amarilla la cual representa el voltaje de activación del inyector con un valor de 20.3 V; se puede apreciar mediante la tabla 43 los siguientes parámetros: tiempo de inyección 1.5ms, tiempo de retención 1.391ms y el tiempo de disparo 0.109ms. Cabe recalcar que el voltaje de activación no vario cuando se modificó el número de strock o presión.

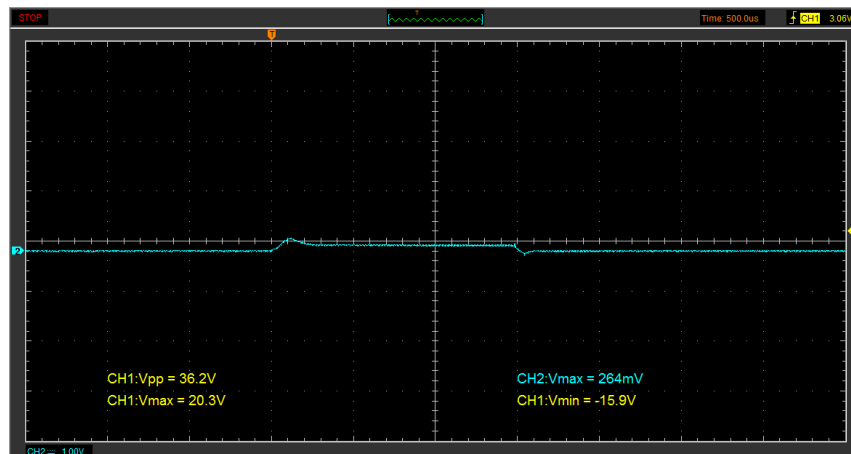


Figura 89. Oscilograma de corriente, con el tiempo de inyección de 1.5ms

En la figura 89, esta una curva de color celeste la que representa la corriente necesaria para activar el inyector a 26.4A la misma que se mantiene durante el tiempo de disparo. Cabe recalcar que el amperaje de activación no vario cuando se modificó el número de strock o presión, para obtener el valor de amperaje se debe tener en cuenta la escala de la pinza amperimétrica que dice 10mv es 1 amperio.

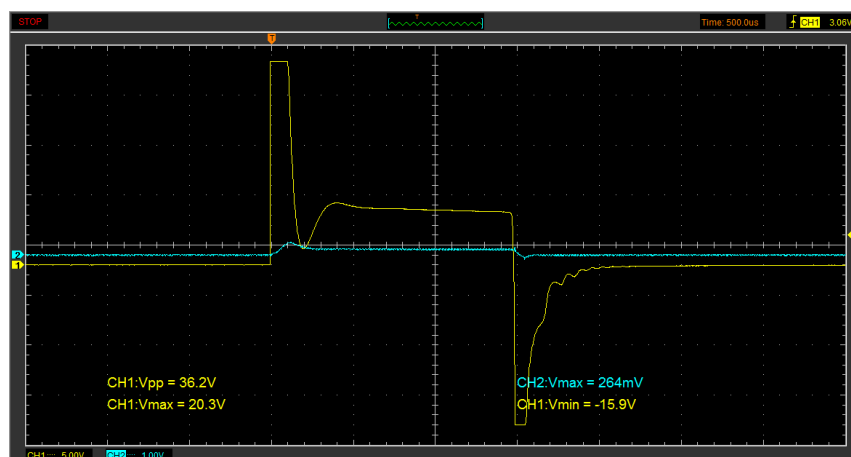


Figura 90. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneos con el tiempo de inyección de 1.5ms

En la figura 90, está la activación simultánea de la señal de voltaje y corriente, la presente gráfica permite analizar que el valor máximo de

activación del inyector se mantiene abierto al igual que el pico de corriente, para luego descender hasta la zona donde empieza el tiempo de retención, se observa que ambas curvas terminan su ciclo al mismo tiempo.

- **Oscilograma de voltaje y corriente, para un tiempo de inyección de 2.0ms del inyector Denso “06S00387”**

El siguiente oscilograma se obtuvo variando los pulsos de inyección de 2.0ms, a una presión de 300bar y número de pulsos strock totalmente independientes. El osciloscopio se trabajó con determinadas escalas: 500us para el eje de las abscisas y 5v para el eje de las ordenadas.

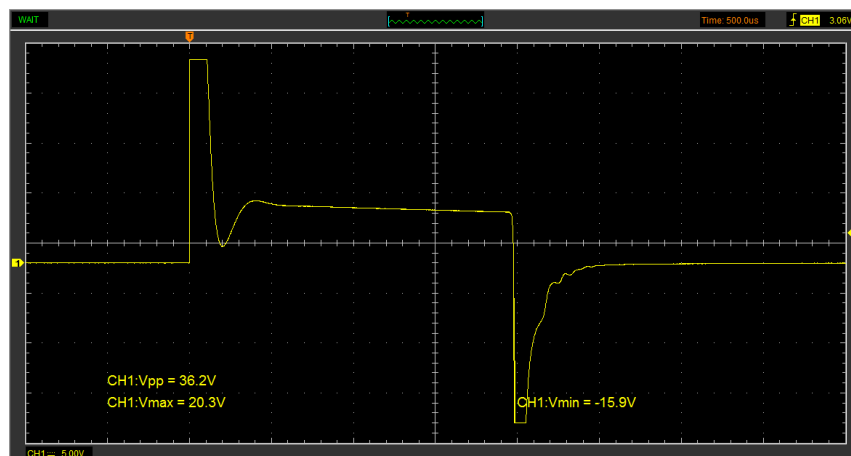


Figura 91. Oscilograma de voltaje, con el tiempo de inyección de 2.0ms

En la figura 91 esta una curva amarilla la cual representa el voltaje de activación del inyector con un valor de 20.3 V; se puede apreciar mediante la tabla 43 los siguientes parámetros: tiempo de inyección 2.0ms, tiempo de retención 1.891ms y el tiempo de disparo 0.109ms. Cabe recalcar que el voltaje de activación no vario cuando se modificó el número de strock o presión.

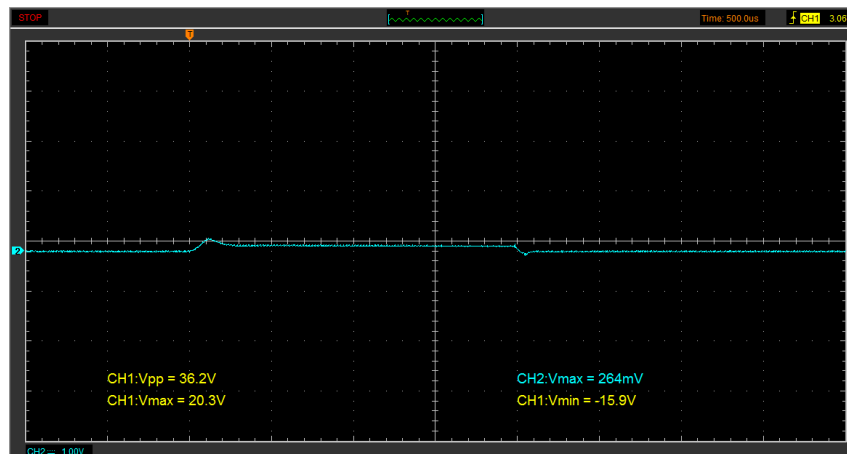


Figura 92. Oscilograma de corriente, con el tiempo de inyección de 2.0ms

En la figura 92, esta una curva de color celeste la que representa la corriente necesaria para activar el inyector a 26.4A la misma que se mantiene durante el tiempo de disparo. Cabe recalcar que el amperaje de activación no vario cuando se modificó el número de strock o presión, para obtener el valor de amperaje se debe tener en cuenta la escala de la pinza amperimétrica que dice 10mv es 1 amperio.

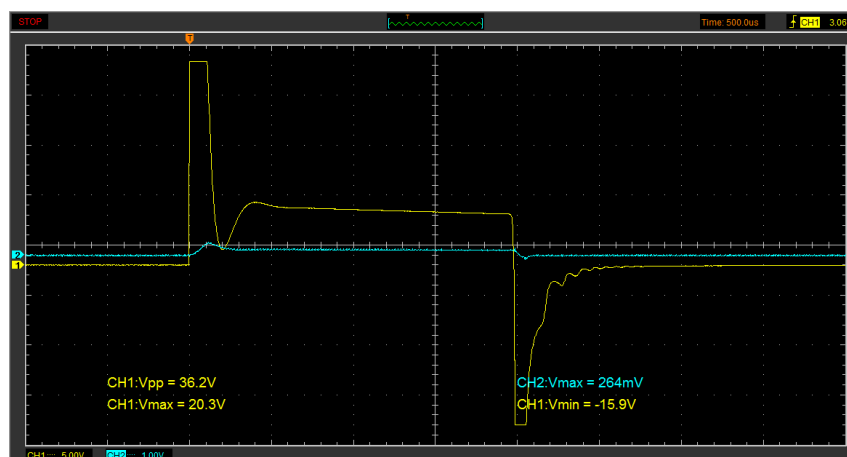


Figura 93. Oscilograma de voltaje y corriente simultáneos con el tiempo de inyección de 2.0ms

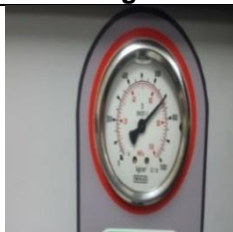

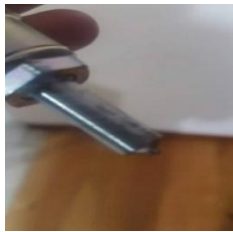
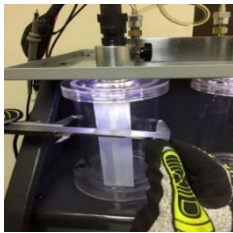
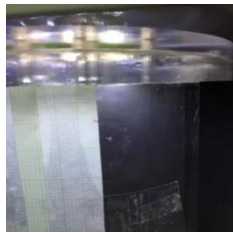
En la figura 93, está la activación simultánea de la señal de voltaje y corriente, la presente gráfica permite analizar que el valor máximo de

activación del inyector se mantiene abierto al igual que el pico de corriente, para luego descender hasta la zona donde empieza el tiempo de retención, se observa que ambas curvas terminan su ciclo al mismo tiempo.



4.8 Parámetros de los inyectores DENSO "05S00047" y "06S00387" CRDI

Tabla 45.

Parámetros de los inyectores "05S00047" y "06S00387"

Parámetro	Característica	Investigación	Valor	Imagen
Presión máxima del protocolo	Bar	Medición (Banco pruebas 3500)	de V- 700	
Presión mínima del protocolo	Bar	Medición (Banco pruebas 3500)	de V- 300	
Orificios del inyector	Número	Inspección visual inyector	del 6	
Ángulo de disparo	Grados	Medición (Banco pruebas 3500)	de V- 11,43°	
Ángulo de dispersión	Grados	Medición (Banco pruebas 3500)	de V- 15,49°	

CONTINÚA 

Parámetro	Característica	Investigación	Valor	Imagen
Tobera	Serie	Investigación	R-5108-1	
Corrección de caudal cilindro 1-2	mm^3	Medición (Banco pruebas 3500)	Proporcional a parámetros designados	

4.9 Ángulo de pulverización de los inyectores DENSO “05S00047” y “06S00387” CRDI

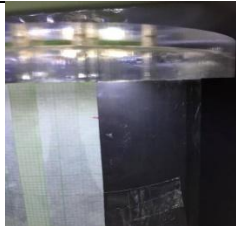
Los inyectores que se estudió, poseen 6 orificios para la inyección de tipo inductivo.

Para encontrar el ángulo de pulverización del inyector es necesario previamente recopilar los datos que se muestran a continuación:

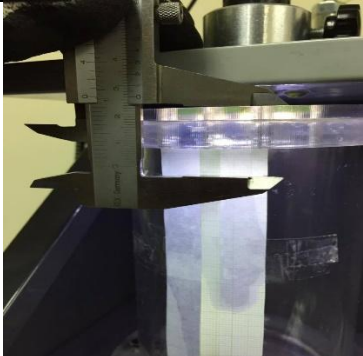

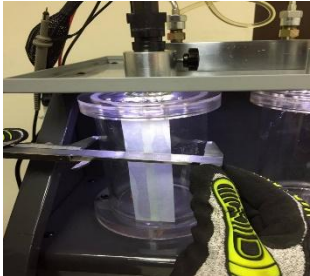
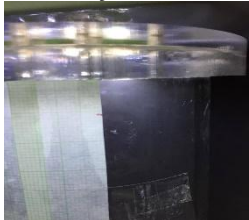
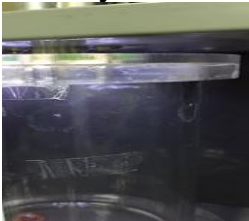
1. En la tabla que se muestra, se detallan los pasos para encontrar los valores que serán utilizados en el cálculo de los ángulos.

Tabla 46.

Parámetros de los inyectores DENSO “05S00047” y "06S00387"

N°	Descripción	Imagen
1	Para iniciar la medición de parámetros para el ángulo de pulverización se procede a instalar papel milimetrado en el cilindro de inyección	 Papel milimetrado para referencia de medición

CONTINÚA 

N°	Descripción	Imagen
2	Se designa un punto de partida en el cilindro para realizar la medida del inyector hasta sus orificios, se tomó la parte superior del cilindro de medición.	
3	Medir desde la tuerca hacia la punta del inyector, en la mitad de los orificios. La tuerca se asienta sobre la parte superior del cilindro, de esta manera se obtiene h.	
4	Medir el diámetro del cilindro de inyectores para obtener el radio. Se debe descartar el ancho del material para lograr una medición exacta.	
5	Marcar en el papel milimetrado una referencia de donde se encuentra la punta del inyector.	
6	Con la ayuda de un calibre se debe proceder a la medición del diámetro de chorro.	

2. Luego de realizar las mediciones en el cilindro de inyección se pudo conocer los parámetros necesarios para realizar el cálculo del ángulo deseado.

Cálculo:

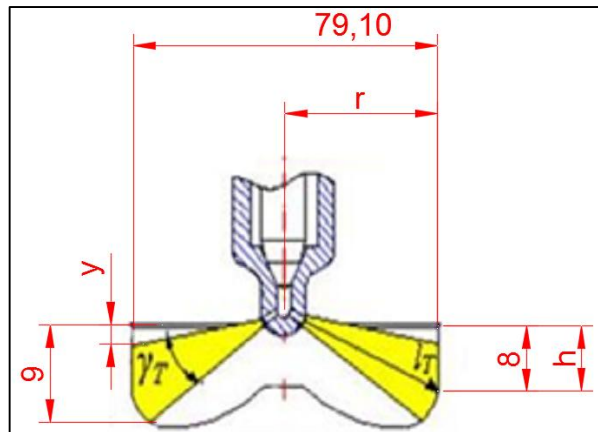


Figura 94. Datos para el cálculo del ángulo de pulverización

Datos:

- h = altura = 8 mm
 r = radio del cilindro = 39,55 mm
 θ = Diámetro del chorro = 9 mm
 IT = Ángulo de Disparo =
 YT = Ángulo de Dispersión
 Y = Diferencia de Alturas = 2 mm

Ángulo de disparo

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

$$I_T \quad \alpha = \arctan\left(\frac{8}{39,55}\right)$$

$$I_T = 11,43^\circ$$

Ángulo de dispersión

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

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{9 + 2}{39,55}\right) - \arctan\left(\frac{2}{39,55}\right)$$

$$\gamma_T \quad \beta = \arctan\left(\frac{11}{39,55}\right) - \arctan\left(\frac{2}{39,55}\right)$$

$$\gamma_T = 15,49^\circ$$

Tabla 47.**Ángulos del inyector Denso "06S00387"**

Ángulo del inyector Denso "06S00387"	
Ángulo de disparo	11,43
Ángulo de dispersión	15,49

CAPÍTULO V

5. RECURSOS

Para obtener la factibilidad del presente proyecto se desarrolló el presente capítulo en el cual se va analizar la optimización de recursos humanos, físicos, materiales, tecnológicos y financieros los mismos que se darán a conocer detalladamente.

5.1. Recursos humanos

Los recursos humanos cumplen un papel muy importante para la elaboración del presente proyecto titulado: "INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES MARCA DENSO, "05S00047" Y "06S00387" DEL SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI (COMMON RAIL DIESEL INJECTION)" debido a que gracias a ellos surgen cada una de las ideas que conllevaran a cumplir todos los objetivos y las metas que se propuso al principio de la investigación.

El trabajo de investigación fue elaborado por: Jonathan Stalin Noboa Pazmiño y Diego Alejandro Vargas Caspi, con la designación del tutor Ing. German Erazo quien guio el proyecto desde su inicio hasta la finalización del mismos.

Tabla 48.

Recursos Humanos

No	Nombre	Detalle
1	JONATHAN STALIN NOBOA PAZMIÑO	INVESTIGADOR
2	DIEGO ALEJANDRO VARGAS CASPI	INVESTIGADO
3	ING. GERMAN ERAZO VALVERDE	DIRECTOR
4	ING. JOSE QUIROZ	DOCENTE

5.2. Recursos tecnológicos

En el proyecto se utilizaron recursos tecnológicos uno de los principales y que ayudo a cumplir satisfactoriamente las metas que se propuso fue el TESTER VNP-3500 CRDI que se encuentra en el laboratorio de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.

A continuación se detallan todos los recursos tecnológicos que facilitaron las tareas de investigación y desarrollo del proyecto:

Tabla 49.

Recurso Tecnológico

No.-	Recurso Tecnológico
1	Tester CRDI V-3500 VNP
2	Osciloscopio OWON PDS5022T
3	Osciloscopio HANTEK 1008C
4	Multímetro automotriz
5	Pinza Amperimétrica Brain Bee
6	Computador/Internet

5.3. Recursos materiales

Para realizar las pruebas en el laboratorio se utilizó varios materiales técnicos que cumplen funciones específicas y ayudan a cumplir con los objetivos requeridos para el desarrollo del proyecto.

Tabla 50.

Recursos Materiales

no.-	recursos materiales
1	Herramientas (destornilladores, llaves mixtas)
2	Batería 9v
3	Útiles de aseo
4	Equipo de seguridad personal
5	Compresor de aire

5.4. Recursos físicos

Son los lugares muy importantes donde se fue desarrollando diariamente de una forma adecuada y ordenada la investigación, en la investigación los dos lugares que se cabe destacar son:

- Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L.
- Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L.

5.5. Recursos financieros

La realización del proyecto titulado: "INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES MARCA DENSO, "05S00047" Y "06S00387" DEL SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI (COMMON RAIL DIESEL INJECTION)" requiere la utilización de equipos, instrumentos, materiales y otra clase de insumos.

Estos recursos son todos los gastos que se produjeron en el transcurso de la elaboración del proyecto los mismos que son asumidos por parte de los investigadores, a continuación, se detalla el presupuesto económico utilizado para la elaboración del proyecto:

Tabla 51.

Recursos Financieros

Ord.	Detalle	Cant.	Valor unitario	Total
1	Inyectores denso CRDI	2	420	840
2	Alquiler del Tester VNP-3500 CRDI	1	550	550
3	Alquiler del osciloscopio Owon	1	150	150
4	Alquiler del osciloscopio Hantek	1	150	150
5	Alquiler de la pinza amperimétrica	1	80	80
6	Transporte	1	160	160
7	Viscor	1	60	60
8	Herramientas automotrices	1	50	50
9	Multímetro automotriz	1	75	75
10	Impresiones	0,15	1000	150
10	Otros	se tomara el 8% del total total de gastos		154 2419

5.6. Análisis costo-beneficio

Mediante el presente se determinará la viabilidad del proyecto de investigación considerando el costo que este implica y los beneficios que este dejará para las futuras generaciones.

Al realizar un balance entre el costo económico junto con los alcances del proyecto titulado: "INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES MARCA DENSO, "05S00047" ha cumplido con los objetivos porque este representa un beneficio para toda la comunidad como proyecto de aplicación en el laboratorio de Autotrónica como complemento para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L.

La investigación llevada a cabo permitió obtener información veraz con características similares a los fabricantes DENSO la misma que se obtuvo mediante un protocolo de pruebas y metodologías que permiten establecer el desempeño mecánico y eléctrico de los inyectores inductivos para sistema CRDI de marca DENSO, existen en el mercado los datos reales pero la marca DENSO es muy recelosa en brindar esta información y si lo hace es por un costo sumamente elevado.

Los objetivos de la universidad están dirigidos a la investigación científica y a la innovación continua, temas que aporten nueva información a la ya establecida son considerados de gran importancia académica.

Por otro lado, se estableció información tecnológica científica actualizada que sirve como fuente de consulta para posteriores investigaciones.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Al culminar la investigación del comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores Denso CRDI, se presentan las siguientes conclusiones:

- Se investigó el desempeño mecánico, eléctrico y electrónico de los inyectores marca Denso “05S00047” Y “06S00387” para generar información técnica de los parámetros de funcionamiento de los inyectores CRDI.
- Se consultó en fuentes bibliográficas confiables, bases digitales, bibliotecas virtuales, artículos científicos sobre los inyectores Denso en los sistemas Common rail CRDI para desarrollo y ejecución del estudio.
- Se realizó un protocolo de pruebas dentro del banco de pruebas donde se verifique diagnósticos eléctricos de inducción y resistencia a la bobina, volumen de inyección a carga completa, carga parcial, carga baja, y volumen de retorno en los inyectores denso serie “05S00047” Y “06S00387”.
- Se desarrolló pruebas de orden mecánico a través de accionamiento electrónico para verificar y diagnosticar inyectores Denso del sistema riel común.
- Se realizó pruebas eléctricas: de corriente de activación, voltaje de activación, resistencia de la bobina, impedancia e inductancia de los inyectores CRDI Denso
- Se seleccionó equipos de comprobación, verificación, y datos obtenidos de laboratorios especializados para el desarrollo del estudio.
- Se elaboró un análisis comparativo entre los resultados obtenidos en los protocolos de pruebas.

- Las fuentes bibliográficas con respecto a los inyectores de la marca DENSO, son limitadas, no se accede con facilidad a información relevante.
- La información recopilada permitió resolver problemas planteados en la investigación
- La utilización de inyectores totalmente nuevos permite realizar una ficha técnica, la cual puede servir para comparar y diagnosticar inyectores usados o a su vez dañados.
- La recolección de datos con respecto al caudal de inyección, facilitan conocer si el inyector presenta goteo, lo cual puede desencadenar pérdida de potencia y alto consumo de combustible.
- La recolección de datos con respecto al caudal de inyección, facilitan conocer si el inyector presenta obstrucción a la inyección, lo cual puede desencadenar pérdida de potencia.
- La variación de presión, strock y tiempo de inyección no influyen en el consumo de corriente del inyector, es el mismo para todas las pruebas.
- Se verificó que, para todas las presiones, con tiempo de inyección 0,25 ms el valor del voltaje de retención se mantiene o su variación es de 2,3 a 2,7 ms.
- Se observó que para todas las presiones de prueba y strock, con tiempo de inyección 0,50 ms el valor del voltaje de retención se mantiene o su variación es de 5,9 a 6,3 ms.
- El caudal máximo registrado en cada presión del protocolo de pruebas se presenta cuando el contador de inyección y el tiempo de inyección es el máximo.
- La presión y strock de cada prueba perteneciente al protocolo, no alteran el tiempo de disparo del inyector.
- Se observó con mayor facilidad la pulverización del inyector cuando el strock se encuentra en 990 y la presión del banco de pruebas supera los 500 bares.
- La resistencia medida en la bobina del inyector no varió antes ni después de realizar el protocolo de pruebas.

- Los grados de activación del inyector están relacionados directamente al tiempo de inyección, a mayor tiempo, mayor son los grados.
- El periodo del inyector se mantuvo constante sin variación durante la realización del protocolo de pruebas.

6.2. Recomendaciones

- Durante el desarrollo de la investigación es obligatorio utilizar el equipo de protección personal como es: mandil, zapatos punta de acero, gafas, guantes industriales, guantes de nitrilo.
- Antes de iniciar el protocolo de pruebas se debe verificar la presión establecida en el manómetro del banco de pruebas, para evitar valores alterados en los resultados.
- Se debe purgar el compresor en la mañana o a su vez antes de iniciar las pruebas, con la finalidad de proteger el banco V-3500 y evitar daños a futuro por la entrada de agua o aceite.
- Revisar la trampa de agua y aceite que dispone el banco de pruebas al inicio de cada prueba, el ingreso de los fluidos mencionados puede ser perjudicial tanto para los inyectores como para la máquina.
- Verifique los cilindros de pulverización de inyectores, que no se encuentren con elementos contaminantes.
- Con respecto al uso del amperímetro se debe verificar que la batería se encuentre con el voltaje adecuado para su funcionamiento, caso contrario la lectura en el programa Hantek 1008c se muestra con datos erróneos.
- Utilizar las herramientas correctas para el anclaje y extracción de inyectores en el banco de pruebas, no exponga los inyectores a daños mecánicos.
- El ajuste de los acoples máquina-inyector no debe ser excesiva, la rosca puede averiarse con facilidad.

- El fluido para pruebas Viscor no presenta contraindicaciones al contacto con la piel, pero por seguridad del investigador se recomienda utilizar guantes de nitrilo al momento de añadir y extraer el mismo.
- Cuando se haya finalizado el día de trabajo se debe verificar que las probetas del banco de pruebas hayan sido purgadas por completo y no exista Viscor.
- Antes de apagar el equipo recuerde liberar la presión del equipo V-3500 mediante la válvula ubicada con la trampa de agua y aceite, para evitar accidentes.
- Si el equipo no va a ser utilizado durante un periodo considerable de tiempo, retire el líquido viscor y proceda a almacenarlo de forma segura.
- Continuar con las investigaciones introduciendo nuevas marcas de inyectores y de tipo piezoeléctrico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña , B., & Morales, S. (2016). Análisis del comportamiento de los materiales de fabricación del inyector y la bomba de alta presión al trabajar con mezcla combustible obtenido a partir del aceite reciclado de frituras. Latacunga. Recuperado el 01 de 08 de 2017, obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/11837/T-ESPEL-MAI-0565.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alonso, J. (2001). *Técnicas del Automovil: Sistema de Inyección de Combustible en los motores Diesel*. Madrid: Thomson Editores.
- Analuisa, R., & Viscaino, G. (2016). Análisis de durabilidad de los materiales de fabricación del inyector denso 6521 del sistema de inyección crdi al trabajar con la mezcla combustible obtenido a partir del aceite de motor reciclado. Latacunga: ESPE-L. Recuperado el 03 de 08 de 2017, obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11846/1/T-ESPEL-MAI-0568.pdf>
- Bosch. (2005). *Sistemas de Inyección Diesel por acumulador common rail*. Reverté. Recuperado el 03 de 08 de 2017, Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=3Jl1hs3QiMC&oi=fnd&pg=PA4&dq=Sistemas+de+inyecci%C3%B3n+diesel+por+acumulador+Common+Rail&ots=rv84O1aFdz&sig=Mf99apAtViLbfu4qVt-P9b8u_is#v=onepage&q=Sistemas%20de%20inyecci%C3%B3n%20diesel%20por%20acumulador%20C
- Bosch, R. (2005). Diesel-Engine Management. 4. Recuperado el 01 de 08 de 2017
- Bosh GmbH, R. (2007). Automotive Handbook. 7. Recuperado el 01 de 08 de 2017
- Cadena, F. C. (2013). Diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diesel CRDi. Riobamba, Ecuador: ESPOCH. Recuperado el 16 de 07 de 2017
- Castillejo, A. (2014). *Sistemas de Inyección en Motores Diesel*. Sevilla:

- Universidad de Sevilla. Recuperado el 16 de 07 de 2017
- Castro, M. D. (2000). *Manual de inyección Diesel*. Barcelona: Ediciones CEAC, S.A.
- Catro, M. d. (2000). *Manual de Inyección Diesel*. Barcelona: CEAC S.A. Recuperado el 18 de 07 de 2017
- Choquenaira, E. S. (2015). Evaluación y recuperación de inyectores usados en camiones Volvo FM, FMX. Arequipa, Perú: Universidad Católica de Santa María. Recuperado el 03 de 08 de 2017, obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/54219766.pdf>
- Cóndor Robalino, M. R., & Allaica Tzetzta, C. W. (2014). Diseño y simulación de un banco de pruebas del sistema COMMON RAIL. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Recuperado el 03 de 08 de 2017, obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/7330/T-ESPEL-MAI-0445.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cuyato, I. (2008). *Mantenimiento Motores Diesel*. Recuperado el 01 de 08 de 2017, obtenido de <http://railcommon.blogspot.com/2008/08/el-sistema-common-rail.html>
- Denso. (2007). Common Rail System (CRS). Japón. Recuperado el 16 de 07 de 2017
- Erazo, G., & Quiroz, L. (2008). *Sistemas de inyección electrónica. Electrónica aplicada en sistemas de inyección diésel*. Latacunga: ESPE-L. Recuperado el 18 de 07 de 2017
- INEC. (2014). *Anuario de Estadísticas de Transportes 2014*.
- Jaya, E., Tugumbango, L., & Zambrano, V. (2008). Diagnóstico del sistema de inyección "common rail" de la camioneta Mitsubishi L200 Tritón. Guía del. Latacunga: ESPE-L. Recuperado el 02 de 08 de 2017, obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9301/1/AC-ESPEL-MAE-0075.pdf>
- Lara Sánchez, C. J., & Montero Montenegro, L. G. (2016). Análisis de desgaste de las toberas de los inyectores de sistemas crdi a través el

uso del rugosímetro. Latacunga. Recuperado el 16 de 07 de 2017, obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11844/1/AC-ESPEL-MAI-0566.pdf>

- López, L. H. (s.f.). Predicción y optimización de emisores y consumo mediante redes neuronales en motores diésel. Universidad Politécnica de Valencia: Reverté. Recuperado el 03 de 08 de 2017, obtenido de [http://www.aficionadosalamecanica.net/hazlo-inyectores.htm](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=_wmKeQXj7fIC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Predicci%C3%B3n+y+optimizaci%C3%B3n+de+emisores+y+consumo+mediante+redes+neuronales+en+motores+di%C3%A9sel&ots=UXEn7vI0za&sig=l1m8s-tzXowM6jjwzabhGoeKqWA#v=onepage&q=Predicci%C3%B3n%Magane, D. (2014). <i>Aficionados a la Mecánica</i>. Recuperado el 16 de 07 de 2017, obtenido de <a href=)
- Manufacturers, D. F. (2009). Fuel Requirements for Diesel Fuel Injection Systems. 1. Recuperado el 16 de 07 de 2017
- Monteros, P. (2006). *Diagnósticos en TOYOTA HILUX CR MOTORES 1KD Y 2KD*.
- Moromenacho, J., & Nicolalde, L. (2013). *Banco para la comprobación de*. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Latacunga.
- Motors, K. (2015). *COMMON RAIL - Delphi Manual de Entrenamiento*. Santiago de Chile: DIASA Ltda. Recuperado el 17 de 07 de 2017
- Position, S. C. (2009). Fuel Requirements for Diesel Fuel Injection Systems. 4.
- RADSA. (04 de 11 de 2014). *Despiece de inyectores C-RAIL*. Recuperado el 03 de 08 de 2017, Obtenido de <http://www.youblisher.com/p/1454429-DESPIECE-INYECTORES-DELPHI-DENSO-Y-SIEMENS/>
- Salinas, D. A., & Villavicencio, J. D. (2013). *Diseño y construcción mecánica de un banco para la comprobación de inyectores diesel: Denso, Delphi y Bosch del sistema CRDI*. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Extensión Latacunga.

- Salinas, D., & Villavicencio, J. (2013). Diseño y construcción mecánica de un banco para la comprobación de inyectores diesel: Denso, Delphi y Bosch del sistema CRDI. Latacunga. Recuperado el 16 de 07 de 2017
- Tigre Sangurima, M. O., & Villa Cayambe, N. M. (s.f.). Repotenciación de un banco de pruebas de inyectores para vehículos a diesel CRDI para el laboratorio de inyección electrónica de la Escuela de Ingeniería Automotriz. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado el 03 de 08 de 2017, Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4046/1/65T00158.pdf>
- Vasco, U. d. (2016). *El Multimetro*. Recuperado el 03 de 08 de 2017, Obtenido de <http://www.ehu.eus/rperez/TE1/docu/multimetros.pdf>

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:
JONATHAN STALIN NOBOA PAZMIÑO y DIEGO ALEJANDRO VARGAS CASPI.

En la ciudad de Latacunga, a los **23 días del mes de agosto del 2017.**

Ing. Germán Erazo

DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Danilo Zambrano

DIRECTOR DE CARRERA

Dr. Freddy Jaramillo

SECRETARIO ACADÉMICO

Aprobado por:

