



**Proceso de diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores
diésel CRDI Denso**

Luna Encalada, Fredy Ricardo y Ortega Pérez, Isaac Ezequiel

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Ing. Erazo Laverde, Washington German MSc.

18 de agosto del 2023

Latacunga



Departamento de Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Reporte de verificación de contenidos



PROYECTO DE INTEGRACION CURRIC...

Scan details

Scan time: August 17th, 2023 at 3:2 UTC

Total Pages: 101

Total Words: 25038

Plagiarism Detection

Types of plagiarism		Words
● Identical	0.7%	173
● Minor Changes	0.1%	17
● Paraphrased	0.7%	175
○ Omitted Words	11.4%	2858

1.8%

AI Content Detection

N/A

Text coverage: AI text, Human text

🔍 Plagiarism Results: (10)

📌 Copyleaks Internal Database

0.8%

No introduction available.

📌 Copyleaks Internal Database

0.5%

No introduction available.

[Handwritten signature]
Firma:

Ing. Erazo Laverde Washington Germán

0501432637



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

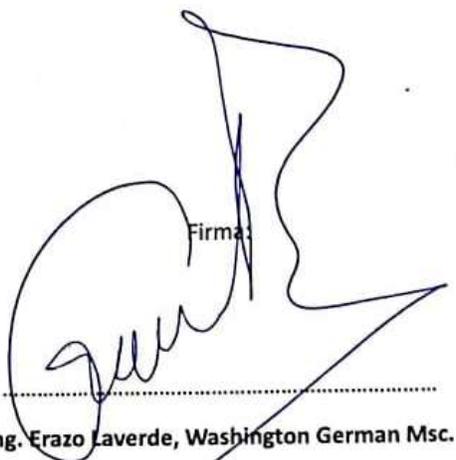
Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: “Proceso de diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI Denso” fue realizado por señores Luna Encalada, Fredy Ricardo y Ortega Pérez, Isaac Ezequiel; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 18 de agosto de 2023

Firma:



.....

Ing. Erazo Laverde, Washington German Msc.
C. C: 0501432637



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, Luna Encalada, Fredy Ricardo y Ortega Pérez, Isaac Ezequiel, con cédulas de ciudadanía n° 1105372690 y 1751198373, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: "Proceso de diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI Denso" es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 18 de agosto de 2023



.....
Luna Encalada, Fredy Ricardo
C.C.: 1105372690



.....
Ortega Pérez, Isaac Ezequiel
C.C.: 1751198373



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Nosotros Luna Encalada, Fredy Ricardo y Ortega Pérez, Isaac Ezequiel, cédulas de ciudadanía n° 1105372690 y 1751198373, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: "Proceso de diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI Denso" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

18 Latacunga, de agosto de 2023



.....
Luna Encalada, Fredy Ricardo
C.C.: 1105372690



.....
Ortega Pérez, Isaac Ezequiel
C.C.: 1751198373

Dedicatoria

Dedico este trabajo de integración curricular a mis padres, ya que siempre me brindaron apoyo y sus consejos a lo largo de mi vida académica y universitaria, en los momentos en los que más lo necesite, a mi abuelita materna y abuelita paterna que fueron para mí un pilar importante en mi vida.

LUNA ENCALADA FREDY RICARDO

Agradecimiento

Primeramente, agradezco a Dios por permitirme culminar mis estudios universitarios y poder realizar este trabajo de integración curricular.

Agradezco a mi familia por su apoyo incondicional en cada momento de mi vida universitaria.

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE sede Latacunga, a sus docentes que compartieron sus vastos conocimientos conmigo, a mis amigos y compañeros con los cuales he compartido diferentes vivencias.

Al Ingeniero Germán Erazo tutor de este proyecto de integración curricular que compartió sus conocimientos y brindó la asesoría necesaria para realizar este proyecto de investigación de la mejor forma.

LUNA ENCALADA FREDY RICARDO

Dedicatoria

Dedico este trabajo de integración curricular específicamente a mis padres Pedro Gonzalo Ortega y Eugenia Lilia Pérez, quienes han sido mi soporte y mi apoyo dentro de mi carrera universitaria para seguir adelante y me han inculcado valores, principios que han sido muy importantes dentro de mi formación profesional.

A mis hermanos Daniel Andrés Ortega y Santiago Josué Ortega, quienes han sido mi impulso y admiración para salir adelante y jamás rendirme además también quiero dedicar a mi abuelita que siempre me acompañó desde mi niñez hasta mi formación profesional.

ISAAC EZEQUIEL ORTEGA PÉREZ

Agradecimiento

Antes que nada, agradezco a Dios por estar conmigo en cada momento de mi vida guiándome, dándome mucha fortaleza y sabiduría para poder continuar cada día cumpliendo mis metas junto a mi familia. Agradezco a mi padre Pedro Ortega y mi madre Eugenia Pérez, porque gracias a ellos soy la persona que soy el día de hoy gracias a su educación con valores principios desde mi casa, me han enseñado a luchar y saber que la vida no es fácil. Las palabras de mi padre un día fueron “La mejor herencia que te puedo dejar es el estudio” y hoy le doy la razón de todo. A mi madre que no fue fácil la primera semana de clases cuando pase lejos de casa, pero siempre estuvo conmigo en todo momento dando esa energía y esas ganas de seguir adelante y jamás rendirme, estoy muy orgulloso de que Dios me regalo a los mejores papás del mundo.

Agradezco a mis hermanos porque jamás me dejaron solo siempre estuvieron pendiente de mi a la distancia.

Quiero agradecer al tutor presente de integración curricular, Ing. Germán Erazo, por todo el conocimiento brindado y el tiempo empleado para culminar con mucho éxito. Siendo un tutor muy preparado académica y personalmente para impartir cualquier idea haciéndola llegar con facilidad a los estudiantes.

Agradecer a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L por acogerme en sus instalaciones para mi ha sido todo un honor poder estar en cada una de sus aulas así mismo a cada uno de los docentes por brindarnos sus conocimientos y consejos durante toda la formación profesional, de igual manera a mis compañeros, sin duda hemos compartidos muchos momentos positivos que nos han dejado experiencias muy buenas.

ISAAC EZEQUIEL ORTEGA PÉREZ

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenidos.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Dedicatoria.....	8
Agradecimiento	9
Índice de contenidos.....	10
Índice de tablas.....	17
Índice de figuras.....	19
Resumen	24
Abstract.....	25
Capítulo I: Marco metodológico	26
Antecedentes investigativos	26
Planteamiento del problema	27
Justificación e importancia	28
Objetivos	29
<i>Objetivo General</i>	29
<i>Objetivos Específicos</i>	29
Metas del Proyecto	30
Hipótesis.....	30

Variables de investigación	30
<i>Variable independiente.....</i>	<i>30</i>
<i>Variable dependiente</i>	<i>30</i>
Metodología de desarrollo del proyecto	30
<i>Método deductivo e inductivo.....</i>	<i>31</i>
<i>Método analítico</i>	<i>31</i>
<i>Método comparativo y medición.....</i>	<i>32</i>
Capítulo II: Marco teórico.....	34
Evolución de sistemas de riel común.....	34
Sistema de Control electrónico	35
<i>Bloques del sistema de control Electrónico</i>	<i>35</i>
<i>Sensores y transmisores de valor teórico</i>	<i>35</i>
<i>Sensor de posición del cigüeñal (CKP).....</i>	<i>36</i>
<i>Sensor de posición del árbol de levas (CMP).....</i>	<i>36</i>
<i>Sensor de posición del pedal del acelerador (TPS)</i>	<i>37</i>
<i>Sensor de presión de sobrealimentación (BPS).....</i>	<i>37</i>
<i>Sensor de temperatura del aire (IAT).....</i>	<i>38</i>
<i>Sensor de temperatura del refrigerante (ECT).....</i>	<i>39</i>
<i>Sensor de temperatura del combustible (FTS)</i>	<i>39</i>
<i>Sensor de presión absoluta (MAP).....</i>	<i>40</i>
<i>Sensor de flujo másico de aire (MAF).....</i>	<i>41</i>
<i>Sensor de presión en el Riel (RPS).....</i>	<i>42</i>
<i>La unidad de control</i>	<i>43</i>
<i>Elementos de regulación (actores).....</i>	<i>44</i>

<i>Válvula del control del turbo</i>	44
<i>Válvula de recirculación de gases de escape (EGR)</i>	44
<i>Válvula de control de succión (SCV)</i>	45
<i>Válvula reguladora de presión (IPR)</i>	46
<i>Bujías de precalentamiento</i>	47
Sistema de control hidráulico	48
<i>Sistema de baja presión de combustible</i>	48
<i>Sistema de alta presión de combustible</i>	51
Inyectores	56
Inyectores con tecnología DENSO	58
<i>Inyector tipo solenoide</i>	58
<i>Inyector tipo piezoeléctrico</i>	58
Características de los inyectores DENSO.....	59
<i>Tipos de inyectores CRDI DENSO</i>	59
Geometría de los ángulos de operación del sistema	61
<i>Cálculos del Ángulo de pulverización</i>	64
Control de voltaje, Corriente y Figura de Lissajous.....	65
Ventajas del uso del sistema CRDI DENSO	68
<i>Cantidad de combustible inyectado</i>	69
Parámetros de inyección	70
<i>Inicio de la inyección</i>	70
<i>Duración de inyección</i>	71
<i>Curva de la inyección</i>	72
<i>Presión de inyección</i>	73

Patrones de inyección	74
Especificaciones del sistema e inyección DENSO	75
Funcionamiento de los inyectores CRDI Denso	76
Requisitos de pruebas en inyectores CRDI	79
<i>Pruebas mecánicas</i>	79
<i>Prueba de zumbido</i>	79
<i>Forma de chorro</i>	80
<i>Presión de apertura del inyector</i>	80
<i>Goteo por el inyector</i>	81
<i>Fugas internas del inyector</i>	81
<i>Pruebas en el banco</i>	81
Verificación y control de inyectores	82
Verificación de la pulverización y dirección del chorro	83
Verificación de la estanqueidad	83
Verificación de fuga de retorno	84
Verificación de entrega de combustible	85
Recomendaciones de manipulación de los inyectores	85
Prueba de fugas: prueba de sellado	86
Cantidad de combustible a plena carga	86
Punto de drenaje	87
Límite de suministro de combustible	87
Suministro de combustible inactivo	87
Pre-Inyección	87

Capítulo III: Protocolo de verificación, mantenimiento, pruebas y puesta a punto de inyectores

Denso.....	89
Levantamiento de requerimientos.....	89
<i>Interface de osciloscopio Hantek 1008c.</i>	<i>89</i>
<i>Procedimiento de uso</i>	<i>91</i>
<i>Trazador de imágenes FADOS9F1</i>	<i>92</i>
<i>Banco de pruebas tester CRDI V – 3500 VNP</i>	<i>93</i>
<i>Banco de pruebas KOMTEST CRI 2400.....</i>	<i>96</i>
<i>Kit de herramientas de desmontaje de inyectores multimarca</i>	<i>97</i>
<i>Herramientas y accesorios de medición</i>	<i>98</i>
<i>Microscopio.....</i>	<i>99</i>
<i>Multímetro.....</i>	<i>100</i>
<i>Multímetro como medidor de inductancia</i>	<i>101</i>
<i>Pinza amperimétrica Brain Bee</i>	<i>101</i>
<i>Compresor de aire</i>	<i>102</i>
Especificaciones técnicas del inyector Denso.....	103
Despiece y nomenclatura del inyector Denso 095000 6521.....	104
Proceso de desarmado, verificación y armado del inyector.....	105
<i>Proceso de desarmado de inyector Denso 095000 6521 y 23670 0L010</i>	<i>105</i>
<i>Proceso de armado de inyector Denso 095000 6521 y 23670 0L010</i>	<i>108</i>
Proceso de ajuste y calibración de inyectores CRDI.....	110
<i>Calibración de la tuerca de sujeción.....</i>	<i>110</i>
<i>Calibración del anillo VFK.....</i>	<i>111</i>
<i>Calibración del anillo AH.....</i>	<i>112</i>

Análisis de las pruebas eléctricas del inyector	114
Análisis y comprobación de los caudales de inyección y de retorno	118
<i>Caudal de inyección y retorno de inyector Denso 095000 6521</i>	118
<i>Caudal de inyección y retorno de inyector Denso 23670 0L010</i>	119
<i>Comparación de caudales de inyección y retorno</i>	119
Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector	120
<i>Oscilogramas del inyector Denso 095000 6521</i>	120
<i>Análisis de datos obtenidos en oscilogramas del Inyector Denso 09500 6521</i>	124
<i>Oscilogramas del inyector Denso 23670 0L010</i>	125
<i>Análisis de datos obtenidos en oscilogramas del Inyector Denso 23670 0L010</i>	129
Verificación de pulverización	129
Cálculo de los ángulos de pulverización.....	130
<i>Cálculo de ángulos del inyector Denso 095000 6521</i>	130
Análisis de resultados.....	133
Informe de reparación, calibración y puesta a punto de inyectores.....	135
Capítulo IV: Marco Administrativo.....	139
Recursos	139
<i>Recursos humanos</i>	139
<i>Recursos tecnológicos</i>	139
<i>Recursos materiales</i>	140
<i>Recursos de apoyo</i>	141
Análisis de costos del proyecto de investigación.....	141
<i>Análisis costo – beneficio</i>	141
Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones	143

Conclusiones	143
Recomendaciones	144
Bibliografía	145
Anexos	150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Valores de funcionamiento del inyector Denso</i>	75
Tabla 2 <i>Especificaciones técnicas osciloscopio Hantek 1008c</i>	90
Tabla 3 <i>Especificaciones Técnicas del Banco de Pruebas TESTER CRDI V-3500 VNP</i>	95
Tabla 4 <i>Especificaciones de la pinza amperimétrica Brain Bee</i>	102
Tabla 5 <i>Características del inyector 095000 6521</i>	103
Tabla 6 <i>Características del inyector 23670-0L010</i>	104
Tabla 7 <i>Nomenclatura del inyector DENSO</i>	105
Tabla 8 <i>Proceso de desarmado del inyector marca Denso de tipo inductivo</i>	106
Tabla 9 <i>Proceso de armado del inyector marca Denso de tipo inductivo</i>	108
Tabla 10 <i>Calibración de la tuerca de sujeción del inyector Denso</i>	111
Tabla 11 <i>Calibración del anillo VFK de inyector Denso</i>	111
Tabla 12 <i>Proceso de calibración del anillo AH de inyectores Denso</i>	112
Tabla 13 <i>Caudales de inyección y retorno a diferentes condiciones</i>	118
Tabla 14 <i>Caudales de inyección y retorno a diferentes condiciones</i>	119
Tabla 15 <i>Datos de oscilogramas de voltaje y corriente de inyector Denso 095000 6521</i>	124
Tabla 16 <i>Datos de oscilogramas de voltaje y corriente de inyector Denso 23670 0L010</i>	128
Tabla 17 <i>Ángulos de pulverización de inyector Denso 095000 6521</i>	131
Tabla 18 <i>Ángulos de pulverización de inyector Denso 23670 0L010</i>	132
Tabla 19 <i>Detalle del resultado del Teste del inyector Denso 095000-6520</i>	133
Tabla 20 <i>Detalle del resultado del Teste del inyector Denso 23670-0L010</i>	134
Tabla 21 <i>Parámetros de temperatura de funcionamiento del banco de pruebas KOMTEST</i>	136
Tabla 22 <i>Reporte de pruebas en el banco de pruebas KOMTEST del inyector DENSO 6521-09U50070</i> ..	137
Tabla 23 <i>Parámetros de temperatura de funcionamiento del banco de pruebas KOMTEST</i>	137

Tabla 24 <i>Reporte de pruebas en el banco de pruebas KOMTEST del inyector DENSO 23670-0L010</i>	138
Tabla 25 <i>Recursos humanos</i>	139
Tabla 26 <i>Recursos tecnológicos</i>	140
Tabla 27 <i>Recursos materiales</i>	140
Tabla 28 <i>Recursos de apoyo</i>	141
Tabla 29 <i>Análisis de costos del proyecto de investigación</i>	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Línea de tiempo de la evolución del sistema common rail</i>	34
Figura 2 <i>Bloques de la EDC</i>	35
Figura 3 <i>Sensor de posición del cigüeñal (CKP)</i>	36
Figura 4 <i>Sensor de posición del árbol de levas (CMP)</i>	36
Figura 5 <i>Sensor de posición del acelerador (TPS)</i>	37
Figura 6 <i>Sensor de presión de sobrealimentación (BPS)</i>	38
Figura 7 <i>Sensor de temperatura de aire (IAT)</i>	38
Figura 8 <i>Sensor de temperatura del refrigerante (ECT)</i>	39
Figura 9 <i>Sensor de temperatura de combustible (FTS)</i>	40
Figura 10 <i>Sensor de presión del múltiple de admisión</i>	41
Figura 11 <i>Sensor de flujo de masa de aire (MAF)</i>	42
Figura 12 <i>Sensor de presión en el Riel</i>	42
Figura 13 <i>Diagrama de alimentación del módulo ECM</i>	43
Figura 14 <i>Válvula de control del turbo</i>	44
Figura 15 <i>Válvula de recirculación de gases de escape</i>	45
Figura 16 <i>Válvula de control de succión</i>	46
Figura 17 <i>Válvula reguladora de presión</i>	46
Figura 18 <i>Bujías de precalentamiento</i>	47
Figura 19 <i>Bomba de combustible de transferencia</i>	49
Figura 20 <i>Depósito de combustible</i>	49
Figura 21 <i>Filtro de combustible</i>	50
Figura 22 <i>Bomba de alta presión tipo HP0</i>	52
Figura 23 <i>Bomba de alta presión tipo HP2</i>	53

Figura 24 Bomba de alta presión denso HP3.	54
Figura 25 Bomba de alta presión tipo HP4.	55
Figura 26 Riel de inyectores	56
Figura 27 Componentes del inyector	57
Figura 28 Inyector tipo solenoide de la marca DENSO.....	58
Figura 29 Inyector tipo piezoeléctrico de la marca DENSO.....	58
Figura 30 Inyectores DENSO tipo X1	59
Figura 31 Inyectores DENSO tipo X2	60
Figura 32 Inyectores DENSO tipo G2.....	61
Figura 33 Posición de los orificios de inyección.....	62
Figura 34 Formas diversas de conseguir la pulverización	63
Figura 35 Inyector de eje desviado	63
Figura 36 Proceso de atomización del chorro diésel.....	64
Figura 37 Circuito abierto	66
Figura 38 Curva de una resistencia	67
Figura 39 Curva de bobina	67
Figura 40 Puntas de prueba	68
Figura 41 Curva de inyección de un sistema convencional	72
Figura 42 Curva de inyección de un sistema common Rail	72
Figura 43 Comparación presión de inyección.	73
Figura 44 Patrones de inyección	74
Figura 45 Estado del inyector cuando no se produce la inyección	77
Figura 46 Estado del inyector cuando se produce la inyección	78
Figura 47 Estado del inyector cuando se produce el final de la inyección	79

Figura 48 Tipo de pulverización	83
Figura 49 Osciloscopio Hantek 1008c	89
Figura 50 Software de la interface osciloscopio Hantek 1008c	90
Figura 51 Equipo FADOS9F1	92
Figura 52 Software del equipo FADOS9F1	92
Figura 53 Componentes del Banco Tester V-3500 VNP	94
Figura 54 Vista laterales del Banco Tester V-3500 VNP	94
Figura 55 Banco de pruebas KOMTEST CRI 2400.....	96
Figura 56 Interfaz del banco de pruebas KOMTEST CRI 2400.....	97
Figura 57 Herramientas usadas para el desmontaje de los inyectores	97
Figura 58 Reloj palpador.....	98
Figura 59 Útil para tomar la altura AH del inyector DENSO.....	98
Figura 60 Micrómetro digital.....	98
Figura 61 Superficie plana para encerar el micrómetro.	99
Figura 62 Torquímetro 3/8	99
Figura 63 Microscopio	100
Figura 64 Multímetro Automotriz Pro'sKit MT-5211.....	100
Figura 65 Pinza amperimétrica Brain Bee	101
Figura 66 Compresor de aire MZB	102
Figura 67 Características del inyector Denso para el Hino Dutro.....	103
Figura 68 Características del inyector Denso para la Toyota Hilux	104
Figura 69 Despiece del inyector DENSO	104
Figura 70 Calibración de los inyectores Denso.....	110
Figura 71 Valor de resistencia del Inyector DENSO 095000 6521.....	114

Figura 72 Valor de inductancia del Inyector DENSO 095000 6521	114
Figura 73 Figura de Lissajous patrón	115
Figura 74 Figura de Lissajous Inyector Denso 095000 6521	115
Figura 75 Valor de resistencia del Inyector DENSO 23670 0L010	116
Figura 76 Valor de inductancia del Inyector DENSO 23670 0L010.....	116
Figura 77 Figura de Lissajous patrón	117
Figura 78 Figura de Lissajous Inyector Denso 23670 0L010.....	117
Figura 79 Comparación de caudal de inyección y retorno en el inyector 095000 6521.....	119
Figura 80 Comparación de caudal de inyección y retorno en el inyector 23670 0L010.....	120
Figura 81 Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector 095000 6521 con un tiempo de inyección de 1 ms, 300 inyecciones (Strocks), 500 bares de presión	121
Figura 82 Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector 095000 6521 con un tiempo de inyección de 1.5 ms, 300 inyecciones (Strocks), 500 bares de presión	121
Figura 83 Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector 095000 6521 con un tiempo de inyección de 2 ms, 300 inyecciones (Strocks), 500 bares de presión	122
Figura 84 Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector 095000 6521 con un tiempo de inyección de 1 ms, 500 inyecciones (Strocks), 500 bares de presión	122
Figura 85 Oscilograma de voltaje y corriente del inyector 095000 6521 con un tiempo de inyección de 1.5 ms, 500 inyecciones (Strocks), 500 bares de presión	123
Figura 86 Oscilograma de voltaje y corriente del inyector 095000 6521 con un tiempo de inyección de 1.5 ms, 500 inyecciones (Strocks), 500 bares de presión	123
Figura 87 Tiempo de inyección y tiempo de retención de inyector Denso 095000 6521	125
Figura 88 Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector 23670 0L010 con un tiempo de inyección de 1 ms, 300 inyecciones (Strocks), 500 bares de presión	125

Figura 89 <i>Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector 23670 0L010 con un tiempo de inyección de 1.5 ms, 300 inyecciones (Strocks), 500 bares de presión</i>	126
Figura 90 <i>Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector 23670 0L010 con un tiempo de inyección de 2 ms, 300 inyecciones (Strocks), 500 bares de presión.</i>	126
Figura 91 <i>Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector 23670 0L010 con un tiempo de inyección de 1 ms, 500 inyecciones (Strocks), 600 bares de presión.</i>	127
Figura 92 <i>Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector 23670 0L010 con un tiempo de inyección de 1.5 ms, 500 inyecciones (Strocks), 600 bares de presión.</i>	127
Figura 93 <i>Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector 23670 0L010 con un tiempo de inyección de 2 ms, 500 inyecciones (Strocks), 600 bares de presión.</i>	128
Figura 94 <i>Tiempo de inyección y tiempo de retención de inyector Denso 23670 0L010</i>	129
Figura 95 <i>Tiempo de inyección y tiempo de retención de inyector Denso 23670 0L010</i>	130
Figura 96 <i>Verificación de la silueta pulverización del inyector Denso 23670 0L010.....</i>	130
Figura 97 <i>Configuración del banco de pruebas KOMTEST en el apartado de DENSO</i>	135
Figura 98 <i>Inyector denso conectado y montado en el banco de pruebas.....</i>	135

Resumen

El presente trabajo de integración curricular está basado en el proceso de diagnóstico mecánico electrónico y el mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI Denso. El sistema CRDI (Common Rail Direct Injection) Denso es una tecnología avanzada de inyección de combustible diésel que se ha utilizado en motores diésel modernos durante varias décadas. . Los avances en la tecnología CRDI han permitido la introducción de sistemas de inyección más avanzados, los antecedentes de investigación de este sistema se remontan a la década de 1970, cuando la empresa alemana Bosch comenzó a investigar y desarrollar el sistema de inyección de combustible common rail sin embargo en 1997, el fabricante japonés Denso introdujo el sistema CRDI denso en su línea de productos diésel por lo que hoy en día, el sistema CRDI denso es ampliamente utilizado en todo el mundo en una variedad de aplicaciones, desde vehículos de pasajeros hasta maquinaria pesada En el capítulo I desarrolla el marco metodológico de la investigación considerando los objetivos. En el capítulo II se realizó la investigación bibliográfica en fuentes confiables relacionado con inyectores Denso CRDI. En el capítulo III, se llevó a cabo el levantamiento de requerimientos para la investigación, realiza pruebas de desarmado, armado, calibraciones, medición de caudal, retorno, fugas, activación por voltaje, corriente, imágenes con el análisis correspondiente. Finalmente se desarrolla el marco administrativo con cada uno de los recursos utilizados para el desarrollo de la investigación para posteriormente establecer conclusiones y recomendaciones para que sean utilizados como fuentes de consulta.

Palabras clave: Inyectores CRDI Denso, mantenimiento de inyectores CRDI, calibración, voltaje y corriente, CRDI.

Abstract

This curricular integration work is based on the process of electronic mechanical diagnosis and maintenance for the tuning of CRDI Denso diesel injectors. The Denso Common Rail Direct Injection (CRDI) system is an advanced diesel fuel injection technology that has been used in modern diesel engines for several decades. . Advances in CRDI technology have allowed the introduction of more advanced injection systems, the research history of this system dates back to the 1970, when the German company Bosch began to research and develop the common rail fuel injection system. however, in 1997, the Japanese manufacturer Denso introduced the denso CRDI system to its diesel product line so today, the denso CRDI system is widely used throughout the world in a variety of applications from passenger cars to machinery. heavy In chapter 1 develops the methodological framework of the research considering the objectives. In chapter 2, the bibliographical research was carried out in reliable sources related to Denso CRDI injectors. In chapter 3, the survey of requirements for the investigation was carried out, it performs tests of disassembly, assembly, calibrations, flow measurement, return, leaks, activation by voltage, current, images with the corresponding analysis. Finally, the administrative framework is developed with each of the resources used for the development of the investigation to later establish conclusions and recommendations to be used as sources of consultation.

Key words: CRDI Denso injectors, CRDI injector maintenance, calibration, CRDI, voltage and current, CRDI.

Capítulo I

Marco metodológico

Antecedentes investigativos

Los motores diésel utilizaban sistemas de inyección mecánicos en los que una bomba de inyección mecánica suministraba combustible a los inyectores en el momento adecuado. Estos sistemas eran menos precisos y eficientes en comparación con los sistemas de inyección electrónica que utilizan sensores y actuadores para controlar la inyección de combustible.

La investigación sobre este sistema comenzó en la década de 1980, esta ha continuado hasta la actualidad. El primer sistema CRDI fue desarrollado por la compañía italiana Magneti Marelli en 1986. A partir de entonces, otras empresas automotrices, como Bosch y Denso, han desarrollado sus propios sistemas CRDI.

Como el sistema de inyección directa de alta presión (HDI) de Peugeot, el sistema de inyección de combustible de bomba-tubo-inyector (Pumpe-Düse) de Volkswagen y el sistema de inyección de combustible de riel común (Common Rail) de Bosch.

Su eficiencia y durabilidad lo convierten en una opción popular para aquellos que buscan reducir su huella de carbono y ahorrar combustible.

La investigación en el sistema CRDI Denso ha llevado a importantes avances en la tecnología de motores diésel, mejorando la eficiencia del combustible y reduciendo las emisiones de escape.

Chamorro & Lara (2018) afirman que de todos los componentes que conforman el sistema de inyección, el inyector es el que presenta más fallas en su trabajo. En su funcionamiento, el inyector está sometido a duras condiciones de operación, debido a la composición química del combustible, y a las altas temperaturas y presiones.

Para Chávez (2019), los procesos de formación del chorro (atomización, penetración, ángulo de apertura) de arrastre de aire al interior del frente de llama se ven igualmente afectados, por tanto, también lo estará el proceso de combustión. El desgaste influye en la pulverización y en el tamaño de las gotas del chorro, estas al no estar bien pulverizadas hace que aumenten de tamaño, al tener mayor tamaño las gotas del combustible esta pueden chocar a la cámara de combustión enfriándolo, aumentando el humeado, además con el tiempo de funcionamiento del motor estas generan el desgaste de la guja del inyector disminuyendo la presión de inyección, esto hace también que aumente el consumo de combustible produciendo el humeado.

Según Jiménez & Cañar (2022), el sistema de inyección directa es muy delicado, con pocas tolerancias, por tal motivo se han desarrollado piezas de mucha precisión las cuales con el funcionamiento se desgastan, no es la excepción los inyectores, por este motivo es necesario poder diagnosticarlos de manera correcta con herramientas en buenas condiciones que garanticen la correcta reparación del mismo.

Planteamiento del problema

A medida que la demanda de motores diésel es más eficientes, menos contaminantes sigue aumentando, se requiere una mayor comprensión y mejora del sistema de inyección de combustible CRDI Denso.

Sin embargo, existen varios problemas relacionados con los inyectores, como la formación de depósitos, la obstrucción de los orificios de inyección, que pueden afectar negativamente el tanto rendimiento como la durabilidad del sistema. Por lo tanto, el planteamiento del problema sería: ¿Cómo se pueden mejorar los inyectores del sistema CRDI Denso para aumentar su eficiencia, durabilidad y reducir la formación de depósitos y la obstrucción de los orificios de inyección?

Los motores diésel modernos utilizan inyectores electrónicos para controlar la cantidad de combustible que se introduce en el motor. Los inyectores Denso CRDI (Common Rail Direct Injection) son una de las opciones más populares en la industria automotriz. Sin embargo, hay preocupaciones en cuanto a su fiabilidad y durabilidad a largo plazo.

Los inyectores de combustible son componentes esenciales en los motores diésel modernos, y el inyector Denso Common Rail Direct Injection (CRDI) es uno de los tipos más utilizados en la actualidad debido a su eficiencia y rendimiento. Sin embargo, estos inyectores pueden presentar problemas que afectan su desempeño y confiabilidad, lo que puede llevar a un aumento del consumo de combustible, emisiones contaminantes y disminución del rendimiento del motor.

A pesar de que el sistema de inyección Common Rail Direct Injection (CRDI) Denso es una tecnología ampliamente utilizada en la industria automotriz y de transporte para mejorar la eficiencia en la combustión y reducir las emisiones contaminantes, aún existen problemas relacionados con el desgaste prematuro de los inyectores. Estos problemas pueden generar una disminución en la potencia del motor, aumento del consumo de combustible y mayor emisión de gases contaminantes, lo que afecta negativamente tanto al rendimiento como a la sostenibilidad ambiental.

Por lo tanto, surge la necesidad de investigar el funcionamiento y desempeño de los inyectores Denso CRDI, para identificar las causas de su desgaste prematuro, y buscar soluciones técnicas que permitan mejorar la vida útil de estos componentes.

Justificación e importancia

La justificación para analizar los inyectores Denso CRDI, es que estos son un componente crítico del sistema de inyección Common Rail Direct Injection (CRDI), que ha demostrado ser una tecnología efectiva para mejorar la eficiencia y reducir las emisiones de los motores diésel. Sin embargo, el

desgaste prematuro de los inyectores puede comprometer el rendimiento y la sostenibilidad del sistema.

Es importante llevar a cabo una investigación detallada sobre los inyectores Denso CRDI para entender cómo funcionan. Con esta información, se pueden desarrollar soluciones técnicas que permitan extender la vida útil de los mismos, mejorar la eficiencia del sistema y reducir los costos de mantenimiento a largo plazo.

Esta investigación es relevante para la industria automotriz y de transporte en general, ya que el sistema CRDI es ampliamente utilizado en una variedad de aplicaciones. Lo que es una prioridad tanto para los consumidores como para los reguladores. La investigación sobre los inyectores Denso CRDI es importante para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de los motores diésel, lo que beneficia tanto al usuario final como al medio ambiente.

La Investigación de los parámetros operativos del sistema CRDI y su relación con el desgaste de los parámetros, como la presión de inyección, el tiempo de inyección, la frecuencia de inyección, caudal, estanqueidad, retorno, pruebas voltaje y corriente.

En general, el alcance de una investigación sobre el funcionamiento y parámetros de inyectores Denso debe ser amplio y completo, con el objetivo de obtener una comprensión detallada de los factores que influyen en su desempeño y durabilidad.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar el proceso de diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI Denso.

Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento de requerimientos del sistema.

- Seleccionar los equipos de verificación de diagnóstico.
- Estimar los procesos de desarmado, armado y calibración bajo especificaciones.
- Obtener los oscilogramas de voltaje y corriente de activación.
- Obtener las imágenes patrón de inyectores con técnica Lissajous.
- Verificar el desempeño mecánico e hidráulico de los inyectores.
- Desarrollar el protocolo e informe de reparación, calibración ajuste y puesta a punto.
- Desarrollar el informe de verificación mecánica y eléctrica de inyectores CRDI Denso.

Metas del Proyecto

Realizar el proceso de diagnóstico, calibración, ajuste y reparación con una precisión del 90% en función a los parámetros y hoja de características.

Hipótesis

¿El desarrollar del proceso de diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI Denso permitirá obtener las variables necesarias para el desempeño óptimo del motor de combustión interna?

Variables de investigación

Variable independiente

- Diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento de inyectores

Variable dependiente

- Puesta a punto de los sistemas CRDI.

Metodología de desarrollo del proyecto

Para dar el soporte correspondiente al aspecto metodológico, se obtendrá información de fuentes confiables como libros, lugares web, artículos científicos, publicaciones, boletines de revistas, bibliotecas virtuales y espacios de investigación.

Método deductivo e inductivo

En una investigación de inyectores Denso CRDI, tanto el método deductivo como el inductivo pueden ser útiles en diferentes etapas del proceso.

El método deductivo se utiliza para formular hipótesis o teorías a partir de principios generales o conocimientos previos. Por ejemplo, si se sabe que la presencia de impurezas en el combustible puede causar daños en los inyectores, se puede deducir que los inyectores Denso CRDI pueden verse afectados por este problema.

Por otro lado, el método inductivo se puede utilizar para generar hipótesis o teorías a partir de la observación de datos o evidencia empírica. Por ejemplo, si se observa que ciertos modelos de inyectores Denso CRDI tienen una vida útil más corta que otros, se puede utilizar el método inductivo para analizar los patrones y factores que influyen en este problema, y generar hipótesis sobre las posibles causas y soluciones.

El método deductivo como el inductivo son útiles en la investigación de inyectores Denso CRDI, pueden ser complementarios en diferentes etapas del proceso. El método deductivo es útil para la formulación de hipótesis y la planificación de experimentos específicos, mientras que el método inductivo es útil para la generación de hipótesis a partir de la observación de datos y patrones.

Método analítico

En la investigación de inyectores Denso CRDI, tanto el método analítico como el experimental pueden ser utilizados de manera complementaria para obtener un conocimiento completo sobre el funcionamiento y parámetros de los inyectores.

El método analítico se basa en la aplicación de teorías y modelos matemáticos para el análisis de los fenómenos que afectan el funcionamiento de los inyectores.

Por otro lado, el método experimental se basa en la realización de pruebas y ensayos en laboratorios o en campo, con el objetivo de validar los resultados obtenidos mediante el método analítico y obtener evidencia empírica de los efectos de diferentes variables en el funcionamiento de los inyectores. Estos ensayos pueden incluir la evaluación, la medición de la presión, el caudal de inyección, retorno, consumo de voltaje y corriente.

El uso combinado del método analítico y experimental es fundamental para una investigación completa y precisa de los inyectores Denso CRDI.

Método comparativo y medición

En la investigación de inyectores Denso CRDI, tanto el método comparativo como el de medición pueden ser útiles para la evaluación del rendimiento y desempeño de los inyectores.

El método comparativo se basa en la comparación de diferentes modelos de inyectores, ya sea de la misma marca o de diferentes marcas, con el objetivo de determinar sus diferencias en términos de eficiencia de inyección, entre otros factores. Este método permite establecer un punto de referencia y detectar posibles problemas o defectos en los inyectores, al compararlos con modelos similares o con estándares de calidad.

Por otro lado, el método de medición se basa en la realización de pruebas específicas para medir el desempeño de los inyectores, tales como la medición del caudal de inyección, la presión de inyección, retorno, consumo de voltaje y corriente. Estas mediciones se realizan mediante equipos y herramientas especializadas, permiten obtener datos precisos y confiables sobre el funcionamiento de los inyectores.

Tanto el método comparativo como el de medición son útiles en la investigación de inyectores Denso CRDI, y pueden ser utilizados de manera complementaria para obtener un conocimiento completo del desempeño de los inyectores. El método comparativo permite establecer comparaciones

entre diferentes modelos de inyectores y establecer estándares de calidad, mientras que el método de medición permite obtener datos precisos y confiables sobre el rendimiento de los inyectores en diferentes condiciones de operación.

Capítulo II

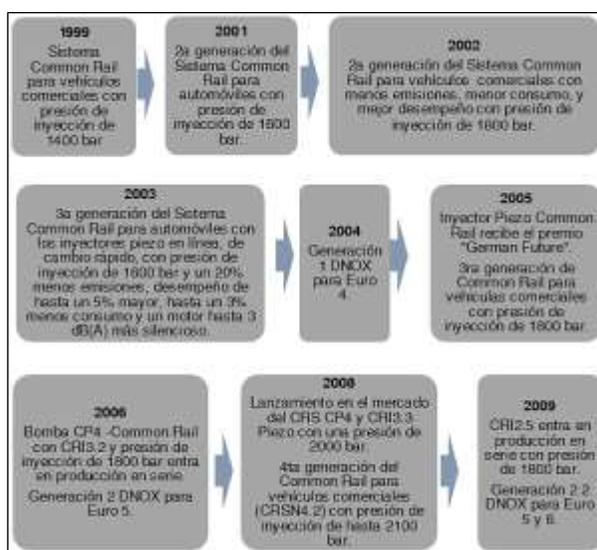
Marco teórico

Evolución de sistemas de riel común

Garrido & Álvarez (2016) afirman que el sistema Common Rail ha venido evolucionando varias generaciones desde el año 1995 hasta la actualidad, aumentando sus presiones de trabajo, mejorando la pulverización del combustible, su control electrónico por medio de sensores cada vez más precisos con el fin de reducir emisiones contaminantes, disminuir el consumo de combustible para aumentar considerablemente el torque y la potencia. En la región de Sudamérica la calidad del combustible (diésel) varía de acuerdo con cada país, así como las regulaciones legislativas de protección del medio ambiente, por este motivo en cada país de la región, la generación del sistema de inyección Common Rail será diferente, con el fin de que trabaje de manera óptima de acuerdo a los factores mencionados. (p. 7)

Figura 1

Línea de tiempo de la evolución del sistema common rail



Nota. Con el pasar el sistema CRDI mejoro enfocándose principalmente en el aumento de presión de inyección y la reducción de emisiones. Tomado de Robledo (2018)

Sistema de Control electrónico

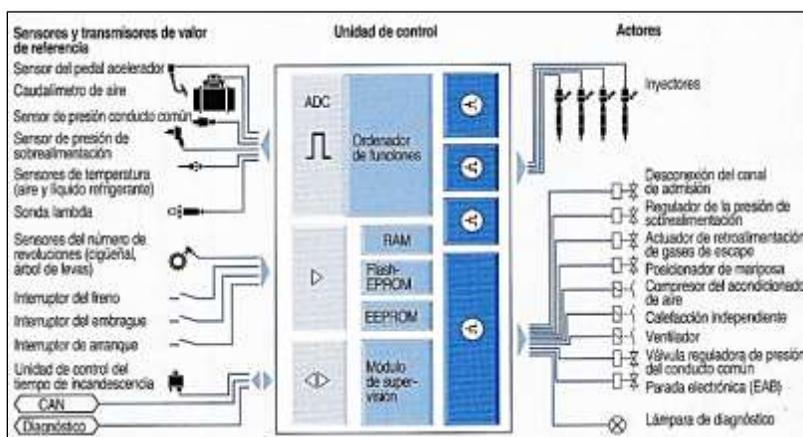
“El control electrónico del motor Diésel permite una configuración exacta y diferenciada de las magnitudes de inyección. Sólo así pueden satisfacerse los múltiples requisitos planteados a un moderno motor Diésel” (Bosch, 2005, p. 62).

Bloques del sistema de control Electrónico

“La Regulación Electrónica Diésel EDC (Electronic Diésel Control) se subdivide en tres bloques de sistema: sensores y transmisores de valor de referencia, unidad de control y actores” (Bosch, 2005, p. 62).

Figura 2

Bloques de la EDC



Nota. En la figura se puede ver los bloques de la EDC y los componentes de conforman cada bloque.

Tomado de (Bosch, 2005, p. 62)

Sensores y transmisores de valor teórico

“Registran las condiciones de servicio (p.ej. el número de revoluciones del motor) y los valores teóricos (p.ej. la posición de los interruptores). Éstos transforman magnitudes físicas en señales eléctricas”. (Bosch, 2005, p. 63)

Sensor de posición del cigüeñal (CKP)

Calderón (2022) afirman que “el sensor CKP se encarga de indicar a la ECU la posición exacta del cigüeñal y las RPM del motor, esta información es utilizada por la computadora para realizar los ajustes necesarios en el tiempo de inyección” (p. 26).

Figura 3

Sensor de posición del cigüeñal (CKP)



Nota. Constitución de un sensor CKP. Disponible en <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com>

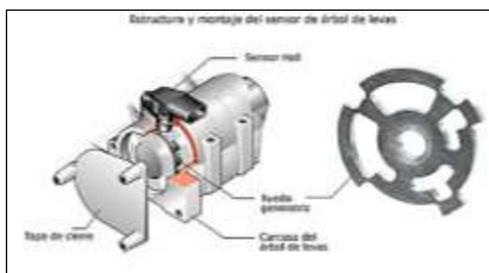
Sensor de posición del árbol de levas (CMP)

Mejía y Armijos (2015) aseveran lo siguiente:

Como parámetro de entrada el desplazamiento angular del árbol de levas y como salida una señal digital con un rango de 0 a 5 voltios. Aquí se considera como señal baja la que está por debajo de los 2 voltios y señal alta la que supera este valor. (p. 29)

Figura 4

Sensor de posición del árbol de levas (CMP)



Nota. Estructura del sensor CMP. disponible en <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com>

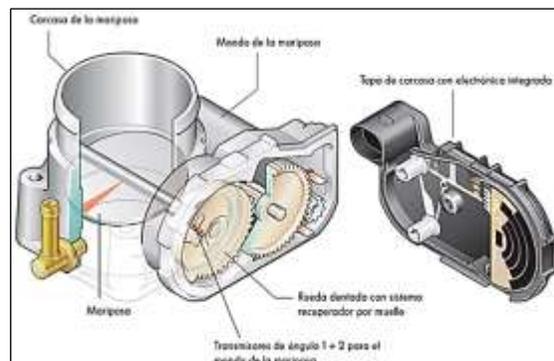
Sensor de posición del pedal del acelerador (TPS)

Según Mejía & Armijos (2015):

La computadora empadrona esta variable mediante una señal eléctrica que se envía mediante un potenciómetro el cual varía su resistencia conforme varíe el ángulo de apertura de la mariposa. La señal de salida dirigida a la PCM es menor a 0.5 voltios en ralentí, de 0.5 a 3.5 voltios en carga parcial y de 3.5 a 4.8 en plena carga, es decir cuando la válvula está totalmente abierta. (p. 30)

Figura 5

Sensor de posición del acelerador (TPS)



Nota. Estructura interna del sensor TPS. Disponible en <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com>

Sensor de presión de sobrealimentación (BPS)

Para Castro & Salazar (2015):

El sensor de presión del turbo utiliza un elemento piezoeléctrico, el cual detecta la presión en el múltiple de admisión y es usado para el funcionamiento del turbo y la operación de la EGR. Su señal sirve para fijar el tiempo de inyección y corregir el volumen del tiempo de inyección acorde con la presión atmosférica. Detecta la presión en el múltiple de admisión y es usado para

determinar el control del EGR y Turbo cargador. Cuando la señal está en corto o circuito abierto, la potencia del motor decrece en un 20%. (pp. 19-20)

Figura 6

Sensor de presión de sobrealimentación (BPS)



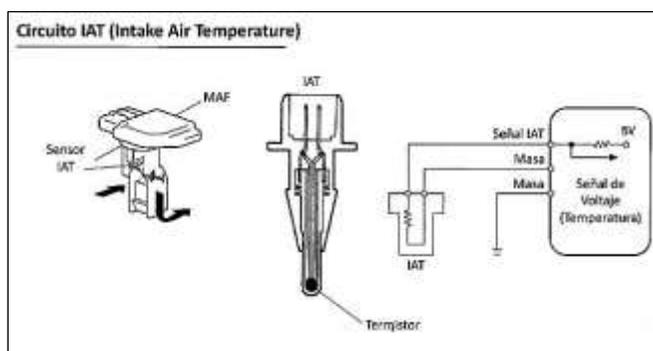
Nota. Ubicación del sensor BPS. Tomado de Castro & Salazar (2015)

Sensor de temperatura del aire (IAT)

“El sensor IAT es un sensor que viene incorporado en el sensor MAF y las variaciones de la temperatura cambian el valor de la resistencia y por consiguiente el valor del voltaje”. (Cevallos y Cevallos, 2015, p. 50)

Figura 7

Sensor de temperatura de aire (IAT)



Nota. Circuito del sensor IAT. Disponible en <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com>

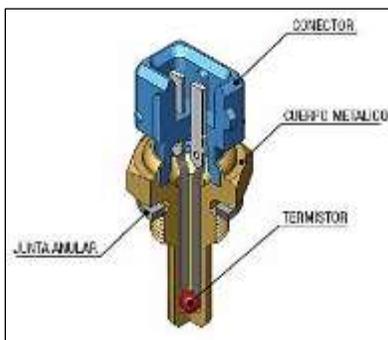
Sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

Fernández e Inga (2017) afirman lo siguiente:

El sensor ECT mide la temperatura del refrigerante del motor mediante una resistencia, cuyo principio de operación se basa en un resistor tipo NTC, es decir, al producirse un incremento en la temperatura, su resistencia eléctrica disminuye. La señal enviada por el sensor hacia la ECU permite que ésta ajuste la cantidad de aire/combustible y la duración de los pulsos de los inyectores, además la información sirve para indicar el momento en el que se debe encender el ventilador. (p. 17)

Figura 8

Sensor de temperatura del refrigerante (ECT)



Nota. Componentes del sensor ECT. Disponible en <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/>

Sensor de temperatura del combustible (FTS)

Según Coral (2013):

El sensor de temperatura de combustible se ubica en la línea de alimentación de combustible.

A medida que aumenta la temperatura del combustible, el UCE modificará la inyección y tasa de entrega, al mismo tiempo ajustará los parámetros de funcionamiento de la válvula de control de presión del riel.

Puesto que el circuito de entrada de la computadora está funcionando como divisor de tensión se reparte entre una resistencia presente en la computadora y la resistencia NTC del sensor. Por consiguiente, la computadora puede valorar las variaciones de resistencia del sensor a través de los cambios de la tensión y obtener así la información de la temperatura del combustible en el motor. (p. 22)

Figura 9

Sensor de temperatura de combustible (FTS)



Nota. Sensor de temperatura de combustible FTS. Disponible en <https://www.motordocor.es>

Sensor de presión absoluta (MAP)

Martínez & Robles (2010) mencionan lo siguiente:

El sensor de presión absoluta MAP (Manifold Pressure Sensor) en la mayoría de los casos está ubicado directamente sobre el múltiple de admisión (después de la aleta de aceleración) o está unido a éste mediante una manguera, en otros casos puede estar dentro de la unidad de control por lo que deberá haber una manguera que lleve la señal de vacío desde el múltiple hasta la ECU.

El valor de la señal dependerá del vacío (fuerza de succión) del motor, a mayor vacío menor voltaje de señal y viceversa, a mayor presión mayor voltaje de señal. (pp. 16-17)

Figura 10

Sensor de presión del múltiple de admisión



Nota. Estructura interna del sensor de presión del múltiple de admisión. Disponible en

<https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com>

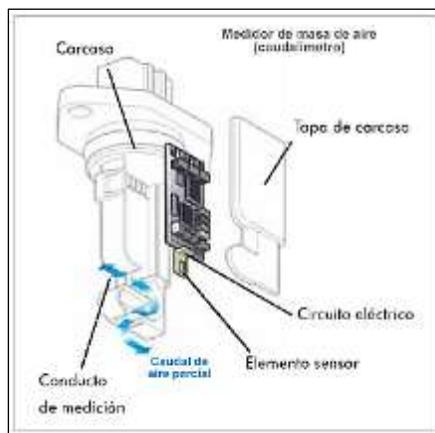
Sensor de flujo másico de aire (MAF)

Paida (2007) afirma lo siguiente:

El sensor MAF, es uno de los sensores principales en el cálculo de la variable de carga. La variable de carga es calculada por la ECU, en aplicaciones que no utilizan un sensor MAP. Al igual que el sensor MAP, una falla en el MAF o en el circuito del MAF puede provocar un jaloneo o vacilaciones. (p. 45)

Figura 11

Sensor de flujo de masa de aire (MAF)



Nota. Partes del sensor MAF. Disponible en <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com>

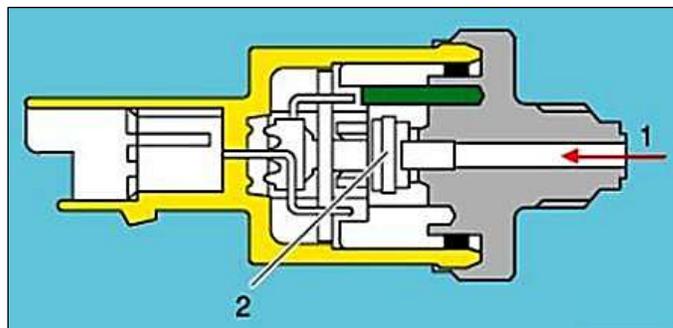
Sensor de presión en el Riel (RPS)

Castro & Salazar (2015) expresan lo siguiente:

El sensor de presión de combustible está montado en el riel común, detecta los cambios de presión instantánea de combustible y luego los envía a la ECU; cuando se reciben estas señales, la ECU las utiliza para controlar el volumen de combustible y el tiempo de inyección. (p. 11)

Figura 12

Sensor de presión en el Riel



Nota. Se muestra la entrada de diésel a presión (1) y la membrana del sensor de presión (2). Disponible en <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz>

La unidad de control

Algunos autores afirman lo siguiente:

Procesa las informaciones de los sensores y transmisores de valor teórico en base a determinados procesos calculatorios matemáticos (algoritmos de control y regulación). Controla los elementos de regulación mediante señales de salida eléctricas. La unidad de control viene a ser además el interfaz hacia los demás sistemas para el diagnóstico del vehículo. (Bosch, 2005, p. 63)

Todos los componentes electrónicos que conforma el hardware se encuentran integrados en una placa de circuitos impresos la misma que está dentro de una caja metálica. En lo que se refiere a los sensores, actuadores, así como a las alimentaciones estas se encuentran enlazadas a la ECM por medio de un conector multipolar, en cuanto a los circuitos que manejan alta potencia sobre todo para la activación directa de los actuadores estos se encuentran integrados a la caja de la unidad de control para que se asegure una correcta disipación del calor.

La alimentación de entrada a la ECM está controlada por un relé principal el cual se activa al encender el interruptor de encendido, dando paso a la corriente de alimentación en el pin 104 de la ECM. (Guillen & Moscoso, 2011, p. 45)

Figura 13

Diagrama de alimentación del módulo ECM



Nota. Composición interna de la ECM. Disponible en <https://autosoporte.com>

Elementos de regulación (actores)

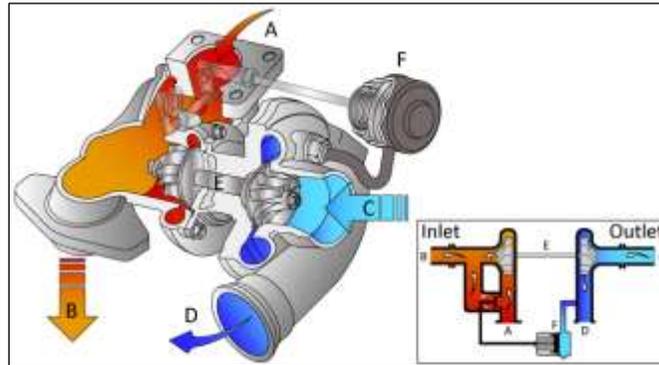
“Transforman las señales eléctricas de salida de la unidad de control en magnitudes mecánicas (p.ej. la válvula electromagnética para la inyección)” (Bosch, 2005, p. 65).

Válvula del control del turbo

“Esta válvula de alivio controla la presión del turbo, posee un bypass que envía los gases de escape directo a la salida para controlar el régimen de giro de la turbina” (Ortiz, 2013, p. 44).

Figura 14

Válvula de control del turbo



Nota. Funcionamiento de la válvula de control del turbo. Disponible en

<https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com>

Válvula de recirculación de gases de escape (EGR)

Según Granda & Granda (2022):

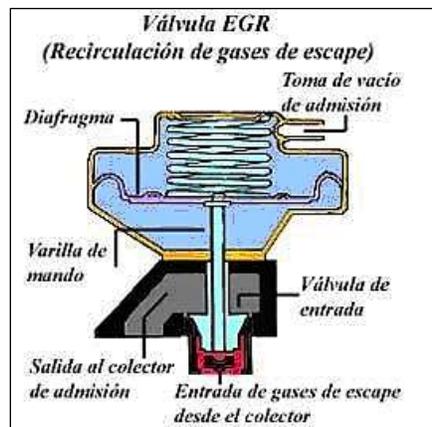
El sistema de recirculación de gases contaminantes del colector de escape es un conducto conectado al sistema de escape de gases combustionados el cual dirige la una cantidad de gases controlada hacia el sistema de admisión, para así reducir el nivel de contaminación al ambiente, este sistema de recirculación es controlado por una válvula la cual regula la cantidad de flujo de estos gases, esta válvula puede ser neumática o electrónica. Este sistema se implementó

primero en los motores Diésel debido a los altos índices de contaminación por los gases NOx. (p.

12)

Figura 15

Válvula de recirculación de gases de escape



Nota. Componentes de la válvula EGR. Disponible en <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas>.

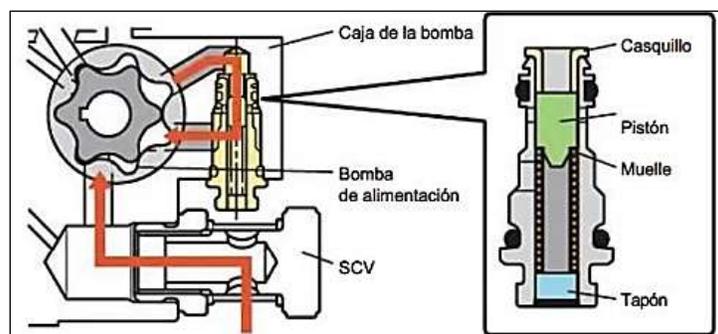
Válvula de control de succión (SCV)

Sempértegui (2013) menciona lo siguiente:

Como su nombre lo indica su propósito es controlar y regular la presión de alimentación que envía combustible al mecanismo de bombeo. Dentro del sistema cuando aumenta el movimiento rotativo de la bomba y la presión de suministro presenta un exceso de presión que se encuentra fijada en la válvula reguladora, esta válvula se abre venciendo la fuerza del muelle y permitiendo así el retorno del combustible al tanque de succión o almacenamiento. (p. 27)

Figura 16

Válvula de control de succión



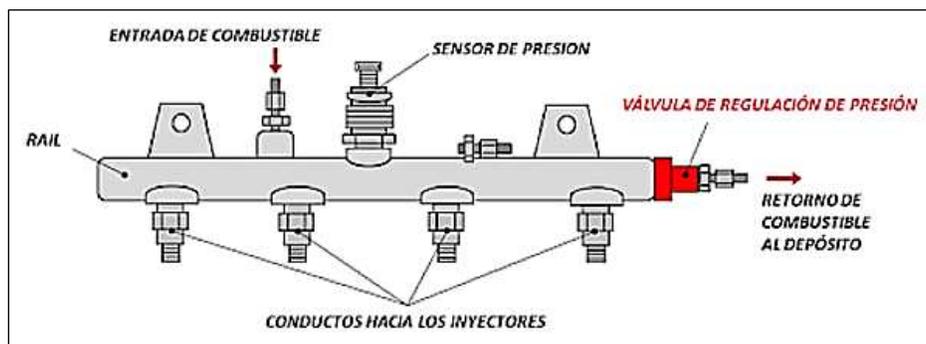
Nota. Tomado de Manual de servicio funcionamiento Common Rail System (p. 29), por Denso, 2004.

Válvula reguladora de presión (IPR)

La válvula está ensamblada en el acumulador de presión, el cual controla el paso de combustible trabaja sobre el retorno permitiendo que la presión se regule por drenaje del combustible hacia la cañería de retorno. La IPR por lo general es normal abierta, quiere decir que sin energía eléctrica o sin corriente el combustible retorna al tanque. (Bosch, 2005, p. 6)

Figura 17

Válvula reguladora de presión



Nota. Partes de la válvula reguladora de presión. Disponible en <https://blog.reparacion-vehiculos.es>

Bujías de precalentamiento.

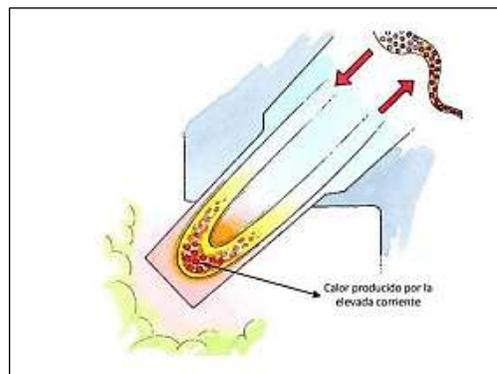
Pavel et al (2019) citad en Gordillo (2021) expresa lo siguiente:

Los motores diésel están equipados con bujías de precalentamiento para facilitar el arranque en frío. Son autorreguladas, de calentamiento rápido y están diseñadas como resistencias PTC: su resistencia aumenta con la temperatura. Cuando están fríos, su resistencia es muy baja, por lo que fluirá una gran cantidad de corriente y alcanzarán rápidamente la temperatura normal de funcionamiento, pero una vez que se calienten, su resistencia aumentará, restringiendo y regulando el flujo de corriente. El tiempo de funcionamiento generalmente está limitado por temporizador.

Para incrementar la seguridad de nuestro vehículo se hace uso de un relé, que se activa mediante biometría y a su vez permite el paso de corriente hacia las bujías de precalentamiento, ayudando así al encendido del vehículo. Cabe recalcar que este relé adicional solo se lo emplea en vehículos con motores a diésel; debido a que los motores accionados por gasolina no requieren bujías de precalentamiento. (p. 26-27)

Figura 18

Bujías de precalentamiento



Nota. Flujo de corriente y calor de la bujía de precalentamiento. Tomado de Gordillo (2021, p. 27)

Sistema de control hidráulico

Sistema de baja presión de combustible

Según Salinas & Villavicencio (2013):

En el circuito de baja presión se aspira el combustible del tanque por medio de una bomba de suministro previo, forzando al combustible a pasar por las líneas al circuito de alta presión. Un pre-filtro separa los contaminantes del combustible, evitando así el desgaste prematuro de los componentes de alta precisión. Se compone de: depósito de combustible, bomba de suministro previo, filtro de combustible y tuberías de conexión. (p. 22)

Bomba de transferencia

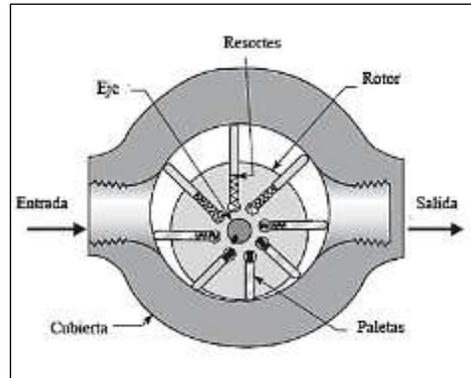
Ciertos autores afirman lo siguiente:

Esta bomba es aquella encargada de enviar un primer bombeo llamada también de transferencia porque su función es transferir el combustible desde el depósito hacia la bomba principal a una presión aproximada de 6 bar. La tecnología empleada en este tipo de bombas es conocida como bomba de paletas, la depresión generada por la rotación de la bomba es suficiente para que la bomba se encargue de aspirar el combustible a través del filtro. Una válvula de regulación nos permite mantener dentro de la bomba la presión de transferencia a un valor casi constante de 6 bar y un caudal 90 l/h a 300 rev/min y de 650 l/h a 2500 rev/min.

(Miguel, 2013, pp. 21-22)

Figura 19

Bomba de combustible de transferencia.



Nota. En la figura se detallan las partes de una bomba de transferencia orientado a un sistema de alimentación diésel.

Depósito de combustible

Salinas & Villavicencio (2013) expresan lo siguiente:

Los depósitos de combustible deben ser resistentes a la corrosión y mantenerse estancos incluso a una sobre presión. La sobre presión producida debe escapar por sí misma a través de aberturas apropiadas, válvulas de seguridad o similares. El combustible no debe salir por la tapa de la boca de llenado o por los dispositivos para compensación de presión, incluso en posición inclinada. (p. 23)

Figura 20

Depósito de combustible.



Nota. Se puede observar el depósito de combustible encargado de almacenar el combustible. Disponible en <https://www.motoryracing.com/coches/noticias/>

Tuberías de combustible en la parte de baja presión

Ciertos autores afirman lo siguiente:

Para la parte de baja presión pueden emplearse además de tubos de acero, también tuberías flexibles, con armadura de malla de acero, que sean difícilmente inflamables. Las tuberías de combustible no deben quedar afectadas en su funcionamiento en caso de una deformación del vehículo, un movimiento del motor o similares. (Andrés & David, 2013, pág. 23)

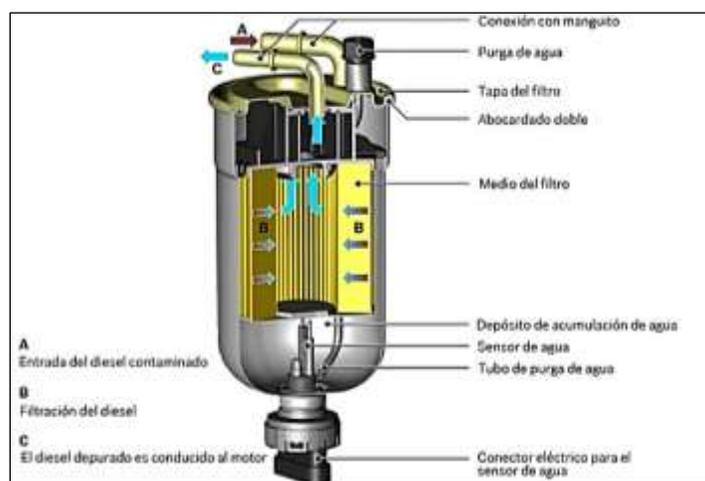
Filtro de combustible

Según Salinas & Villavicencio (2013):

Un filtrado insuficiente puede originar daños en componentes de la bomba, válvulas de presión y en los inyectores. El filtro de combustible limpia el combustible delante de la bomba de alta presión e impide así el desgaste prematuro de las piezas sensibles. (p. 24)

Figura 21

Filtro de combustible.



Nota. Estructura interna y externa del filtro de combustible. Disponible en <https://autoytecnic.com>

Sistema de alta presión de combustible

Para Salinas & Villavicencio (2013) el sistema “se compone de: Bomba de alta presión, Acumulador de alta presión con sensor de alta presión, Inyectores, Tuberías de alta presión” (p. 25).

Bomba de alta presión

Ciertos autores afirman lo siguiente:

Esta bomba es aquella que se encarga de generar la presión adecuada mediante una bomba de tres émbolos radiales decalados entre sí a 120°, haciendo tres carreras de alimentación por vuelta nos dan como resultado unos bajos pares punta y una carga uniforme para el accionamiento de la bomba. Se necesita de 17Nm para el accionamiento necesario de su par máximo generando una presión de 1350 bares, este par obtenido es unas 9 veces inferior que el requerido por una bomba distribuidora convencional. (Sempértégui, 2013, p. 22)

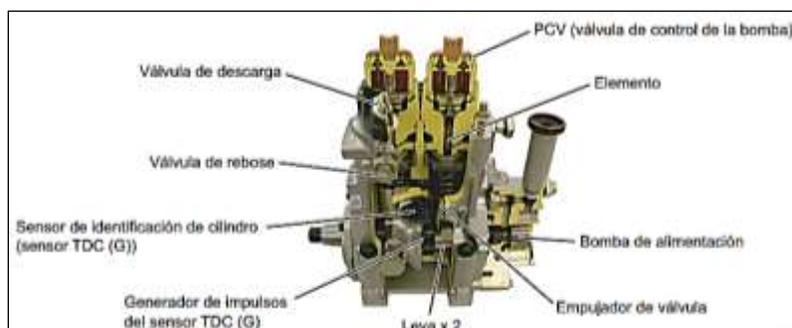
Bomba de alta presión tipo HP0

Denso (2004) en el manual de servicio menciona que:

La bomba de suministro HP0 se compone HP0 se compone principalmente de un sistema de bombeo como el de las bombas en serie convencionales (dos cilindros), la PCV (válvula de control de la bomba) para controlar el volumen de descarga del combustible, el sensor de identificación de cilindro (sensor TDC (G) y la bomba de alimentación. Admite el número de cilindros del motor cambiando el número de picos de la leva. La bomba de suministro gira a la a la mitad del régimen del motor. (p. 11)

Figura 22

Bomba de alta presión tipo HPO.



Nota. Partes de la bomba de alta presión de tipo HP3. Tomado del Manual de servicio y funcionamiento Common Rail System, Denso Corporation, 2004, p. 11.

Bomba de alta presión tipo HP2

Denso (2004) en el manual de servicio menciona que:

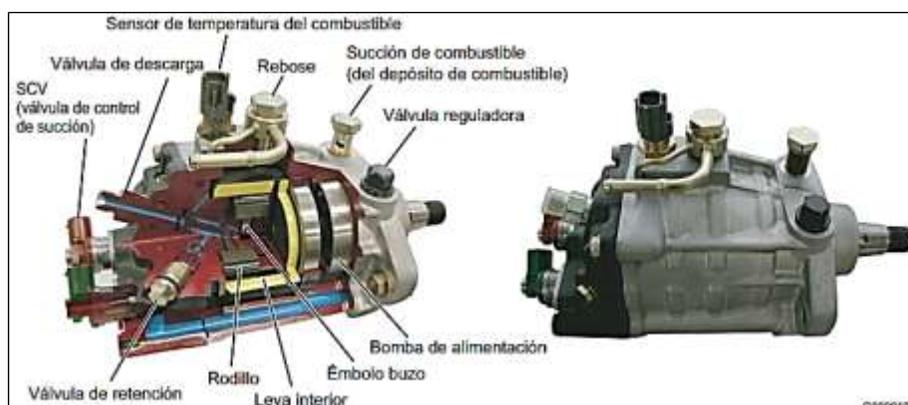
La presión de inyección se genera mediante una bomba de alta presión accionada continuamente por el motor, el combustible sometido a presión se encuentra disponible para la inyección en el conducto común. La bomba de suministro se compone principalmente de dos sistemas de mecanismo de bombeo (leva interior, rodillo, rodillo, dos émbolos buzo), la SCV (válvula de control de succión), el sensor de temperatura del combustible y la bomba de alimentación (tipo paleta) y se activa con la mitad de la rotación del motor.

El mecanismo de bombeo consiste en una leva interior y un émbolo buzo y forma una configuración en tándem en la cual dos sistemas se disponen en forma axial, lo que hace la bomba de suministro compacta y reduce el par máximo. La cantidad de combustible que se descarga en la rampa se controla mediante el volumen de succión de combustible que utiliza el control de la SCV (válvula de control de succión). Para controlar el volumen de descarga con el volumen de succión, se eliminan las

operaciones de bombeo excesivo, reduciendo así la carga de actuación y evitando el aumento de la temperatura del combustible. (p. 18)

Figura 23

Bomba de alta presión tipo HP2.



Nota. Se puede observar la bomba de alta presión de tipo HP3. Tomado del Manual de servicio y funcionamiento Common Rail System, Denso Corporation, 2004, p. 18.

Bomba de alta presión tipo HP3

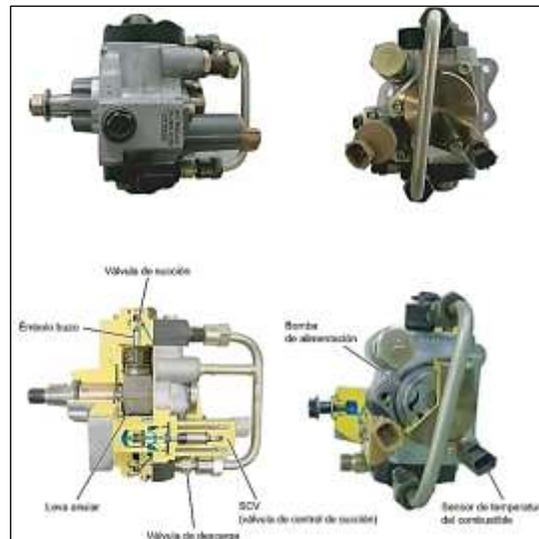
Denso (2004) en el manual de servicio menciona lo siguiente:

La bomba de suministro se compone principalmente de la unidad de bomba (leva excéntrica, leva anular, dos émbolos anular, dos émbolos buzo), la SCV (válvula de control de succión), el sensor de temperatura del combustible y la bomba de alimentación (tipo trocoide), y se activa con una rotación o con media rotación del motor. (p. 26)

Esta bomba HP3 posee un sistema diésel de reducción de NOx y partículas con sus siglas DPNR, en el cual se encuentra un amortiguador de flujo con la función de cortar automáticamente el paso de combustible si existiese una fuga en el paso de la válvula de adición de combustible en el interior del DPNR. (Sempértégui, 2013, págs. 22-23)

Figura 24

Bomba de alta presión denso HP3.



Nota. Se puede observar la bomba de alta presión de tipo HP3. Tomado del Manual de servicio y funcionamiento Common Rail System, Denso Corporation, 2004, p.26.

Bomba de alta presión tipo HP4

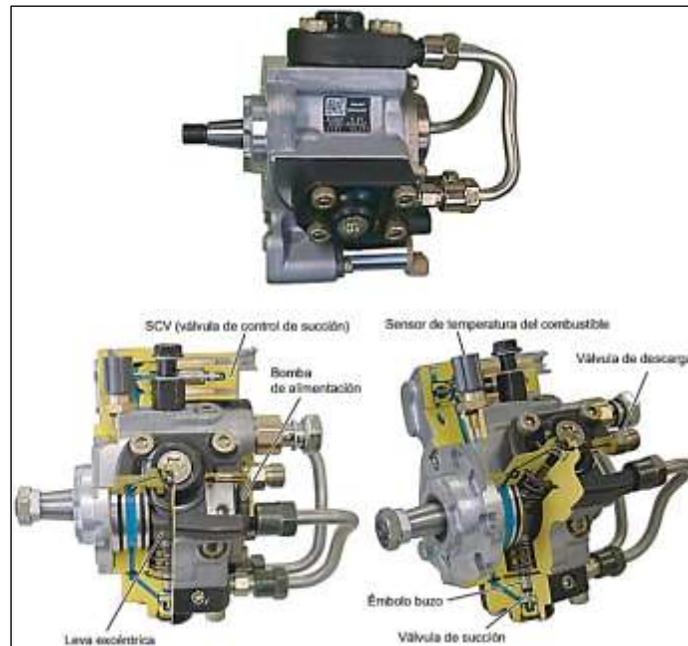
Denso (2004) en el manual de servicio menciona que:

La construcción básica de la bomba de suministro HP4 es la misma que la de HP3. La composición es también la misma que la de HP3; consta de la unidad de bomba (leva excéntrica, leva anular, émbolo buzo), la SCV (válvula de control de succión), el sensor de temperatura del combustible y la bomba de alimentación.

La diferencia principal es que hay tres émbolos buzo. Debido a que hay tres émbolos buzo, éstos están colocados a intervalos de 120° alrededor del exterior de la leva anular. Además, la capacidad de suministro de combustible es de 1,5 veces la de HP3. (p.38)

Figura 25

Bomba de alta presión tipo HP4.



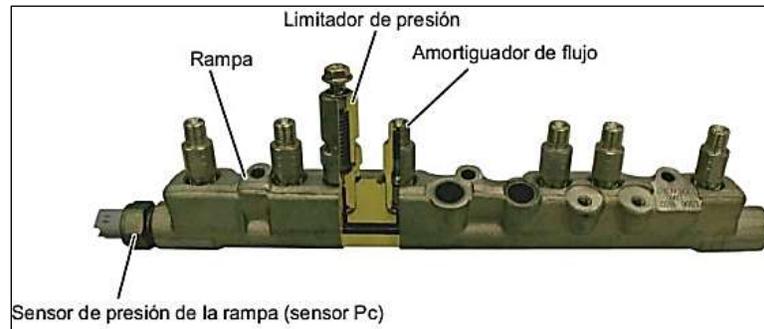
Nota. Componentes externos de la bomba de alta presión de tipo HP4. Tomado del Manual de servicio y funcionamiento Common Rail System, Denso Corporation, 2004, p.27.

Acumulador de alta presión (Rail)

Castro & Salazar (2015) aseveran lo siguiente:

Almacena el combustible transferido por la bomba de alta presión, debido que los inyectores inyectan el combustible del riel común, la presión es mantenida a un valor específico; asegurando que la presión de inyección se mantenga desde cuando el inyector se abre.

Alivia las pulsaciones de presión del conjunto, tiene al sensor de presión de combustible (RPS) y al regulador de presión de combustible en ciertos casos. (pp. 11-12)

Figura 26*Riel de inyectores*

Nota. Componentes del riel de inyectores. Tomado del Manual de servicio y funcionamiento, Denso Corporation, 2004, p. 43.

Tuberías de alta presión

Para Salinas & Villavicencio (2013) las tuberías de alta presión deben soportar permanentemente la presión máxima del sistema y las oscilaciones de presión que se producen durante las pausas de inyección. Por este motivo, las tuberías constan de tubos de acero. Normalmente presentan un diámetro exterior de 6 mm y un diámetro interior de 2,4 mm. Las diferentes distancias entre el riel y los inyectores se compensan mediante curvaturas más o menos pronunciadas en el correspondiente tendido de las tuberías de inyección. La longitud de tubería es lo más corta posible. (p. 28)

Inyectores

Salinas & Villavicencio (2013) mencionan lo siguiente:

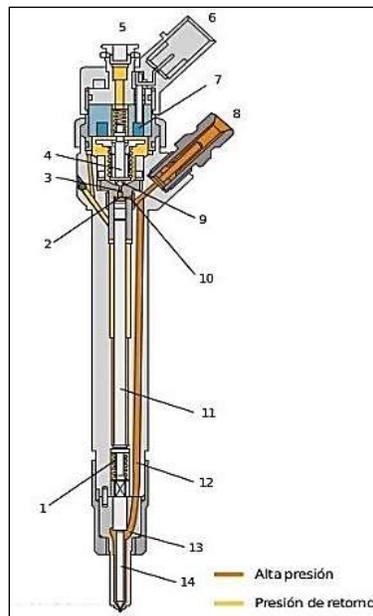
El comienzo de inyección y el caudal de inyección se ajustan con el inyector activado eléctricamente. Las toberas de estos inyectores abren cuando se libera el flujo de combustible a través de una electroválvula controlada. Las toberas inyectan el combustible directamente en las cámaras de combustión del motor.

El combustible excedente, retorna al depósito de combustible a través de una tubería colectiva en el cual desembocan también los conductos de retorno de la válvula reguladora de presión y de la parte de baja presión, así como del caudal de lubricación de la bomba de alta presión. (p. 27).

Se puede apreciar los componentes internos del inyector los cuales son muelle de la tobera de inyección (1), Cámara de control del inyector (2), estrangulador de salida (3), inducido de la electroválvula (4), retorno de combustible al depósito (5), terminal eléctrico- electroválvula (7), empalme al combustible- alta presión del conducto común (8), bola de válvula (9), estrangulador de entrada (10), émbolo de control del inyector (11), canal de entrada a la tobera de inyección (12), celda volumétrica (13), aguja de la tobera de inyección (14).

Figura 27

Componentes del inyector



Nota. Componentes del inyector. Disponible en <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com>

Inyectores con tecnología DENSO

Inyector tipo solenoide

“Los inyectores de tipo solenoide controlan la inyección de combustible abriendo y cerrando la válvula de control con fuerza magnética, utilizando un solenoide en el actuador.” Denso Europa (s.f.)

Figura 28

Inyector tipo solenoide de la marca DENSO



Nota. Inyector tipo solenoide. Tomado de Denso Europa (s.f.)

Inyector tipo piezoeléctrico

Los inyectores tipo piezoeléctricos logran una respuesta más rápida que los solenoides mediante el uso de elementos piezoeléctricos en los actuadores. Los elementos piezoeléctricos trabajan convirtiendo los cambios en la tensión aplicada en expansión y contracción (desplazamiento). Una característica de los inyectores de tipo piezoeléctricos son las pilas piezoeléctricas incorporadas, que colocan en capa (apilan) estos elementos piezoeléctricos. Denso Europa (s.f.)

Figura 29

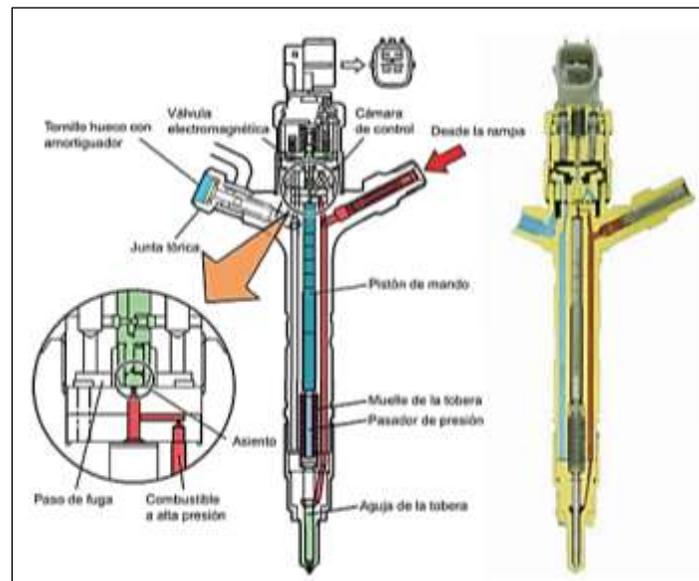
Inyector tipo piezoeléctrico de la marca DENSO



Tipo X2. “Al disminuir la carga de accionamiento del inyector, éste es más compacto y eficiente, y la precisión de inyección ha mejorado. La válvula TWV se abre directamente y se cierra el orificio de salida” (Denso, 2004, p. 49).

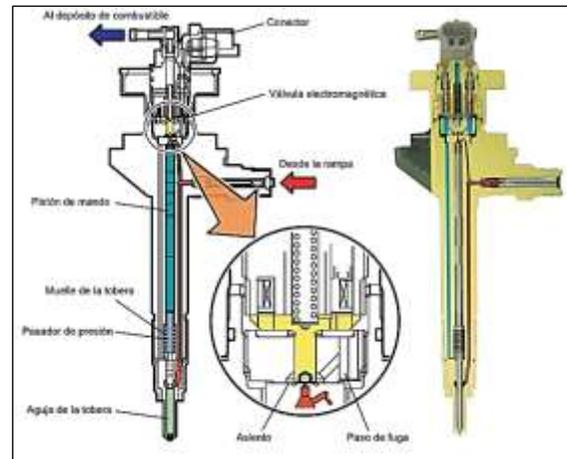
Figura 31

Inyectores DENSO tipo X2



Nota. Partes detalladas del inyector tipo X2. Tomado de Denso (2004)

Tipo G2. El inyector denso G2 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. (Denso, 2004, p. 50)

Figura 32*Inyectores DENSO tipo G2*

Nota. Detalle del inyector tipo G2. Tomado de Denso (2004)

Geometría de los ángulos de operación del sistema

Miralles & Villalta (1985) expresan lo siguiente:

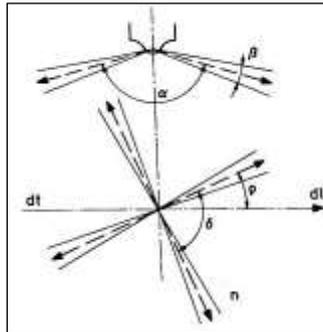
El ángulo α del cono que forman los dardos, ha de ser el adecuado a la forma de la cámara y sólo admite unos pocos grados de error. El ángulo β que forma cada dardo es casi exclusivamente gobernado por la presión del aire comburente. Cuanto mayor es la presión mayor es el ángulo β de dispersión del chorro. El número de orificios y su reparto horizontal definido por los ángulos δ y ρ (significando d_l parte delantera y d_t parte trasera del motor) es también fundamental.

Además, el número n de orificios junto con el diámetro d de los mismos nos da la sección de salida y para el caudal y tiempo de cada embolada, eso nos fija una velocidad de salida. Si la velocidad es inferior a 70 m/s el derrame ya es laminar y no hay pulverización. Al ir subiendo la velocidad, las partículas de gasóleo se mueven con mayor libertad y añaden a su movimiento en el sentido de la corriente otro transversal que en cuanto salen del orificio las dispersa en forma de chorro cónico de ángulo b . Se comprende que cuanto menor sea la relación r de longitud / a diámetro d del orificio, mayor es la pulverización por dispersión de las partículas. Las

velocidades óptimas están entre 75 y 200 metros por segundo y la relación r entre 3 y 4. En cambio el diámetro d por sí mismo casi no tiene influencia en la pulverización. Sin embargo, que si por desgaste ha crecido o por obstrucción ha disminuido la sección de paso habrá crecido o se redujo también, la velocidad resultará disminuida o aumentada respectivamente, con lo que se irá produciendo menor o mayor pulverización al final, mayor o menor penetración. (pp. 187-188)

Figura 33

Posición de los orificios de inyección

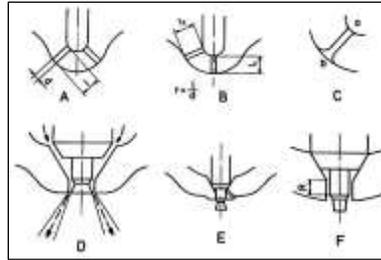


Nota. Posicionamiento de los orificios del inyector. Tomado de Miralles & Villalta (1985)

En muchos casos la forma de la cámara de combustión exige que el ángulo del eje del inyector y el del cono de dardos no coincidan y entre en juego un nuevo ángulo y entre esos dos ejes. En ese caso es preciso que los inyectores se monten y coloquen de modo que esos ángulos no resulten equivocados, pero en general los constructores ya disponen las cosas modo que no se pueda cometer ese error. (Miralles & Villalta, 1985, pp. 188-189)

Figura 34

Formas diversas de conseguir la pulverización



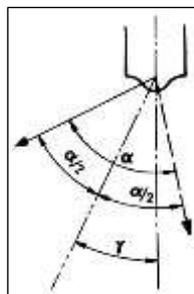
Nota. Diferentes métodos o formas de pulverización del inyector. Tomado de Miralles & Villalta (1985)

Algunas veces los orificios no son iguales. En general es porque lo exige la forma de la cámara, lo que se trata de conseguir es que haya un orificio con mucha mayor resistencia al paso del líquido que otro, de modo que para pequeños caudales y presiones todo el combustible salga por el fácil, que además suele estar dispuesto contra la corriente de aire y da un encendido fácil. En las alimentaciones mayores y más largas se reparten mejor el trabajo y acaba de propagarse la llama iniciada por el otro orificio a la totalidad del combustible inyectado.

Es importante para la calidad de la pulverización el acabado de los orificios. Se comprende que acabados como en A provocan turbulencia mientras que desbocados por erosión como en C a o por punzonado o cabeza de broca como en B reducen la longitud efectiva del orificio, pero disminuyen la turbulencia. (Miralles & Villalta, 1985, pp. 189-190)

Figura 35

Inyector de eje desviado



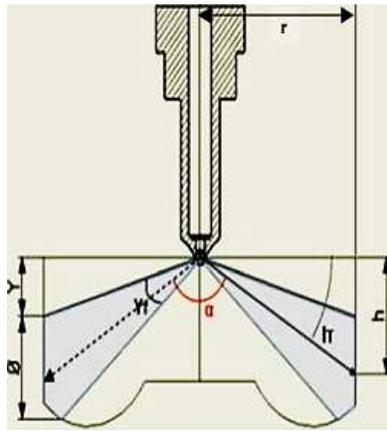
Nota. Ángulo del inyector de eje desviado. Tomado de Miralles & Villalta (1985)

Cálculos del Ángulo de pulverización

Según Reyes et. Al. (2023) “para efectuar el cálculo del ángulo de pulverización es necesario obtener las siguientes variables de la figura que se muestra a continuación:” (p. 66).

Figura 36

Proceso de atomización del chorro diésel



Nota. Valores por tomar en cuenta para el proceso de cálculo de pulverización. Tomado de (Reyes et. al., 2023, p. 66)

Significados de la simbología:

$h = altura$

$r = radio\ del\ cilindro$

$\Theta = diaámetro\ del\ chorro$

$IT = ángulo\ de\ disparo$

$\gamma T = ángulo\ de\ dispersión$

$Y = diferencia\ de\ alturas$

$\alpha = ángulo\ de\ cono$

Ecuación del ángulo de pulverización:

$$\gamma T = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{\Theta + Y}{r}\right) - \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{Y}{r}\right)$$

Ecuación de altura del inyector

$$h = \frac{\Theta}{2} + Y$$

Ecuación del ángulo de disparo

$$IT = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{h}{r}\right)$$

Ecuación del ángulo de cono

$$\alpha = 2 * \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{r}{h}\right)$$

Control de voltaje, Corriente y Figura de Lissajous.

Erazo et al. (2016) menciona que El proceso de diagnóstico por imagen se basa en la aplicación de corriente alterna de bajo valor al componente eléctrico o electrónico del sistema de control riel común CRDI a través de su referencia a masa en el circuito. Desarrolla patrones de comparación denominadas firmas de registro que se obtienen con el uso del osciloscopio de bajo voltaje en modo x-y en conjunto con el trazador de formas, que son relacionadas con las figuras de Lissajous. (p.1)

La prueba de voltaje – corriente (v-i) aplica la señal de voltaje variable al componente para iniciar la prueba, a continuación, se mide la corriente resultante del proceso para obtener la imagen (firmas v-i). En condiciones reales, el análisis comparativo de las señales analógicas compara las firmas analógicas del componente en buen estado con las firmas del componente bajo sospecha, una diferencia en las firmas podría indicar una falla potencial.

Este proceso de diagnóstico por imagen es innovador en la industria automotriz, establece un nuevo método de identificación de los componentes averiados como sensores y actuadores del sistema de control electrónico de inyección diésel riel común CRDI sin la necesidad de desmontarlos.

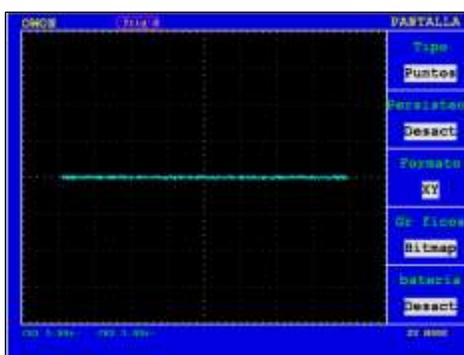
El osciloscopio analógico representar la evolución temporal de una señal, también la variación de una señal respecto a otra. Se aplica al canal vertical la señal y al otro canal, designado como x se le aplica la señal de referencia, esta referencia se envía al sistema de desviación horizontal, en lugar de enviar a éste la señal del generador de barrido. Si las dos señales son armónicas, se obtienen las figuras de Lissajous.

Para obtener la gráfica voltaje-corriente colocar los valores de tensión y corriente para cada instante de tal forma de obtener una imagen de dos ejes, el eje vertical para corriente y el eje horizontal para voltaje. Los puntos de las gráficas de corriente y voltaje obtenidos en los osciloscopios 1 y 2 respectivamente se proyectan en un plano ortogonal x-y generando intersecciones que dan como resultado una curva.

El circuito abierto es una línea horizontal sobre el eje de voltaje ya que no hay circulación de corriente, la línea horizontal se debe a que el punto del osciloscopio está oscilando de izquierda a derecha representando el valor del voltaje alterno y al no existir circulación de corriente alterna da como resultado una línea horizontal que representa el voltaje máximo.

Figura 37

Circuito abierto

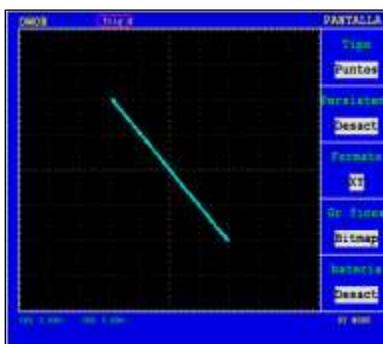


Nota. Forma de la curva en este caso una línea horizontal denotando que se refiere a un corto circuito de por sí ya no existe circulación de corriente. Tomado de (Erazo et al. 2016)

La curva de la resistencia, cuando la pendiente de la recta es más vertical tiende a representar un corto circuito, mientras tanto cuanto más horizontal sea tiende a un circuito abierto. Las resistencias de mayor valor generan una línea más horizontal mientras la de menor valor resulta una línea más vertical tomando como referencia que en corto circuito la resistencia equivale a cero.

Figura 38

Curva de una resistencia



Nota. Se puede observar la forma de la curva en este caso una línea inclinada denotando que se refiere a una curva de resistencia. Tomado de (Erazo et al. 2016)

Erazo et al. (2016) Afirma que cuando se trata de una bobina la curva generada es similar a la de un capacitor con sus ejes inclinados respecto a los ejes de voltaje y corriente. (p.3)

Figura 39

Curva de bobina



Nota. Forma de la curva de bobina en este caso una elipse denotando que se refiere o es similar a la de un capacitor. Tomado de (Erazo et all. 2016)

El analizador y osciloscopio multifunción de pruebas voltaje-corriente posee dos puntas para la medición, comparación y almacenamiento de imágenes patrón.

Figura 40

Puntas de prueba



Nota. Puntas lógicas para realizar el diagnóstico por imagen siendo fundamental para la obtención de las curvas. Tomado de (Erazo et all. 2016)

Ventajas del uso del sistema CRDI DENSO

Según Coral (2013) las ventajas del sistema CRDI Denso son las siguientes:

- Excelente desempeño y eficiencia de combustible.
- El sistema de inyección de combustible “Common Rail” es controlado electrónicamente para cumplir con una combustión óptima
- Bajo nivel de emisiones de ruidos.
- Amigable con el medio ambiente para responder a todos los reglamentos mundiales sobre emisiones.
- Inyectores ubicados en forma vertical central.
- Inyección piloto es posible con el sistema de inyección de Common Rail

Cantidad de combustible inyectado

Castillejo (2014) expresa lo siguiente:

La masa de combustible, m_e , que requiere un cilindro del motor por cada carrera de trabajo (una cada dos revoluciones en el caso de los motores de 4 tiempos) se calcula usando la siguiente ecuación:

$$m_e = \frac{P * b_e * 33.33}{n * z}$$

donde:

P = potencia del motor [kW]

m_e = consumo específico de combustible del motor [g/kWh]

n = velocidad de giro del motor [rpm]

z = número de cilindros del motor

El volumen correspondiente (cantidad de combustible inyectado), Q_H , medido en $mm^3 /carrera$ o $mm^3 /ciclo de inyección$ se calcula con la ecuación:

$$Q_H = \frac{P * b_e * 1000}{30 * n * z * \rho} [mm/carrera]$$

ρ es la densidad del combustible en g/cm^3 , que depende de la temperatura.

La potencia del motor, asumiendo que el rendimiento es constante ($n \sim 1/b_e$) es directamente proporcional a la cantidad de combustible inyectado.

La masa de combustible inyectado depende de los siguientes parámetros:

- Dosificación de combustible a través de la sección de la tobera del inyector
- Duración de la inyección
- La variación temporal de la diferencia entre la presión de inyección y la presión en la cámara de combustión

- La densidad del combustible

La desviación entre la cantidad de combustible de referencia programada en el mapa y la cantidad real inyectada influye directamente sobre el rendimiento y las emisiones contaminantes. En los sistemas de inyección de alta precisión controlados electrónicamente, la cantidad requerida de combustible a inyectar se puede medir con un alto grado de precisión. (p. 16)

Parámetros de inyección

Los parámetros de inyección están detallados a continuación:

Inicio de la inyección

Castillejo (2014) afirma lo siguiente:

El punto en el que se inyecta el combustible dentro de la cámara de combustión tiene un efecto decisivo sobre el instante en el que se inicia la combustión de la mezcla, y, por lo tanto, sobre el nivel de emisiones, el consumo de combustible y el ruido de la combustión. Por este motivo, el inicio de la inyección juega el papel más importante en la optimización del rendimiento del motor.

El inicio de la inyección especifica la posición del cigüeñal, en grados con respecto a la posición del mismo en el PMS (Punto Muerto Superior), en la que abre la tobera del inyector y se inyecta el combustible dentro de la cámara.

La posición del pistón relativa al PMS en ese momento, además de la densidad y temperatura del aire, influye en el flujo de aire dentro de la cámara de combustión. De acuerdo a esto, el grado de mezcla de aire y combustible depende también del inicio de la inyección. Por tanto, el inicio de la inyección afecta a las emisiones de elementos como partículas, óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos no quemados (HC) y monóxido de carbono (CO). (p. 13)

El punto de inicio de inyección varía de acuerdo a la carga, la velocidad y la temperatura del motor. Para cada motor se determinan unos valores optimizados, teniendo en cuenta su impacto sobre el consumo de combustible, las emisiones contaminantes y el ruido. Estos valores se almacenan en un mapa de inicio de inyección. La variación del inicio de inyección dependiendo de la carga se controla también a través de dicho mapa.

Comparado con los sistemas controlados por leva, el common-rail ofrece un mayor grado de libertad para elegir la cantidad, el instante y la presión de inyección. Como la presión del combustible se genera por una bomba de alta presión separada y la inyección se controla por un solenoide o un actuador piezoeléctrico, es posible optimizar la inyección para cada punto de operación con el sistema de control del motor.

Duración de inyección

Castillejo (2014) expone lo siguiente:

Uno de los principales parámetros de la curva inyección es la duración de la inyección. Durante este periodo, la tobera del inyector está abierta y el combustible fluye dentro de la cámara de combustión. Este parámetro se especifica en grados del cigüeñal o del árbol de levas, o en milésimas de segundo. Diferentes procesos de inyección requieren diferentes duraciones de la inyección, como, por ejemplo:

- En automóviles con motores de inyección directa la duración es de aproximadamente 32-38° de giro del cigüeñal
- En automóviles con motores de inyección indirecta, aproximadamente 35-40°
- En vehículos comerciales con motores de inyección directa, aproximadamente entre 25-36°

Un ángulo de 30° en el cigüeñal equivale a 15° en el árbol de levas (motores de 4 tiempos). Una velocidad de 2000 rpm en la bomba inyectora equivale a una duración de la inyección de 1,25 ms.

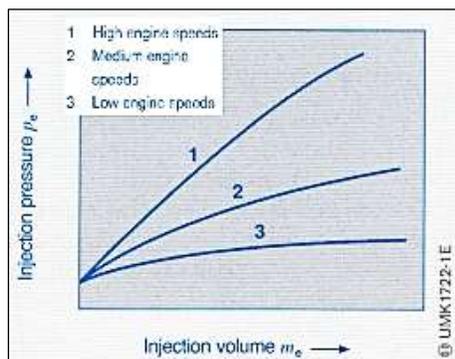
Con el objetivo de minimizar el consumo de combustible y las emisiones, la duración de la inyección debe ser definida en función del punto de operación y del inicio de la inyección. (p. 17)

Curva de la inyección

Según Castillejo (2014) “la curva de inyección representa gráficamente el flujo másico y la presión de combustible frente al tiempo en el que es inyectado en la cámara de combustión” (p. 19).

Figura 41

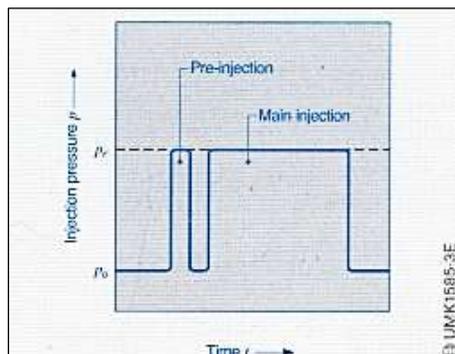
Curva de inyección de un sistema convencional



Nota. Curva de inyección de un sistema convencional en función de la presión volumen. Tomado de Bosch (2005)

Figura 42

Curva de inyección de un sistema common Rail



Nota. Curva de inyección sistema CRDI en función de la presión y tiempo. Tomado de Bosch (2005)

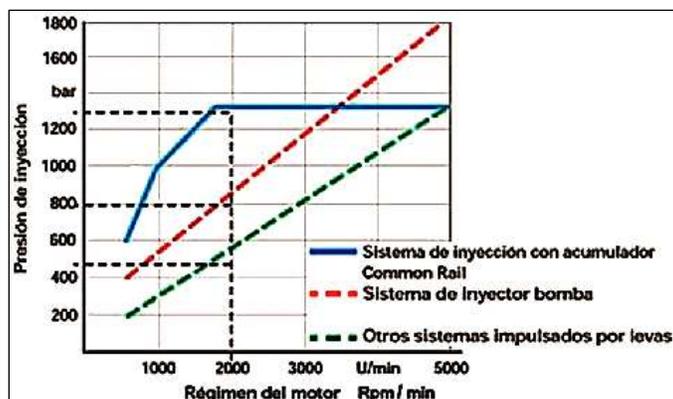
Presión de inyección

La presión generada en el sistema de inyección tiene como finalidad que el combustible salga del inyector en forma de chorro. Un sistema con alta presión de inyección consigue que el chorro salga más pulverizado. La colisión del combustible pulverizado con el aire en el interior de la cámara de combustión causa la atomización del combustible. Así, cuanto mayor sea la velocidad relativa entre el combustible y el aire, y mayor sea la densidad del aire, mejor será la atomización del combustible. La presión de inyección en la tobera puede ser mayor que a la salida de la bomba, debido que en el tramo de tubería se refleja la onda de presión. (Castillejo, 2014, p. 24)

El common rail posee una rampa de aumento más rápida que otros sistemas de inyección convencionales y mantiene constante la presión de combustible. En comparación con el sistema inyector bomba que tiene 64 una mayor presión de inyección, pero solamente a mayores regímenes de motor y decrece cuando el motor funciona con cargas bajas. (Armas y Vaca, 2013, pp. 63-64)

Figura 43

Comparación presión de inyección.



Nota. Gráfica comparativa en función de la presión de inyección y régimen de trabajo del motor.

Tomado de Armas y Vaca (2013)

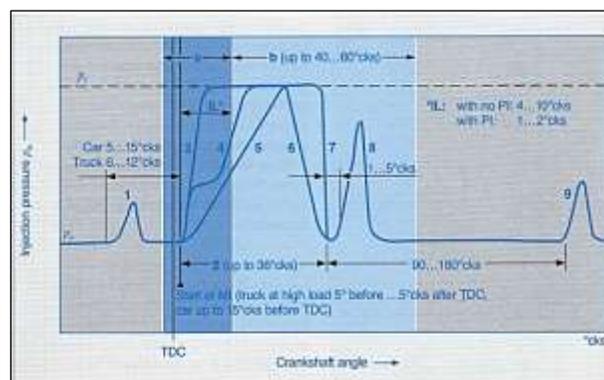
Patrones de inyección

Castillejo (2014) afirma que dependiendo de la aplicación para la que esté destinado el motor, se requieren las siguientes funciones:

- Pre-inyección (1): reduce el ruido de la combustión y las emisiones de NO_x, especialmente en los motores de inyección directa.
- Gradiente positivo de inyección durante la inyección principal (3): reduce emisiones de NO_x en motores sin válvula EGR.
- Gradiente de presión en dos etapas (4): durante la inyección principal reduce las emisiones de NO_x y partículas en motores sin EGR.
- Alta presión constante durante la inyección principal (3,7): reduce las emisiones de partículas durante la operación en motores con EGR.
- Inyección secundaria avanzada (8): reduce las emisiones de partículas.
- Inyección secundaria avanzada (9).

Figura 44

Patrones de inyección



Nota. Gráfica de los patrones de inyección en función de la presión y el ángulo. Tomado de Bosch (2005)

Especificaciones del sistema e inyección DENSO

Según, Salinas & Villavicencio, 2013 (p. 31) 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 20 MPa a 180 MPa.
- El sistema realiza pre-inyección e inyección principal hasta las 3000 RPM.
- Los tiempos de inyección son de 0.4 ms a 1.5 ms.

Tabla 1

Valores de funcionamiento del inyector Denso

Especificación	Valor
Resistencia	0,8 – 1 Ω
Voltaje	5V
Corriente o amperaje	12 A (Apertura) 20 A (MANTENIMIENTO)
Presión de apertura	200 bar
Presión máxima	1800 bar

Nota. Tomado de Coral (2013, p. 70)

Funcionamiento de los inyectores CRDI Denso

Según Coral (2013) “La válvula de tres vías abre y cierra el orificio de salida para regular la presión hidráulica de la cámara de control y controlar el inicio y el final de la inyección”.

No existe inyección cuando no se aplica ninguna corriente al solenoide, la fuerza del muelle de la válvula es superior a la presión hidráulica de la cámara de control. Por consiguiente, la válvula de tres vías es presionada hacia abajo, cerrando el orificio de salida. Por ello, la presión hidráulica de la cámara de control que se aplica al pistón de mando provoca que el muelle de la tobera del inyector se comprima. Esto cierra la aguja de la tobera de inyección, impidiendo que se inyecte el combustible. (p. 69)

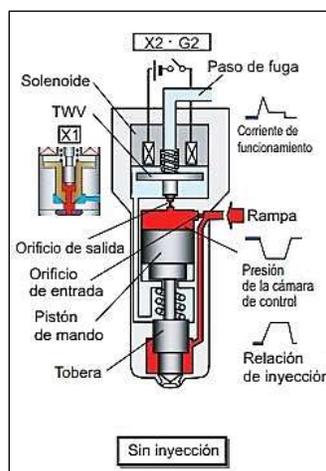
Lo que es confirmado por Denso (2004) en su manual de servicio:

Cuando la TWV (comprende dos válvulas: la válvula interior es fija y la válvula exterior móvil) no está excitada, cierra el paso de fuga desde la cámara de control, de forma que la presión del combustible de la cámara de control y la presión del combustible que se aplica a la aguja de la tobera sean la misma presión de la rampa. Así, la aguja de la tobera se cierra debido a la diferencia entre el área de la superficie sometida a presión del pistón de mando y la fuerza del muelle de la tobera, y el combustible no se inyecta. En el tipo X1, el paso de fuga desde la cámara de control se cierra mediante la válvula exterior, que se aprieta contra el asiento por la fuerza del muelle y la presión del combustible dentro de la válvula exterior. En los tipos X2 y G2, el orificio de salida de la cámara de control se cierra directamente por la fuerza del muelle.

(p.51)

Figura 45

Estado del inyector cuando no se produce la inyección



Nota. Comportamiento del inyector cuando no produce inyección. Tomado de Denso (2004, p.51)

Para Coral (2013) existe inyección cuando se aplica corriente inicialmente al solenoide, la fuerza de atracción de este empuja la TWV hacia arriba, abriendo el orificio de salida y permitiendo el paso del combustible a la cámara de control. Una vez que fluye el combustible, la presión hidráulica de la cámara de control disminuye, empujando hacia arriba al pistón de mando. Esto provoca la elevación de la tobera de inyección y el comienzo de la inyección.

El combustible que fluye tras el orificio de salida pasa al tubo de fugas y por debajo del pistón de mando. El combustible que fluye por debajo del pistón empuja a éste hacia arriba, facilitando la respuesta de apertura y el cierre de la tobera de inyección.

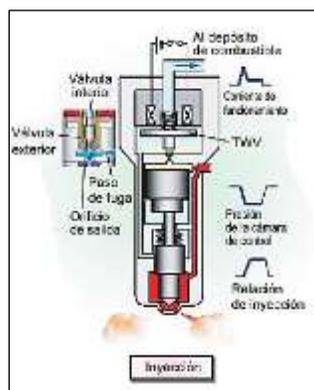
Mientras se aplica corriente al solenoide, la tobera alcanza su elevación máxima, situándose también la relación de inyección en el máximo nivel. Cuando se corta la corriente al solenoide, la TWV cae, haciendo que la aguja de la tobera del inyector se cierre inmediatamente y se detenga la inyección. (p. 69)

Por otro lado, Denso (2004) asevera que la inyección se da de la siguiente manera:

Cuando empieza la excitación de la TWV, esta válvula se levanta, abriendo el paso de fuga de la cámara de control. Cuando este paso de fuga se abre, el combustible de la cámara de control sale y la presión baja. Debido a la caída de presión dentro de la cámara de control, la presión de la aguja de la tobera vence la fuerza que la aprieta hacia abajo, la aguja es empujada hacia arriba y empieza la inyección. Cuando hay fugas de combustible desde la cámara de control, el volumen del flujo se restringe mediante el orificio, de modo que la tobera se abre gradualmente. La relación de inyección sube cuando la tobera se abre. Al continuar aplicando corriente a la TWV, llega un momento en que la aguja de la tobera alcanza la elevación máxima, lo que da como resultado la máxima relación de inyección. El combustible excedente vuelve al depósito de combustible a través del camino mostrado. (p. 51)

Figura 46

Estado del inyector cuando se produce la inyección



Nota. Estado del inyector cuando produce la inyección. Tomado de Denso (2004, p. 51)

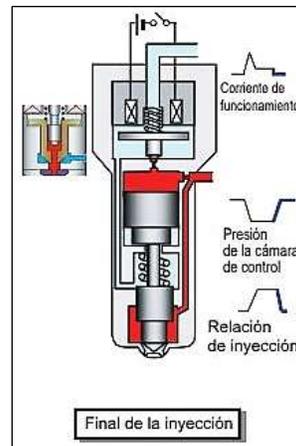
Según Denso (2004) el final de la inyección se produce de la siguiente manera:

Cuando termina la excitación de la TWV, la válvula desciende, cerrando el paso de fuga de la cámara de control. Cuando se cierra el paso de fuga, la presión del combustible dentro de la

cámara de control vuelve instantáneamente a la presión de rampa, la tobera se cierra de repente y la inyección se detiene. (p. 51)

Figura 47

Estado del inyector cuando se produce el final de la inyección



Nota. Estado final de la inyección. Tomado de Denso (2004, p. 51)

Requisitos de pruebas en inyectores CRDI

Pruebas mecánicas

Es importante que antes de hacer las pruebas a los inyectores, colocarlo en el banco de prueba según las recomendaciones del fabricante. Hay que purgar la bomba y la tubería de combustible de igual forma siguiendo las especificaciones del constructor en la cual se pueda obtener una inyección dos o tres veces mayor con el fin de desalojar cualquier partícula de carbonilla o de suciedad que se encuentren alojadas en el conjunto de la tobera del inyector. (Pérez & Sevilla, 2020, pp. 35-36)

Prueba de zumbido

Pérez & Sevilla (2020) afirma que para que exista una pulverización correcta del diésel se precisa que la aguja del inyector oscile hacia atrás y hacia adelante a una alta frecuencia, en el

momento de la inyección. También influye principalmente a que se produce una variación de presión de impulsión en el momento comprendido entre el inicio y el fin de la inyección. (p.36) Según Pintos, 2011. En caso de que esta vibración no se escuche o que sea irregular se debe por lo general a que el inyector se encuentra averiado, o también hay la probabilidad de que la válvula de aguja se encuentre pegada.

Forma de chorro

Un chorro que no es uniforme posee un semblante estriado, cortado o fragmentado, esto es indicio de que la tobera del inyector se encuentra sucia, obstruido de carbonilla o presenta algún tipo de daño. La forma de chorro que se desea en este tipo de pruebas debe ser de forma regular, en forma de abanico y centralizado en función del eje de la aguja, sin interrupciones, cortes y lo fundamental sin goteos. (Pérez & Sevilla, 2020, p. 36)

Presión de apertura del inyector

El momento que se alcanza una presión determinada en la tobera del inyector (dada por el fabricante 175 bar por lo general) se tiene que abrir para producir la pulverización sin la presencia de goteos de combustible. Para este caso es necesario ubicar la presión de funcionamiento en el banco de prueba sea de forma manual o electrónica, y verificando la presión del manómetro. Si la presión que se necesita para la apertura del inyector es mayor, eso quiere decir que la espiga se encuentra pegada, que existe una obstrucción en la tobera o que la precarga del muelle de presión es incorrecta. Caso contrario si la presión que se necesita para abrirlo es menor a la recomendada eso quiere decir que la válvula de aguja se encuentra pegada en la posición abierta, que el muelle pueda estar roto. De forma normal la presión de la apertura se lo ajusta levemente por encima del recomendado, esto con el fin de compensar la reducción de presión que se produce en la fase de inicio de inyección. Por ejemplo, una presión regular es de 175 bar, pero la más factible es calibrarlo en 180 bar. Este proceso se puede realizar ya que

algunos inyectores poseen tornillos de ajuste, verificando primeramente la tuerca de bloque, la que permite mover el mecanismo de ajuste de presión. (Pérez & Sevilla, 2020, p. 37)

Goteo por el inyector

En esta prueba el inyector debe mantener la presión de 175 a 180 bar durante el tiempo que estipula el constructor sin producirse fugas de combustible. El método más factible y fácil de verificar esto, es colocar un pedazo de papel sobrante en la parte inferior del inyector mientras se da la prueba. Si el inyector gotea luego después de limpiar la tobera y la válvula de aguja, se deberá sustituirlo. (Pérez & Sevilla, 2020, pp. 37-38)

Fugas internas del inyector

Pérez & Sevilla, 2020 (p.38) Esta prueba consiste en medir el tiempo en el que se demora en realizarse una caída sostenida de la presión del diésel desde un valor por debajo de la presión de apertura hasta un inferior. Se debe tomar en cuenta que no se dé goteos. Una caída de presión muy rápida informa que la holgura entre el vástago de la aguja y su alojamiento (cuerpo del inyector) es muy ancha, este estado provoca que reemplacen los inyectores.

Pruebas en el banco

Según Pérez & Sevilla, 2020 (p. p. 38-39) menciona que en los bancos de pruebas de los inyectores se realizará las siguientes pruebas:

Plena carga: Se conecta el inyector en el banco de pruebas, se le da una presión dependiendo del fabricante, y se produce a medir el caudal de inyección y de retorno de este, en caso de algunos de estos no estén en el rango dado, se debe reparar el motor.

Fugas o estanqueidad: Sin dar pulso de inyección se mide el retorno del inyector, esta prueba se la hace en el banco a 300 RPM y a 140 Mpa.

Marcha mínima: Se realiza a uno 800 RPM y a unos 25 Mpa se dan pulsos al inyector y se controla el caudal de inyección, mas no el caudal de retorno.

Pre-inyección: Para medir la pre-inyección el caudal y el retorno al momento de hacer pulsación de preinyección con una duración de alrededor con un tiempo de inyección menor al de plena carga.

Verificación y control de inyectores

Los inyectores deben someterse a un control visual previo que es mejor revisarlo con la ayuda de una lupa para descubrir con mayor exactitud los defectos. Observar la punta de la espiga para ver si muestra deformaciones, ralladuras o zonas azuladas que delaten recalentamientos que pudieran haber deformado la punta. Cualquier irregularidad en este sentido será causa suficiente para tener que desechar el inyector. En cuanto al asiento fijo que se halla en el cuerpo del inyector sobre el que se debe acoplar la espiga, hay que observarlo también atentamente para ver si está abollado o coquizado. También se tendrá que observar si el orificio de salida se halla ovalado como señal del deterioro de éste.

Si el inyector pasa todos los controles previos, convendrá todavía hacer un nuevo control del deslizamiento de la espiga por el interior de su guía en el cuerpo del inyector, el cual se efectuará del siguiente modo: Se sumerge la aguja del inyector y el cuerpo del mismo por separado en una bandeja con gasóleo muy limpio y se coloca la aguja o espiga en su canal en el cuerpo del inyector. Luego se saca del líquido este conjunto así unido y sosteniendo el cuerpo del inyector en posición vertical habiendo levantado la aguja como un tercio de su longitud, se observará si la aguja cae por su propio peso hasta el fondo de su asiento. Esta operación deberá repetirse varias veces dándole a la aguja diversos giros para ver si se comporta del mismo modo en todas las posiciones que se le impriman. Si la aguja no consigue regresar por su propio peso hasta su asiento, en cualquiera de las posiciones, será señal de un mal acoplamiento y en su consecuencia habrá que cambiar el conjunto. (de Castro Vicente, 1987, p. 301)

Verificación de la pulverización y dirección del chorro

Bombón & Chalco, 2017, afirma que cuando se desconecta el manómetro de la bomba de pruebas el valor de la presión no tiene interés para esta prueba, pero se debe accionar la palanca de la bomba de una manera breve y enérgica aproximadamente 2 veces por segundo.

Cuando la cadencia de bombeo es rápida, el chorro será neto, finamente pulverizado en forma de nube y formado un cono perfectamente centrado en el eje de simetría del inyector. (p.34)

En el detalle A se observa al inyector indicando el tipo de pulverización, en B el inyector está goteando y tiene una mala atomización limpio, en C el inyector con obstrucción y por último en el detalle D se tiene una representación gráfica de una mala pulverización en consecuencia de una baja presión.

Figura 48

Tipo de pulverización



Nota. Diferentes pulverizaciones de los inyectores de acuerdo con la condición de su estado. Tomado de (Ecuasistemas Diesel, 2020).

Verificación de la estanqueidad

De Castro 1987 (p.305) menciona que la segunda prueba consiste en ver hasta qué punto el inyector cierra de modo que no presenta fugas a valores de presión ligeramente por debajo de

su presión de funcionamiento. Se realiza de la siguiente manera: Se baja lentamente la palanca de accionamiento de la bomba observando el valor que progresivamente va indicando el manómetro. Cuando este valor es de entre 20 a 15 atm. menor que el valor de presión de funcionamiento, se interrumpe la carrera de la palanca y se cierra la válvula de desconexión del manómetro de modo que la presión se mantenga en el circuito hidráulico interior del inyector. En estas condiciones, si la aguja cierra perfectamente sobre su asiento, el inyector no debe gotear y ni siquiera hallarse húmedo por la punta. Ello será señal de una perfecta estanqueidad. Si, por el contrario, el inyector, al llegar a la presión mínima indicada, se humedece o comienza a gotear se tendrá que proceder a un ligero rectificado de la aguja en su asiento por un procedimiento muy parecido al utilizado en el trabajo de esmerilado de válvulas, pero utilizando un poco de Netol o algún abrasivo muy suave girando varias veces la aguja sobre su asiento. Si no se consiguen resultados positivos puede acudir a un rectificado a fondo, pero ello requiere mucha práctica en este trabajo y en el uso de pasta esmeril para el ajuste. Si no puede lograrse el perfecto ajuste de la aguja en su asiento será necesario proceder a la sustitución del inyector completo pues la estanqueidad tiene que estar asegurada.

Verificación de fuga de retorno

La cantidad de retorno de combustible que el inyector produce es un indicador del sellado interno y la condición del inyector. Cualquier problema con el sellado de la válvula del solenoide o la aguja de la tobera se desenmascaran o se muestran en forma de mucho retorno.

Usualmente, si una cantidad alta de retorno es experimentada será vista en cada test y puede indicar problemas en el asiento de la válvula, problemas en la válvula del solenoide y sellado de la tobera o problemas de desgaste. (Morales, 2015, p. 5)

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, insuficiente para la lubricación, lo que ocasionara probablemente el agarrotamiento de la tobera. Si la fuga es excesiva, indica mayor holgura de la necesaria y, en ese caso, deberá sustituirse o repararse la tobera.

Para la prueba se debe accionar la palanca de mando de la bomba del comprobador hasta obtener una presión en el inyector de aproximadamente 10 bares, y se cerrará la válvula de paso de combustible, en estas condiciones, debe observarse un descenso lento de la aguja del reloj comprobador, que indica el nivel de fuga del retorno. (Bombón & Chalco, 2017, pp.35-36).

Verificación de entrega de combustible

En esta prueba se verifica netamente los flujos de trabajo del inyector, si los resultados del flujo de un inyector reparado o usado son estimados como fuera de especificación cuando se comparan con un resultado de test de un inyector nuevo, entonces, las entregas de combustible pueden ser alteradas cambiando los calces de calibración (calibration shim) el cual se asienta entre el solenoide y el cuerpo del inyector.

Lo cual cambiando el calce del resorte del solenoide afectará también a la entrega de combustible y al tiempo de respuesta, reduciendo o incrementando la tensión en la válvula de solenoide, haciendo más fácil o difícil para el solenoide levantar la válvula. (Bombón & Chalco, 2017, p.36)

Recomendaciones de manipulación de los inyectores

En el desmontaje de inyectores hay que tomar en cuenta que pueden sufrir averías tanto las partes mecánicas como la persona que se encuentre realizando el desmontaje, estos sistemas CRDI manejan presiones de 250 bar en ralentí hasta 2000 bar a plena carga en los ductos de combustible.

De igual manera los inyectores no deben sufrir golpes ya que cuentan con bobinas que pueden sufrir averías. Al momento de proceder la limpieza interna del inyector se debe tomar en cuenta las partes del mismo ya que en éstos se cuenta con componentes muy pequeños. (Palacio Quiroz , 2015, p.43)

Prueba de fugas: prueba de sellado

Obando P. (2014) expresa lo siguiente:

La prueba de fugas internas consiste en medir el tiempo que tarda producirse una caída de presión del combustible, esto va desde el valor recomendado por debajo de la presión de apertura hasta el valor específico. Los valores de la verificación en esta prueba, viene expresados en presión y segundos. Al realizar la prueba es de suma importancia observar que el inyector no presente goteo por el orificio de inyección.

Una caída de presión demasiado rápida, indica la existencia de una holgura excesiva entre la punta de la aguja y la tobera, si esto se produce toca reemplazar todo el conjunto de inyector por uno nuevo. (p. 25)

Cantidad de combustible a plena carga

Este paso simula la inyección de combustible a plena carga del motor, y el sensor de flujo del sistema detecta con precisión la cantidad de inyección de combustible y la cantidad de retorno. La tasa de flujo mostrada es el único valor de inyección del inyector. El efecto de la cantidad de inyección de combustible es el mismo que el del sistema Euro 2. La junta DNH en el inyector se ajusta para ahorrar combustible. La cantidad de retorno de combustible se detecta aún más si el conjunto de válvulas de control del inyector de riel común está dañado. (Pérez & Sevilla, 2020, págs. 1-140)

Punto de drenaje

Este paso es similar al torque del tradicional punto de torque del sistema Euro 2, y logra el propósito de la descarga.

Si la cantidad de combustible es demasiado pequeña, el motor es débil, la velocidad es lenta, la potencia es insuficiente, el humo es demasiado grande y no se alcanza el estándar de emisión.

Las juntas AH, DNH, VFK y DFK se pueden ajustar para obtener una curva de aceleración satisfactoria. (Pérez & Sevilla, 2020, págs. 1-140)

Límite de suministro de combustible

La cantidad de combustible es demasiado pequeña, el motor es débil, la velocidad es lenta, la potencia es insuficiente, el humo es demasiado grande y no se alcanza el estándar de emisión.

Las juntas AH, DNH, VFK y DFK se pueden ajustar para obtener una curva de aceleración satisfactoria. (Pérez & Sevilla, 2020, págs. 1-140)

Suministro de combustible inactivo

Simula las condiciones de ralentí del motor, este paso debe garantizar que el combustible al ralentí esté en el rango dentro del perímetro, si la consistencia no es buena, la velocidad es inestable, es fácil de apagar y el ruido es fuerte. La mayor cantidad de combustible al ralentí causa una excesiva velocidad y humo, si es pequeña la cantidad de combustible al ralentí, el motor es fácil de apagar y no es fácil arrancar el motor o desacelerarlo. (Pérez & Sevilla, 2020, págs. 1-140)

Pre-Inyección

“La pre-inyección permite distribuir mejor la combustión, considerada como la inyección principal” (p. 24). (Barbosa et al, 2014, pág. 22)

La pre-inyección de combustible se le puede adelantar con respecto al PMS, 90° del cigüeñal sin pasarnos. No necesariamente, para un comienzo de la inyección previa se avanza unos de 40°

del cigüeñal antes del PMS, el gasoil puede incidir sobre la superficie del pistón y las paredes del cilindro, conduciendo a una dilución inadmisibles del aceite lubricante. En la inyección de combustible previa se produce un pequeño caudal de combustible (1.4mm^3), que genera un "pre-accionamiento" en la cámara de combustión, así pudiendo mejorar el grado de rendimiento de la combustión y a la vez conseguir los siguientes efectos:

La compresión se va elevando poco a poco mediante una acción y reacción previa o combustión total, con lo cual se disminuye el retardo de encendido de la inyección principal.

Estos reducen el ruido de combustión, el consumo de gasoil y, en muchas ocasiones, las emisiones. En la inyección previa, la presión va aumentando antes del PMS en relación con la compresión. Este aumento de la presión contribuye al ruido de combustión del motor diésel. La inyección previa, la presión del PMS tiene un valor mayor, la presión de combustión es menor.

(Aguirre & Ortiz , 2013, pp. 75-76)

Antes de la inyección principal se inyecta una pequeña cantidad de combustible dentro de la cámara de combustión. Al realizar esto provoca un crecimiento de temperatura y presión dentro de la cámara. Con lo cual se reduce el periodo de retraso de auto ignición de la cantidad correspondiente a la inyección principal, logrando disminuir el desnivel del ascenso de la presión y reduciéndose los picos de presión en la cámara. Como resultado se obtiene un menor ruido de la combustión y bajas emisiones de escape. Al entrar en funcionamiento a plena carga y a régimen superiores se elimina la preinyección, por ser necesario inyectar una gran cantidad de combustible en un solo ciclo para que de esta forma exista un alto rendimiento. (Palacios, 2015, pp. 10)

Capítulo III

Protocolo de verificación, mantenimiento, pruebas y puesta a punto de inyectores Denso.

Levantamiento de requerimientos

Par el desarrollo del proyecto de integración curricular se va a requerir del siguiente recurso tecnológico con el que se asegure realizar las pruebas de control y calibración de inyectores CRDI de la marca Denso.

Interface de osciloscopio Hantek 1008c.

La interface de osciloscopio automotriz Hantek 1008c es un instrumento que permite visualizar señales eléctricas y estimar sus diferentes parámetros: frecuencia, período, amplitud, valores máximos y mínimos. El instalador es compatible con la PC, se pudo variar los valores de trabajo y visualizar las ondas ajustando las escalas a nuestra conveniencia. Este software cuenta con su opción “measure” cuya función es tomar medidas tanto en el plano X como en el plano Y, de diferentes características a las que se encuentran trabando los inyectores en tiempo real, cuenta con ocho canales, lo que permite trabajar con más de dos canales de medición al mismo tiempo para poder visualizar los oscilogramas en la interfaz del portátil. (Bombón & Chalco, 2017, p. 41)

Figura 49

Osciloscopio Hantek 1008c



Nota. Se puede visualizar la interfaz de osciloscopio que necesaria para medir señales eléctricas y estimar varios parámetros.

Figura 50

Software de la interface osciloscopio Hantek 1008c



Nota. Se presenta varias funciones del software conteniendo así los 8 canales de la interface de osciloscopio.

Tabla 2

Especificaciones técnicas osciloscopio Hantek 1008c

	Marca y Modelo	1008 c Hantek
Vertical	Canal analógico	8
	Impedancia de entrada	Resistencia: 1 mΩ
	Sensibilidad de entrada	10 mV / div a 5 V / div
	Acoplamiento de entrada	DC
	Resolución	12 bits
Horizontal	Profundidad de memoria	4K
	Max. Entrada	400 v (dc + CA pico)
	Frecuencia de muestreo en tiempo real	2.4 msa/s
	Rango de base de tiempo	1 ns / div a 20000 S / div (1-2-5 secuencias)
	Base de tiempo de precisión	50 ppm ±

Marca y Modelo	1008 c Hantek
La medición del tiempo	frecuencia, período, tiempo de subida, tiempo de caída, anchura positiva, anchura negativa, ciclo de trabajo
Medición cursores	Pista, modos de medición automática verticales horizontales
Proceso de señal de forma de onda.	+, -, x, ÷, FFT, invertido

Nota. Detalle de las especificaciones de la interface de osciloscopio (Hantek, 2017).

Procedimiento de uso

Para realizar las medidas en el osciloscopio Hantek 1008c, se deben cumplir los siguientes pasos:

- Conectar el osciloscopio a la computadora mediante el cable USB.
- El osciloscopio Hantek 1008c no necesita fuente de alimentación.
- Calibrar las escalas de tiempo y voltaje, de tal forma que se pueda observar de manera adecuada los datos tomados, ajustar el trigger para estabilizar la imagen en el portátil.
- Conectar las puntas que mejor se adapten al trabajo que se va a realizar e los puntos de medición deseados, y el otro extremo debe estar conectado al canal 1 del osciloscopio.
- Para visualizar el oscilograma en el computador, se instala previamente el software “Hantek 1008c” que se encuentra en el cd de instalación del equipo, y el driver correspondiente al osciloscopio para que se reconozca el puerto USB.
- Para almacenar los datos obtenidos en tiempo real usar la opción “meassure”, lo que permite generar mediciones que se puede apreciar en la pantalla.

(Bombón & Chalco, 2017, p. 43)

Trazador de imágenes FADOS9F1

Este equipo tiene la función y la capacidad de generar gráficas muy parecidas en contexto de los circuitos eléctricos. Mediante este equipo e interfaz se cumple un diagnóstico de los circuitos automotrices sin necesidad de que el sistema este energizado.

Figura 51

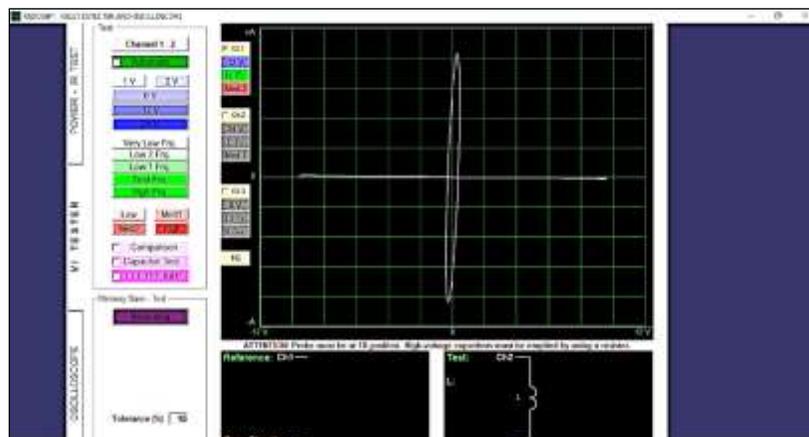
Equipo FADOS9F1



Nota. El equipo FADOS9F1.

Figura 52

Software del equipo FADOS9F1



Nota. Software del equipo FADOS9F1 ejecutada en el ordenador.

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 (diésel), cubriendo todos los tipos de inyectores diésel en el mercado.

El banco con la ayuda de un contador de stroke (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.

El 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.

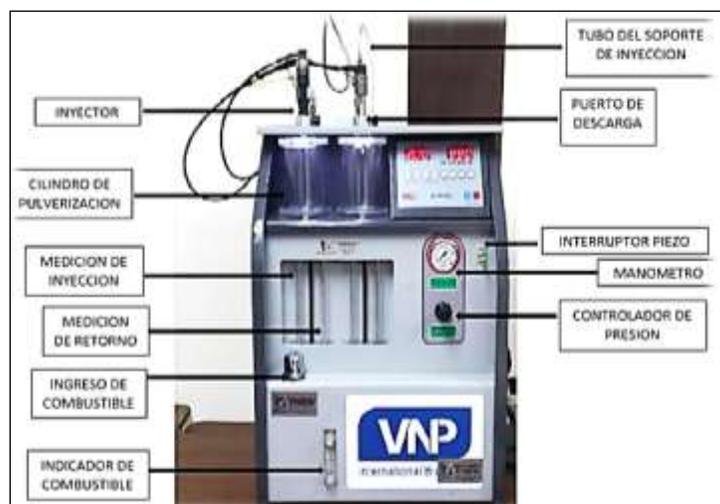
Las pruebas que me permite realizar el Banco Tester CRDI V-3500 VNP para el análisis y diagnóstico de un inyector CRDI son las que se detallan a continuación:

- Prueba de resistencia del inyector
- Prueba de pulverización (ángulo de pulverización)
- Prueba de inyección de arranque
- Prueba de inyección principal
- Prueba de inyección piloto.
- Limpieza de inyectores

(Noboa & Vargas, 2017, p. 40)

Figura 53

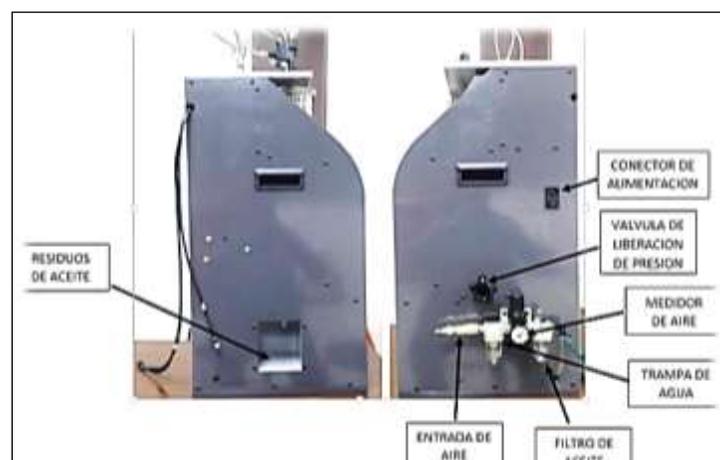
Componentes del Banco Tester V-3500 VNP



Nota. Se detalla los diferentes componentes de una vista frontal del banco de pruebas Tester CRDI V-3500 VNP. Tomado de (Noboa & Vargas, 2017).

Figura 54

Vista laterales del Banco Tester V-3500 VNP



Nota. Se detalla los diferentes componentes de las vistas laterales del banco de pruebas Tester CRDI V-3500 VNP. Tomado de (Noboa & Vargas, 2017).

Tabla 3

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, Piezoeléctricos
Peso	65 kg
Dimensiones (mm)	550 x 410 x 800
Temperatura de funcionamiento	10-50 °C

Nota. Tabla de especificaciones del banco de pruebas CRDI V-3500 VNP. Tomado de (Noboa & Vargas, 2017).

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.

(Noboa & Vargas, 2017, p. 42)

Banco de pruebas KOMTEST CRI 2400

Según (Diesel Injection Services) este banco de pruebas fue diseñado para los inyectores Diésel de nueva generación con la capacidad de probar 4 inyectores al mismo tiempo. Dentro de su plan de pruebas está pensado para poder realizar la prueba a diferentes marcas de inyectores tales como Bosch, Delphi, Denso y Siemens.

Una de sus ventajas es que se puede probar automática o manualmente posteriormente imprimir el informe de la respectiva prueba, dispone de un sistema de control por ordenador de uso fácil. Dentro de los rangos de pruebas tiene una capacidad de 200 – 2000 bar a un intervalo de tiempo de 3000.

Figura 55

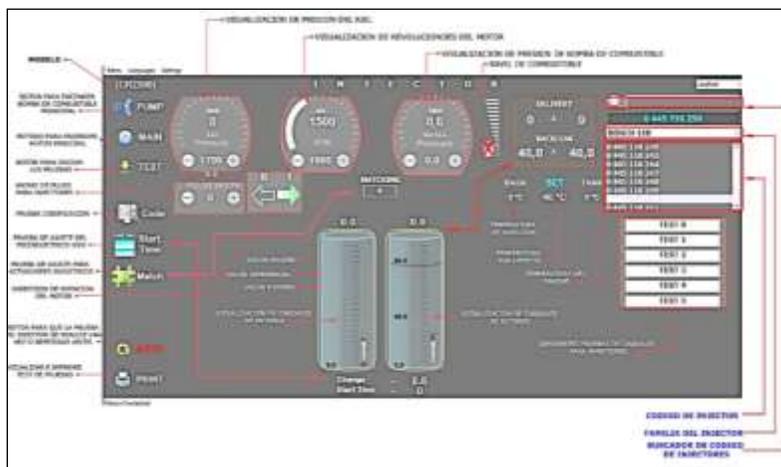
Banco de pruebas KOMTEST CRI 2400



Nota. Se observa el banco de pruebas KOMTEST CRI 2400 usado para realizar pruebas de caudal de inyección y retorno de los inyectores marca Denso.

Figura 56

Interfaz del banco de pruebas KOMTEST CRI 2400



Nota. Se observa dentro de la interfaz varias opciones que tiene el banco de pruebas KOMTEST CRI 2400. Tomado del (Manual de funcionamiento).

Kit de herramientas de desmontaje de inyectores multimarca

Este el kit de herramientas tiene varias piezas funcionales usadas con la finalidad de realizar proceso de despiece y armado de varias marcas de inyectores. Este kit es de la marca ERIKC de excelente calidad que garantiza un procedimiento de calidad cuidando y resguardando los componentes internos del inyector Denso.

Figura 57

Herramientas usadas para el desmontaje de los inyectores



Nota. Se indica las herramientas usadas para el despiece del inyector Denso.

Herramientas y accesorios de medición

Reloj palpador digital

Figura 58

Reloj palpador



Nota. Instrumento de medición IP54 a prueba de aceite, reloj palpador electrónico, precisión: 0.001 mm, mm/in, 0-12.7/0.5. Precisión.

Figura 59

Útil para tomar la altura AH del inyector DENSO.



Nota. Herramienta que se acopla a la pieza a medir y al reloj palpador.

Figura 60

Micrómetro digital



Nota. Instrumento de medición IP54 a prueba de aceite, Micrómetro electrónico 0.001 mm, mm/in, 0-12.7 mm/0.5. Precisión.

Figura 61

Superficie plana para encerar el micrómetro.



Nota. Necesario para asegurar la correcta toma de medidas del reloj palpador

Figura 62

Torquímetro 3/8



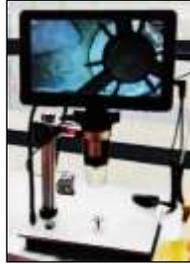
Nota. Tiene una capacidad de medición de torque de 6.8 Nm a 135 Nm.

Microscopio

Algunos componentes son difíciles de visualizar simplemente, con esa finalidad cumple un papel indispensable en la puesta a punto de los inyectores. El microscopio permite observar imágenes bastante amplias de los componentes sean desgastados o dañados que con la vista no se pueda alcanzar a ver. Ente sus partes y funciones se permite realizar un recorrido del lente vertical y horizontal para adaptarse a las necesidades para una mejor visualización.

Figura 63

Microscopio



Nota. Un equipo necesario en el proceso de diagnóstico con una pantalla digital con una excelente resolución.

Multímetro

El multímetro o polímetro es un instrumento que permite medir diferentes magnitudes eléctricas. Así, en general, todos los modelos permiten medir:

- Tensión alterna y continua.
- Corriente alterna y continua.
- Resistencia.

Figura 64

Multímetro Automotriz Pro'sKit MT-5211



Nota. Multímetro de la marca PrósKit, modelo MT-5211 útil para medir valores de resistencia, voltaje, corriente e inductancia.

Multímetro como medidor de inductancia

La inductancia es la propiedad que poseen determinados dispositivos, llamados inductores, los cuales reaccionan ante cualquier variación en la corriente que los atraviesa. Los inductores son componentes diseñados para ser empleados en determinadas aplicaciones con el propósito de oponerse a cambios bruscos en la corriente que los atraviesan (principio de Inducción) y así efectuar una función de control. (Rodríguez, 2010, p. 16)

Pinza amperimétrica Brain Bee

Este equipo es muy indispensable ya que nos ayuda a medir la corriente en el conductor donde se encuentra conectado. Este instrumento posee una pinza cuyo objetivo es medir la corriente conectando la pinza sin romper el cable. Dispone de un cable con entrada de osciloscopio integrado en la misma pinza, mejorando así la visualización de la onda.

Figura 65

Pinza amperimétrica Brain Bee



Nota. Pinza amperimétrica seleccionada en su máxima capacidad indispensable para medir y obtener la onda de corriente.

Tabla 4

Especificaciones de la pinza amperimétrica Brain Bee

Pinza amperimétrica Brain Bee	
Entrada	60 A Max AC/DC
Salida	10 mv/A -100 mV/A
Max voltaje	240 V -AC / 300 V -DC

Nota. Especificaciones adecuadas de la pinza amperimétrica. Tomado (Brain Bee, 2017)

Procedimiento de uso:

Para la utilización de la pinza amperimétrica seguir los siguientes pasos:

- Revisar el nivel de batería que no esté prendido el indicador low. Bat.
- Ubicar los canales de osciloscopio a una escala que se pueda apreciar la onda completa.
- En la pinza amperimétrica Brain Bee se tiene el sentido en el cual se debe colocar la misma.
- Obtener las medidas y las ondas respectivamente.
- Realizar la transformación adecuada del voltaje hacia amperios según la escala determinada.

Compresor de aire

Figura 66

Compresor de aire MZB



Nota. Encargado de alimentar con presión al banco de pruebas Tester CRDI V 3500 VNP

Este equipo es una máquina destinada para comprimir el aire alrededor y aumentar la presión debido a su capacidad de almacenar en un espacio relativamente pequeño. Se caracteriza por entregar la presión correcta para el funcionamiento del banco de pruebas Tester CRDI V 3500 VNP.

Especificaciones técnicas del inyector Denso

Figura 67

Características del inyector Denso para el Hino Dutro



Nota. Inyector Denso serie 095000 6521. Tomado de (Diesel, 2023)

Tabla 5

Características del inyector 095000 6521

Características del inyector 095000 6521	
Número de serie	095000 6521
Marca del vehículo	HINO
Modelo del vehículo	Dutro
Motor	N04C-VC

Nota. Especificaciones del inyector Denso 09500 6521.

Figura 68

Características del inyector Denso para la Toyota Hilux



Nota. Inyector Denso serie 23670-0L010

Tabla 6

Características del inyector 23670-0L010

Características del inyector 23670-0L010	
Número de serie	23670-0L010
Marca del vehículo	Toyota
Modelo del vehículo	Hilux
Motor	2.5D

Nota. Especificaciones del inyector Denso 23670-0L010.

Despiece y nomenclatura del inyector Denso 095000 6521

Figura 69

Despiece del inyector DENSO



Nota. Elementos internos y externos de un inyector inductivo marca Denso despiezado.

Tabla 7

Nomenclatura del inyector DENSO

N°	Nombre del componente
1	Bobina
2	Resorte de válvula
3	Anillo VKF
4	Tuerca de sujeción
5	Vástago
6	guías
7	Tobera
8	guías
9	Espaciador
10	Resorte de tobera
11	Válvula de control
12	PIN
13	Portatobera
14	Sello
15	Cuerpo

Nota. Nombres de los componentes que conforman el inyector CRDI Denso 09500 6521 y 2367 0L010

Proceso de desarmado, verificación y armado del inyector

Proceso de desarmado de inyector Denso 095000 6521 y 23670 0L010

A continuación, se detalla el proceso de desarmado de los inyectores Denso 095000 6521 y 23670 0L010 que tiene similitud en su constitución y elementos que los conforman, al ser ambos inyectores de tipo inductivo.

Tabla 8

Proceso de desarmado del inyector marca Denso de tipo inductivo

N°	Herramienta	Descripción	Imagen
1	Herramienta de fijación	Colocar el inyector en la herramienta de fijación y se ajusta la misma de tal forma que el inyector no tenga movimiento, colocar el inyector de tal forma que la bobina se situé en la parte superior y la tobera se situé en la parte inferior.	
2	Palanca de fuerza Llave 29 mm cortada	Acoplar la llave 29 mm cortada con la palanca de fuerza y desajustar la rosca de la bobina para su posterior extracción.	
3	Pinza	Se deben extraer los siguientes elementos que se encuentran dentro del cuerpo de la bobina: Resorte, Arandela de compensación, Arandela AH	
4	Pinza	El inducido que se encuentra dentro del cuerpo del inyector, este inducido una válvula de sello (media esfera). Es importante tomar en cuenta que la parte plana de la media esfera debe ir hacia afuera es decir debe estar visible.	

N°	Herramienta	Descripción	Imagen
5	Palanca de fuerza Dado 14	Invertir la posición del inyector en la herramienta de fijación de tal forma que la tobera que en la parte superior. Extraer el porta tobera con el dado 14 y la palanca de fuerza.	
6	Pinza	Una vez extraído la porta tobera están los siguientes elementos: porta tobera, tobera y aguja dentro de la tobera, espaciador de tobera, guías, resorte, PIN, anillo DFK, espaciador. Hay que tener en cuenta que solo los inyectores Denso tiene un punto de retorno de tobera, por lo cual puede ser que exista fuga de retorno en la tobera.	
7	Tuerca	Para extraer el vástago de control del cuerpo de inyector se acopla una tuerca en el cuerpo, se da un pequeño golpe y saldrá el vástago. El vástago puede sufrir desgaste o ralladura	 

N°	Herramienta	Descripción	Imagen
8	Llave de tres pines Herramienta de golpe Martillo	Para extraer los demás componentes del cuerpo del inyector se acopla la llave de tres pines a la tuerca de sujeción para desajustarla, en caso de estar muy ajustada se debe dar uno golpes con una herramienta de golpe y un martillo.	
9	Pinza	Una vez desajustada la tuerca de sujeción se debe extraer los siguientes componentes: tuerca de sujeción, la válvula de control, y los pines guías.	

Nota. Pasos generales a seguir para el desarmado de un inyector de la marca Denso del tipo inductivo.

Proceso de armado de inyector Denso 095000 6521 y 23670 0L010

A continuación, se detalla el proceso de desarmado de los inyectores Denso 095000 6521 y 23670 0L010 los cuales tienen piezas y constitución similares.

Tabla 9

Proceso de armado del inyector marca Denso de tipo inductivo

N°	Herramienta	Descripción	Imagen
1	Pinza	Con el cuerpo inyector en posición de la parte de la bobina hacia arriba se coloca los pines guías, la válvula de control, la tuerca de sujeción.	
2	Torquímetro Llave de tres pines	Ajustar la tuerca de sujeción con un torque de 65 N*m	

N°	Herramienta	Descripción	Imagen
3	Pinza	Posterior mente cambiar la orientación de cuerpo para ingresar los siguientes elementos: Vástago, Espaciador, Anillo DFK, Resorte de tobera, PIN, Espaciador de tobera, Pines guía, Tobera, Porta tobera.	
4	Torquímetro Dado 14 mm	Se ajusta la porta tobera a 50 N*m	
5	Pinza	Invertir la orientación del inyector y colocar el inducido y se debe asegurar que gire de manera libre.	
6	Pinza	Colocar el anillo AH Colocar el anillo FVK y el resorte de válvula en la bobina	
7	Torquímetro Llave 29 mm cortada	Colocar la bobina y se ajusta 18 N*m	

Nota. Pasos generales a seguir para el armado de un inyector de la marca Denso del tipo inductivo.

Proceso de ajuste y calibración de inyectores CRDI

Se debe realizar una adecuada calibración del anillo AH, la tuerca de sujeción, y el anillo VFK ya que inciden directamente en los parámetros de funcionamiento del inyector, a continuación, se detalla el proceso de calibración para inyectores de marca Denso.

Figura 70

Calibración de los inyectores Denso

095000-766#	STRK: 500 msec: 0.600 Bar: 150.240	Time: 1.30 Bar: 1700 [R]: 0-76 ml	1	STRK: 500 msec: 0.940 Time: 2.00 Bar: 1600	[D]: 48 +/- 10 [R]: 39 +/- 39	2	STRK: 1000 msec: 0.810 Time: 2.00 Bar: 800	[D]: 44 +/- 11	3	STRK: 1500 msec: 0.870 Time: 2.00 Bar: 250	[D]: 17 +/- 7	4	STRK: 1500 msec: 0.430 Time: 5.00 Bar: 800	[D]: 21 +/- 11
095000-767#	STRK: 500 msec: 0.600 Bar: 150.240	Time: 1.30 Bar: 1700 [R]: 0-76 ml	1	STRK: 500 msec: 0.940 Time: 2.00 Bar: 1600	[D]: 48 +/- 10 [R]: 39 +/- 39	2	STRK: 1000 msec: 0.810 Time: 2.00 Bar: 800	[D]: 44 +/- 11	3	STRK: 1500 msec: 0.870 Time: 2.00 Bar: 250	[D]: 17 +/- 7	4	STRK: 1500 msec: 0.430 Time: 5.00 Bar: 800	[D]: 21 +/- 11
095000-768#	STRK: 500 msec: 0.600 Bar: 150.240	Time: 1.30 Bar: 1700 [R]: 0-76 ml	1	STRK: 500 msec: 0.930 Time: 2.00 Bar: 1600	[D]: 51 +/- 10 [R]: 43 +/- 43	2	STRK: 1000 msec: 0.770 Time: 2.00 Bar: 800	[D]: 46 +/- 11	3	STRK: 1500 msec: 0.800 Time: 2.00 Bar: 250	[D]: 17 +/- 7	4	STRK: 1500 msec: 0.380 Time: 5.00 Bar: 800	[D]: 21 +/- 11
095000-769#	STRK: 500 msec: 0.600 Bar: 150.240	Time: 1.30 Bar: 1700 [R]: 0-76 ml	1	STRK: 500 msec: 0.930 Time: 2.00 Bar: 1600	[D]: 51 +/- 10 [R]: 43 +/- 43	2	STRK: 1000 msec: 0.770 Time: 2.00 Bar: 800	[D]: 46 +/- 11	3	STRK: 1500 msec: 0.800 Time: 2.00 Bar: 250	[D]: 17 +/- 7	4	STRK: 1500 msec: 0.380 Time: 5.00 Bar: 800	[D]: 21 +/- 11
095000-778#	STRK: 500 msec: 0.600 Bar: 150.240	Time: 1.30 Bar: 1700 [R]: 0-76 ml	1	STRK: 500 msec: 0.860 Time: 2.00 Bar: 1600	[D]: 63 +/- 10 [R]: 43 +/- 43	2	STRK: 1000 msec: 0.680 Time: 2.00 Bar: 800	[D]: 48 +/- 11	3	STRK: 1500 msec: 0.780 Time: 2.00 Bar: 250	[D]: 17 +/- 7	4	STRK: 1500 msec: 0.330 Time: 5.00 Bar: 800	[D]: 21 +/- 11
095000-822#	STRK: 500 msec: 0.600 Bar: 150.240	Time: 1.30 Bar: 1700 [R]: 0-76 ml	1	STRK: 500 msec: 0.955 Time: 2.00 Bar: 1600	[D]: 79 +/- 9 [R]: 50 +/- 50	2	STRK: 1000 msec: 0.735 Time: 2.00 Bar: 800	[D]: 59 +/- 15	3	STRK: 1500 msec: 0.765 Time: 2.00 Bar: 250	[D]: 18 +/- 7	4	STRK: 1500 msec: 0.335 Time: 5.00 Bar: 800	[D]: 21 +/- 11
095000-826#	STRK: 500 msec: 0.600 Bar: 150.240	Time: 1.30 Bar: 1700 [R]: 0-76 ml	1	STRK: 500 msec: 0.860 Time: 2.00 Bar: 1600	[D]: 63 +/- 10 [R]: 43 +/- 43	2	STRK: 1000 msec: 0.680 Time: 2.00 Bar: 800	[D]: 48 +/- 11	3	STRK: 1500 msec: 0.780 Time: 2.00 Bar: 250	[D]: 17 +/- 7	4	STRK: 1500 msec: 0.330 Time: 5.00 Bar: 800	[D]: 21 +/- 11

Nota. Medidas de calibración de inyectores Denso. Tomado de (Denso, 2023)

Calibración de la tuerca de sujeción

Se debe realizar la medición de la parte en la que sobresale la media esfera la cual de ir desde 0.02 mm a 0.04 mm, con el fin de que se produzca un correcto sellado, ya que si esta medida es menor se producirá daños en la válvula de control.

Tabla 10

Calibración de la tuerca de sujeción del inyector Denso

N° Proceso	Herramienta	Descripción	Imagen
1	Reloj palpador	Realizar la medición en la tuerca de sujeción. Resultado medición: H= 0.036[mm]	
2	Ninguna	En caso de que la tuerca este fuera de la medida especificada realizar un desgaste de la tuerca o cambiar la misma por una nueva, según corresponda. En este caso la medida se encuentra dentro del rango especificado.	

Nota. Mediciones realizadas para la calibración de la tuerca de sujeción.

Calibración del anillo VFK

El anillo VFK debe tener una medida de 1.05 mm hasta 1.18 mm, este elemento incide en la tensión del resorte de válvula y el tiempo de respuesta del inyector, si existe menor tiempo de respuesta existirá mayor caudal, si existe mayor tiempo de respuesta el caudal será menor.

Tabla 11

Calibración del anillo VFK de inyector Denso

N° Proceso	Herramienta	Descripción	Imagen
1	Micrómetro	Medir el espesor del anillo VFK Resultado de medición: H= 1.074 [mm]	

N°	Herramienta	Descripción	Imagen
Proceso			
2	Ninguna	Verificar que el espesor medido se encuentre dentro del rango. En este caso en la medición se encuentra dentro del rango por lo que no se debe cambiar la pieza.	

Nota. Mediciones realizadas para la calibración del anillo VFK

Calibración del anillo AH

El espesor del anillo AH varía entre los valores de 1.55 mm a 1.70 mm.

Se debe realizar la medición de la profundidad de la bobina con el anillo AH colocado y la medición de la profundidad del cuerpo del inyector con el inducido colocado, la resta de estas dos mediciones de ir de 0.05 mm a 0.08 mm, lo ideal sería 0.06 mm.

$$x = m - n$$

m: profundidad de la bobina con el anillo AH colocado

n: profundidad del cuerpo del inyector con el inducido colocado.

X= resta entre profundidad de la bobina y profundidad del cuerpo

Tabla 12

Proceso de calibración del anillo AH de inyectores Denso

N°	Herramienta	Descripción	Imagen
	Micrómetro	Realizar la medición del espesor del anillo AH Espesor AH= 1.60 mm	
1	Reloj Palpador	Acoplar el reloj palpador y medir la profundidad de la bobina m=3.39 mm	

N°	Herramienta	Descripción	Imagen
2	Reloj palpador	Acoplar el reloj palpador y medir la profundidad del inducido en el cuerpo del inyector $n = -3.424 \text{ mm}$	
3	Herramientas de cálculo	Calcular el e valor de la diferencia de profundidades. Verificar que el valor este dentro del rango especificado.	$x = m - n$ $x = 3.390 \text{ mm} - (-3.424 \text{ mm})$ $x = 0.034 \text{ mm}$
4	Herramientas de cálculo	Reemplazar del anillo AH por uno con menos espesor con el fin que la altura se encuentre dentro del rango especificado. Posteriormente realizar nuevamente la medición de altura de la bobina. $n1 = 3.362 \text{ mm}$ $n1 =$ nueva altura de la bobina	
5	Micrómetro	Calcular la nueva diferencia de alturas y verificar si se encuentra dentro del rango calculado Con el nuevo anillo AH la diferencia de distancias se encuentra dentro del rango especificado, por tanto, el inyector trabajara de manera correcta.	$x = m - n1$ $x = 3.362 \text{ mm} - (-3.424 \text{ mm})$ $x = 0.062 \text{ mm}$

Nota. Procedimiento de mediciones y cálculos para realizar la calibración de la arandela AH.

Análisis de las pruebas eléctricas del inyector

Figura 71

Valor de resistencia del Inyector DENSO 095000 6521



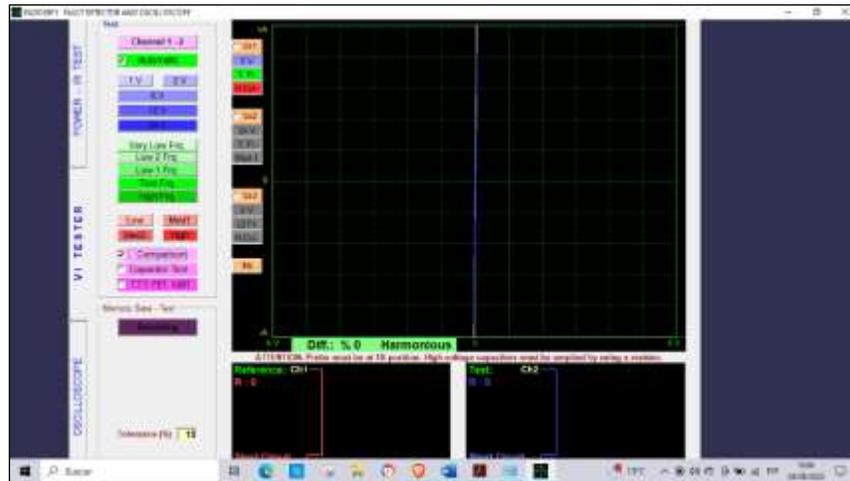
Nota. El valor de resistencia registrado es de 1.1 Ohms, es un valor aceptable de funcionamiento de inyector.

Figura 72

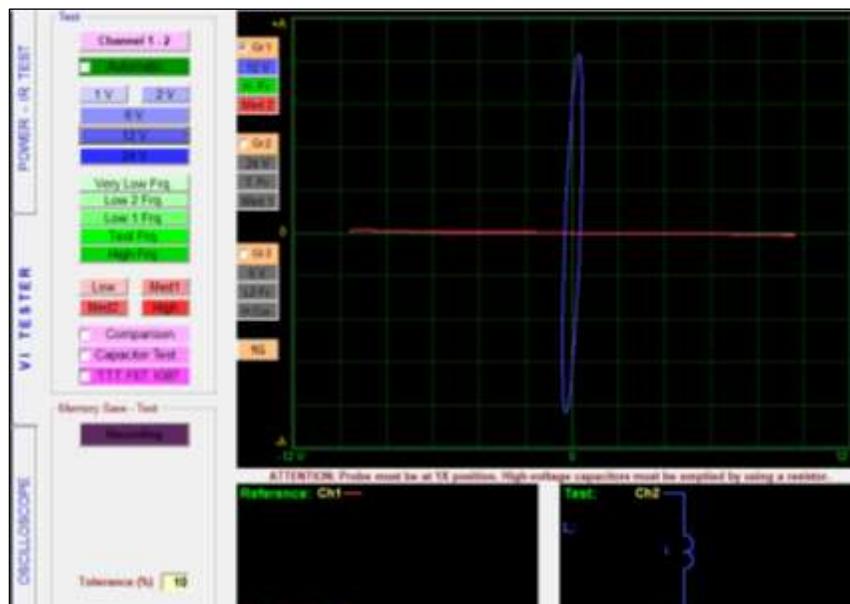
Valor de inductancia del Inyector DENSO 095000 6521



Nota. El valor registrado es de 0.41 mili Henrios

Figura 73*Figura de Lissajous patrón*

Nota. En este caso se tiene la imagen correspondiente a una resistencia, esto sucede debido al bajo valor de inductancia que tienen las bobinas del inyector diésel.

Figura 74*Figura de Lissajous Inyector Denso 095000 6521*

Nota. En el caso de un inyector el instrumento de medida muestra una elipse correspondiente a una bobina.

Figura 75

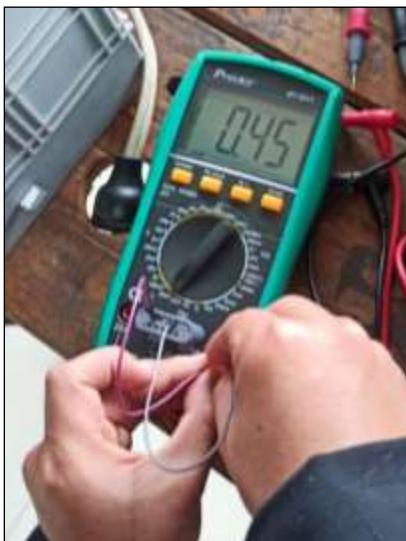
Valor de resistencia del Inyector DENSO 23670 0L010



Nota. El valor de resistencia del inyector es igual a 0.2 Ohmios, que está dentro de un rango aceptable.

Figura 76

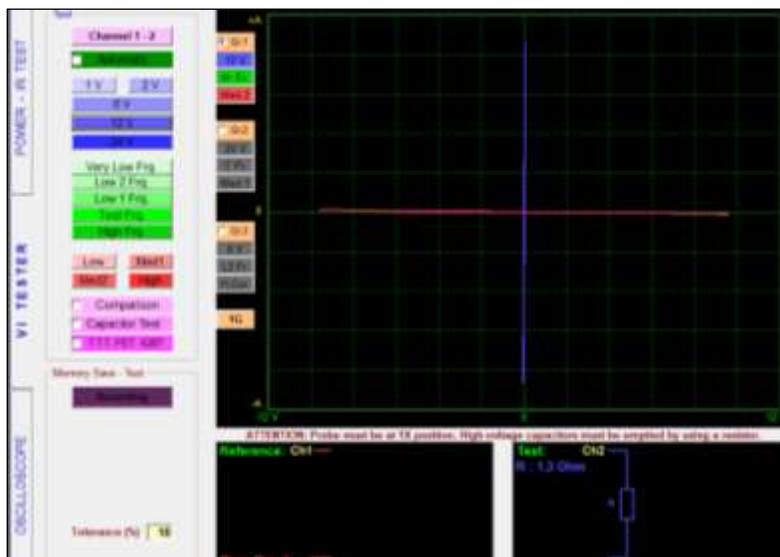
Valor de inductancia del Inyector DENSO 23670 0L010



Nota. El valor de inductancia del inyector es igual a 0.45 mili Henrios.

Figura 77

Figura de Lissajous patrón



Nota. En este caso se tiene la imagen correspondiente a una resistencia, esto sucede debido al bajo valor de inductancia que tienen las bobinas del inyector diésel.

Figura 78

Figura de Lissajous Inyector Denso 23670 0L010



Nota. En el caso de un inyector el instrumento de medida muestra una elipse correspondiente a una bobina.

Análisis y comprobación de los caudales de inyección y de retorno

Caudal de inyección y retorno de inyector Denso 095000 6521

A continuación, se presentan los caudales de inyección retorno de inyector Denso 095000 6521

Tabla 13

Caudales de inyección y retorno a diferentes condiciones

N° Prueba	Tiempo de inyección (ms)	Numero de inyecciones (Strocks)	Presión de inyección (bares)	Caudal de inyección (mm ³)	Caudal de retorno (mm ³)
1	1	300	500	11	33
2	1.5	300	400	18	31.5
3	2	300	400	24	29.2
4	1	500	400	14.5	33
5	1.5	500	400	23	33
6	2	500	400	33	33

Nota. Tabulación de datos de caudales de inyección y retorno a diferentes condiciones.

Caudal de inyección y retorno de inyector Denso 23670 0L010

A continuación, se presentan los caudales de retorno de inyector Denso 23670 0L010

Tabla 14

Caudales de inyección y retorno a diferentes condiciones

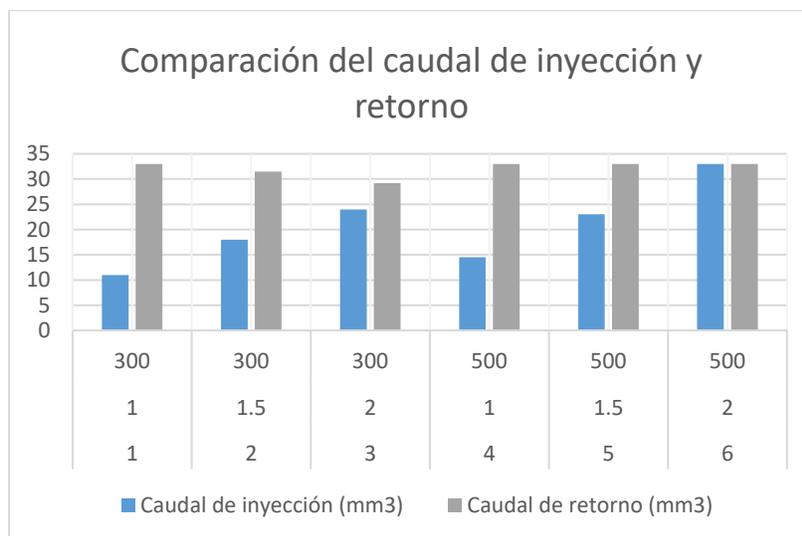
N° Prueba	Tiempo de inyección (ms)	Numero de inyecciones (Strocks)	Presión de inyección (bares)	Caudal de inyección (mm ³)	Caudal de retorno (mm ³)
1	1	300	500	8	3.1
2	1.5	300	500	10	2.5
3	2	300	500	12.5	3.1
4	1	500	450	12.5	4.7
5	1.5	500	400	17.5	5.5
6	2	500	450	31.2	6.5

Nota. Tabulación de datos de caudales de inyección y retorno a diferentes condiciones.

Comparación de caudales de inyección y retorno

Figura 79

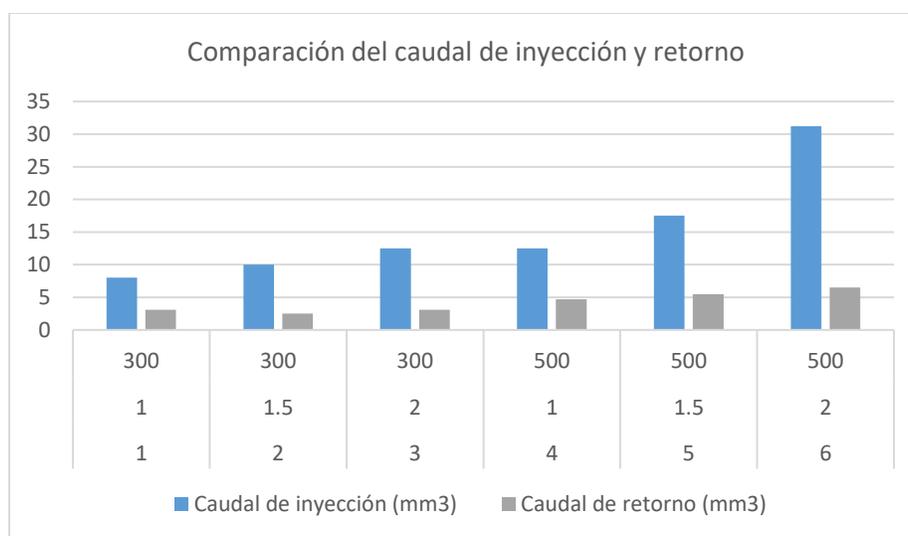
Comparación de caudal de inyección y retorno en el inyector 095000 6521



Nota. El valor de caudal de inyección aumenta a medida que aumenta el caudal de inyección, en la prueba 4 el caudal de inyección baja bruscamente a pesar de que se aumentó el número de inyecciones de 300 a 500, además existe un exceso de caudal de retorno en todas las pruebas, esto debido al exceso de holgura entre el vástago y el cuerpo del inyector, y por lo mismo se da la caída brusca de caudal en la prueba 4.

Figura 80

Comparación de caudal de inyección y retorno en el inyector 23670 0L010



Nota. Existe un aumento progresivo de caudal de inyección con el aumento del tiempo de inyección y el aumento del número de inyección lo que es un comportamiento correcto y se evidencia que los componentes internos de inyector no presentan desgaste, por otro lado, el valor de caudal de retorno es mucho menor con respecto al valor de caudal de inyección y la diferencia existente entre cada prueba es despreciable.

Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector

Oscilogramas del inyector Denso 095000 6521

Se realizó pruebas de corriente y voltaje del funcionamiento del inyector a diferentes condiciones de presión, tiempo de inyección, número de inyecciones, a continuación, se detallan las

imágenes de los oscilogramas de voltaje y corriente obtenidas en el funcionamiento del inyector marca Denso 095000 6521.

Figura 81

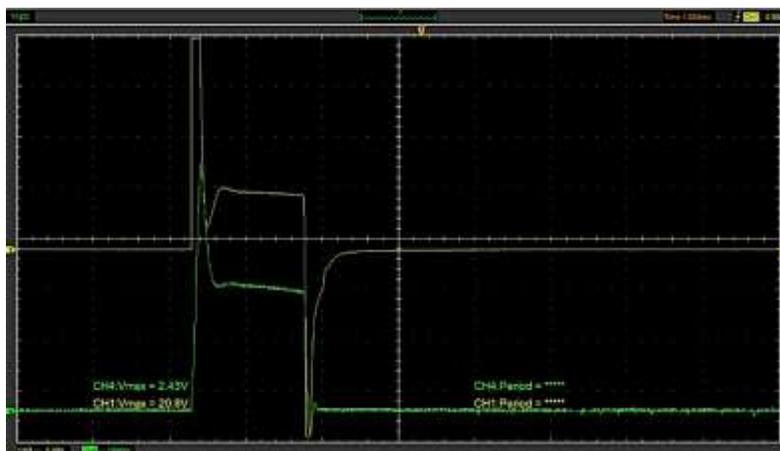
Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector 095000 6521 con un tiempo de inyección de 1 ms, 300 inyecciones (Strocks), 500 bares de presión



Nota. Se puede evidenciar un funcionamiento normal del inyector en los oscilogramas de voltaje y corriente.

Figura 82

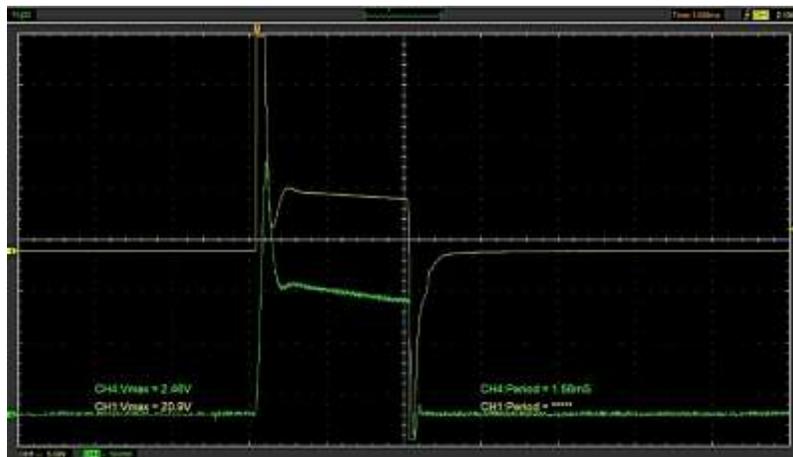
Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector 095000 6521 con un tiempo de inyección de 1.5 ms, 300 inyecciones (Strocks), 500 bares de presión



Nota. Se puede evidenciar un funcionamiento normal del inyector en los oscilogramas de voltaje y corriente.

Figura 83

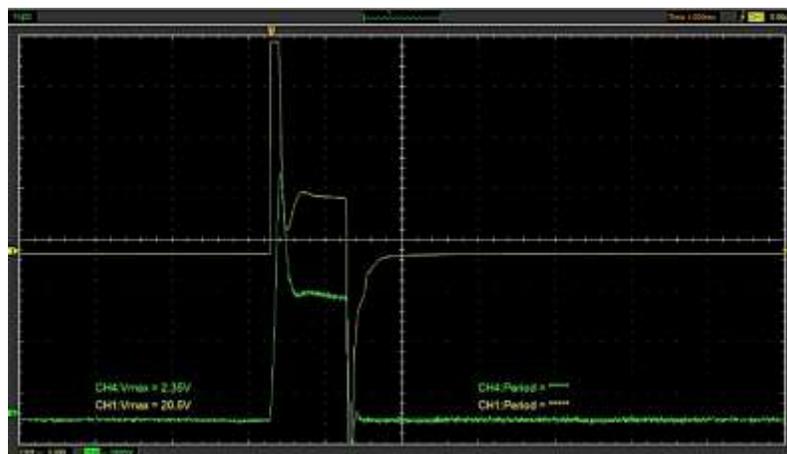
Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector 095000 6521 con un tiempo de inyección de 2 ms, 300 inyecciones (Strocks), 500 bares de presión



Nota. Se puede evidenciar un funcionamiento normal del inyector en los oscilogramas de voltaje y corriente.

Figura 84

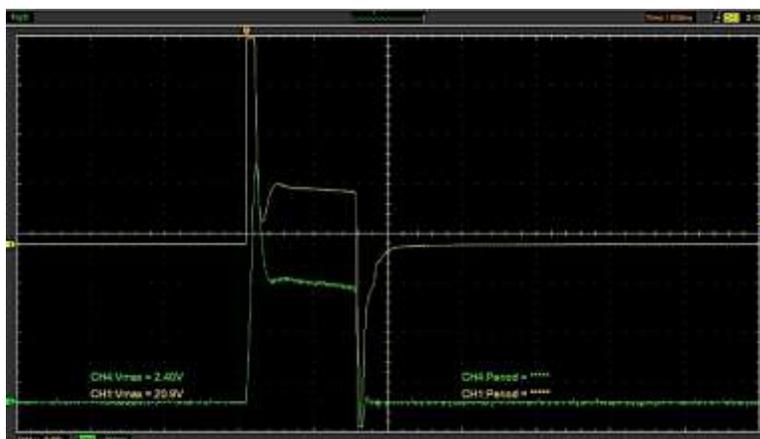
Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector 095000 6521 con un tiempo de inyección de 1 ms, 500 inyecciones (Strocks), 500 bares de presión



Nota. Se puede evidenciar un funcionamiento normal del inyector en los oscilogramas de voltaje y corriente.

Figura 85

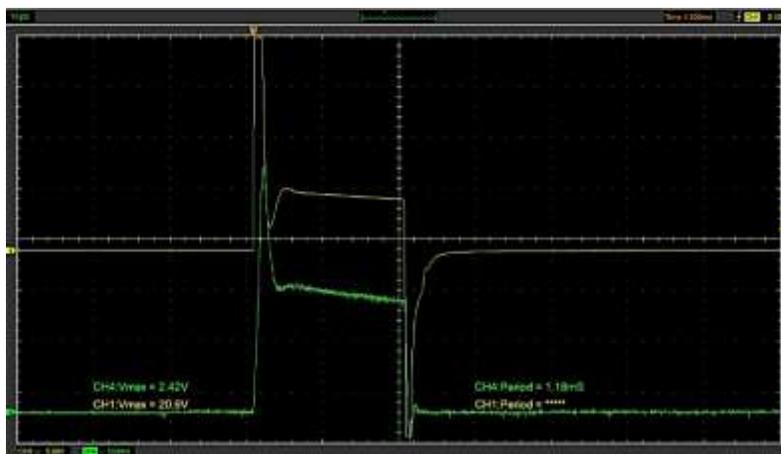
Oscilograma de voltaje y corriente del inyector 095000 6521 con un tiempo de inyección de 1.5 ms, 500 inyecciones (Strocks), 500 bares de presión



Nota. Se puede evidenciar un funcionamiento normal del inyector en los oscilogramas de voltaje y corriente.

Figura 86

Oscilograma de voltaje y corriente del inyector 095000 6521 con un tiempo de inyección de 1.5 ms, 500 inyecciones (Strocks), 500 bares de presión



Nota. Se puede evidenciar un funcionamiento normal del inyector en los oscilogramas de voltaje y corriente.

Tabla 15

Datos de oscilogramas de voltaje y corriente de inyector Denso 095000 6521

N° Prueba	Tiempo de inyección (ms)	Numero de inyecciones (Strocks)	Presión (bar)	Voltaje de activación (V)	Voltaje de retención	Tiempo de retención (ms)	Tiempo de disparo (ms)	Corriente de activación (A)
1	1	300	300	20.5	-15	3.2	0.5	23.5
2	1.5	300	300	20.9	-15.27	6	0.5	24.3
3	2	300	300	20.9	-15.2	8.3	0.6	24.6
4	1	500	500	20.5	-15.25	3.5	0.6	23.5
5	1.5	500	500	20.9	-15.2	6.1	0.6	24
6	2	500	500	20.9	-15.15	8.4	0.6	24.5

Nota. Valores de voltaje, corriente y tiempo de los oscilogramas del inyector.

Análisis de datos obtenidos en oscilogramas del Inyector Denso 09500 6521

Voltaje de activación: El voltaje de activación en las 6 pruebas realizadas varía entre 20.5 V a 20.9 V, este valor se mantiene constante a pesar de la variación de las condiciones de inyección.

Voltaje de retención: El voltaje de retención en las 6 pruebas realizadas varía entre -15 y -15.25 V, por lo que es un valor que se mantiene constante en todas las pruebas.

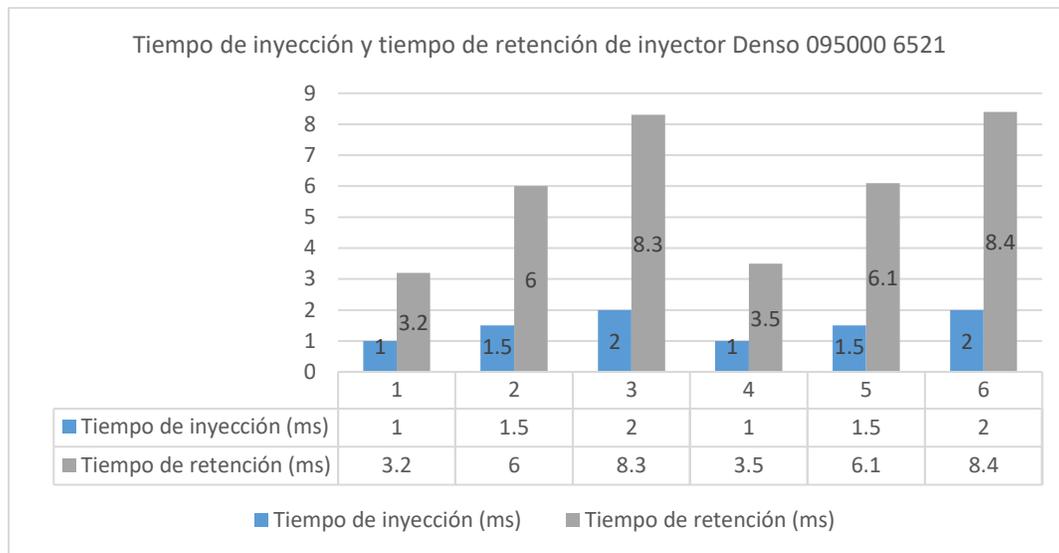
Tiempo de disparo: El tiempo de disparo varía entre 0.5 ms y 0.6 ms para todas las pruebas.

Corriente de activación: La corriente de activación varía entre 23.5 A y 24.6 A para todas las pruebas.

Tiempo de retención: El tiempo de retención es directamente proporcional al tiempo de inyección, y no depende de otros parámetros como la presión de inyección o el número de inyecciones, a continuación, se muestra la relación de tiempo de retención y tiempo de inyección.

Figura 87

Tiempo de inyección y tiempo de retención de inyector Denso 095000 6521

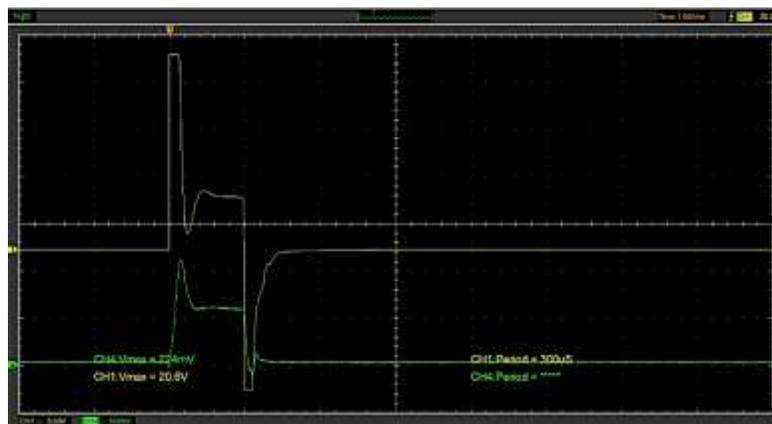


Nota. Existe una directamente proporcional entre el tiempo de inyección y el tiempo de retención.

Oscilogramas del inyector Denso 23670 0L010

Figura 88

Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector 23670 0L010 con un tiempo de inyección de 1 ms, 300 inyecciones (Strocks), 500 bares de presión



Nota. Se puede evidenciar un funcionamiento normal del inyector en los oscilogramas de voltaje y corriente.

Figura 89

Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector 23670 0L010 con un tiempo de inyección de 1.5 ms, 300 inyecciones (Strocks), 500 bares de presión



Nota. Se puede evidenciar un funcionamiento normal del inyector en los oscilogramas de voltaje y corriente.

Figura 90

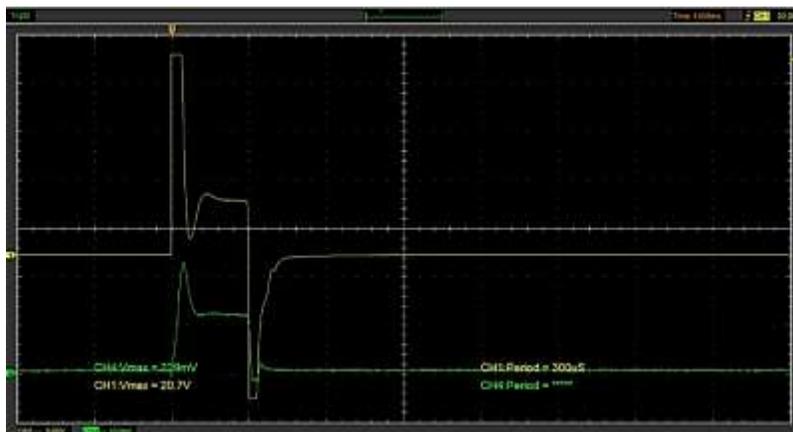
Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector 23670 0L010 con un tiempo de inyección de 2 ms, 300 inyecciones (Strocks), 500 bares de presión.



Nota. Se puede evidenciar un funcionamiento normal del inyector en los oscilogramas de voltaje y corriente.

Figura 91

Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector 23670 0L010 con un tiempo de inyección de 1 ms, 500 inyecciones (Strocks), 600 bares de presión.



Nota. Se puede evidenciar un funcionamiento normal del inyector en los oscilogramas de voltaje y corriente.

Figura 92

Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector 23670 0L010 con un tiempo de inyección de 1.5 ms, 500 inyecciones (Strocks), 600 bares de presión.



Nota. Se puede evidenciar un funcionamiento normal del inyector en los oscilogramas de voltaje y corriente.

Figura 93

Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector 23670 0L010 con un tiempo de inyección de 2 ms, 500 inyecciones (Strocks), 600 bares de presión.



Nota. Se puede evidenciar un funcionamiento normal del inyector en los oscilogramas de voltaje y corriente.

Tabla 16

Datos de oscilogramas de voltaje y corriente de inyector Denso 23670 0L010

N° Prueba	Tiempo de inyección (ms)	Numero de inyecciones (Strocks)	Presión de inyección (bares)	Voltaje de activación (V)	Voltaje de retención (V)	Tiempo de retención (ms)	Tiempo de disparo (ms)	Corriente de Activación (A)
1	1	300	500	20.6	-1	3.5	0.5	22.4
2	1.5	300	500	20.6	-15.1	5.6	0.5	22.6
3	2	300	500	20.6	-15.05	8.4	0.5	22.1
4	1	500	450	20.7	-15	3.5	0.45	22.9
5	1.5	500	400	20.7	-15	5.5	0.45	23
6	2	500	450	20.9	-15	8.45	0.45	22.7

Nota. Valores de voltaje, corriente y tiempo de los oscilogramas del inyector.

Análisis de datos obtenidos en oscilogramas del Inyector Denso 23670 0L010

Voltaje de activación: El voltaje de activación en las 6 pruebas realizadas varía entre 20.6 V a 20.9 V, este valor se mantiene constante a pesar de la variación de las condiciones de inyección.

Voltaje de retención: El voltaje de retención en las 6 pruebas realizadas varía entre -15 y 15.1 V, por lo que es un valor que se mantiene constante en todas las pruebas.

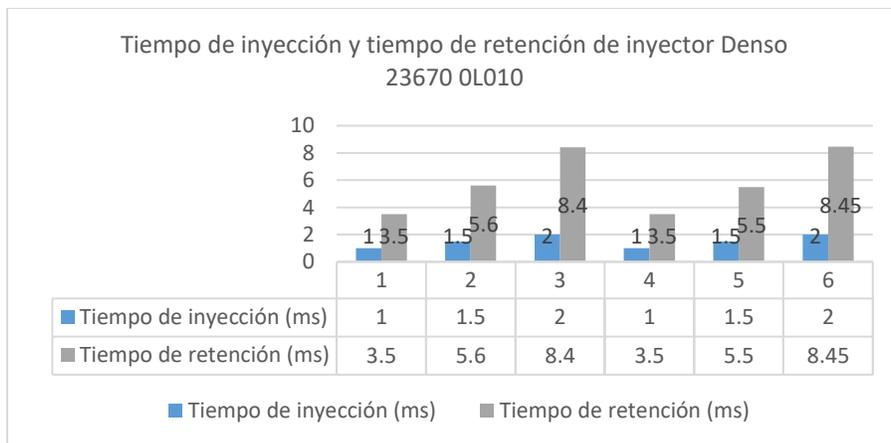
Tiempo de disparo: El tiempo de disparo varía entre 0.45 ms y 0.5 ms para todas las pruebas.

Corriente de activación: La corriente de activación varía entre 22.1 A y 23 A para todas las pruebas.

Tiempo de retención: El tiempo de retención es directamente proporcional al tiempo de inyección, y no depende de otros parámetros como la presión de inyección o el número de inyecciones, a continuación, se muestra la relación de tiempo de retención y tiempo de inyección.

Figura 94

Tiempo de inyección y tiempo de retención de inyector Denso 23670 0L010



Nota. Se puede evidenciar la relación directamente proporcional entre el tiempo de inyección y el tiempo de retención.

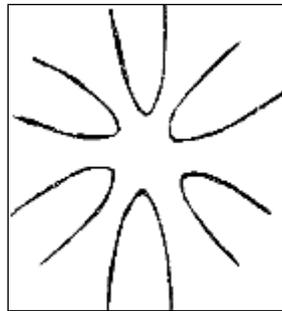
Verificación de pulverización

Se realizó la verificación de pulverización de los inyectores con el uso de una superficie limpia de papel sobre la cual el inyector ejecutó un ciclo de inyección, con el fin de visualizar la forma que deja al

pulverizar el combustible sobre el papel y conocer si existe algún tipo de obstrucción en cada tobera al tener una forma de chorro diferente.

Figura 95

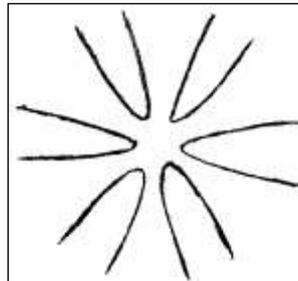
Tiempo de inyección y tiempo de retención de inyector Denso 23670 0L010



Nota. La forma de chorro de cada una de las toberas es similar en forma y tamaño, por lo que no presentan ningún tipo de obstrucción.

Figura 96

Verificación de la silueta pulverización del inyector Denso 23670 0L010



Nota. La forma de chorro de cada una de las toberas es similar en forma y tamaño, por lo que no presentan ningún tipo de obstrucción.

Cálculo de los ángulos de pulverización

Cálculo de ángulos del inyector Denso 095000 6521

Datos obtenidos del inyector Denso 095000 6521

$$r = 45.35 \text{ mm}$$

$$\theta = 12 \text{ mm}$$

$$Y = 2 \text{ mm}$$

Cálculo de ángulo de dispersión del inyector Denso 095000 6521

$$\gamma T = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{12 \text{ mm} + 2 \text{ mm}}{45.35 \text{ mm}}\right) - \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{2 \text{ mm}}{45.35 \text{ mm}}\right)$$

$$\gamma T = 14.63^\circ$$

Cálculo de altura del inyector Denso 095000 6521

$$h = \frac{12 \text{ mm}}{2} + 2 \text{ mm}$$

$$h = 8 \text{ mm}$$

Cálculo del ángulo de disparo del inyector Denso 095000 6521

$$IT = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{8 \text{ mm}}{45.35}\right)$$

$$IT = 10^\circ$$

Cálculo del ángulo de cono del inyector Denso 095000 6521

$$\alpha = 2 * \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{45.35 \text{ mm}}{9 \text{ mm}}\right)$$

$$\alpha = 159.2^\circ$$

Tabla 17

Ángulos de pulverización de inyector Denso 095000 6521

Ángulo de dispersión	Ángulo de disparo	Ángulo de cono
14.63°	10°	159.2°

Nota. Geometría que muestra la forma de la inyección.

Cálculo de ángulos del inyector Denso 23670 0L010

Datos obtenidos del inyector Denso 23670 0L010

$$r = 45.35 \text{ mm}$$

$$\theta = 6.5 \text{ mm}$$

$$Y = 0.85 \text{ mm}$$

Cálculo de ángulo de dispersión del inyector Denso 23670 0L010

$$\gamma T = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{6.5 \text{ mm} + 0.85 \text{ mm}}{45.35 \text{ mm}} \right) - \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{0.85 \text{ mm}}{45.35 \text{ mm}} \right)$$

$$\gamma T = 8.132^\circ$$

Cálculo de altura del inyector Denso 23670 0L010

$$h = \frac{6.5 \text{ mm}}{2} + 0.85 \text{ mm}$$

$$h = 4.1 \text{ mm}$$

Cálculo del ángulo de disparo del inyector Denso 23670 0L010

$$IT = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{4.1 \text{ mm}}{45.35} \right)$$

$$IT = 5.165^\circ$$

Cálculo del ángulo de cono del inyector Denso 23670 0L010

$$\alpha = 2 * \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{45.35 \text{ mm}}{4.1 \text{ mm}} \right)$$

$$\alpha = 169.66^\circ$$

Tabla 18

Ángulos de pulverización de inyector Denso 23670 0L010

Ángulo de dispersión	Ángulo de disparo	Ángulo de cono
8.132°	5.162°	169.66°

Nota. Geometría que muestra la forma de la inyección.

Análisis de resultados

Tabla 19

Detalle del resultado del Teste del inyector Denso 095000-6520

Resultados del Test inyector Denso 095000-6520						
Paso de test	Presión (Mpa)	Ancho de pulso (us)	BIP (us)	Modo	Valor de referencia (mm³/h)	Valor medido (mm³/h)
Prueba de fugas (Leak Test)	140	0	0	-	35±35	-
Temperatura de banco (Warm)	120	1500	0	-	150±150	-
Combustible alta (VL)	140	1500	0	-	120.5±10.4	-
Combustible + prueba de retorno (VL)	140	1500	0	-	44.7±34	-
Emisiones (EM)	80	700	0	-	28.2±8.6	-
Ralentí (LL)	30	800	0	-	8.5±5.2	-
Preinyección (VE1)	60	500	0	-	7±4.8	-
Preinyección (VE2)	60	350	0	-	2.4±2	-

Nota. Con estos parámetros se puede saber la manera de trabajo a diferentes parámetros del inyector.

Los resultados visualizados en la tabla del Test se puede visualizar los valores a diferentes parámetros de trabajo y resultados. Una prueba muy indispensable en el inyector es la preinyección en este caso trabaja a una presión de 60 Mpa para la primera prueba obteniendo un ancho de pulso de 500 us con un valor de referencia de 7±4.8 mm³/H. En cambio, en la segunda prueba de preinyección se puede observar un ligero cambio de valores siendo que trabaja a la misma presión, pero con un ancho de pulso de 350 us con un valor de referencia de 2.4±2 mm³/H.

Tabla 20

Detalle del resultado del Teste del inyector Denso 23670-0L010

Resultados del Test inyector Denso 23670-0L010						
Paso de test	Presión (Mpa)	Ancho de pulso (us)	BIP (us)	Modo	Valor de referencia (mm ³ /h)	Valor medido (mm ³ /h)
Prueba de fugas (Leak Test)	140	0	0	-	30±25	-
Temperatura de banco (Warm)	120	1200	0	-	0±0	-
Combustible alta (VL)	140	1500	0	-	110.7±10	-
Combustible + prueba de retorno (VL)	140	1500	0	-	45±35	-
Emisiones (EM)	80	800	0	-	31.4±8.5	-
Ralentí (LL)	30	900	0	-	10.4±4.5	-
Preinyección (VE1)	60	550	0	-	8.5±4.5	-
Preinyección (VE2)	60	400	0	-	3.4±2.5	-

Nota. Con estos parámetros se puede saber la forma de funcionamiento a diferentes parámetros del trabajo del inyector.

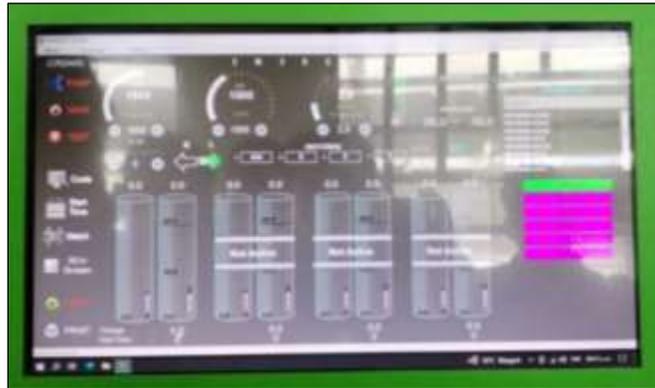
Los resultados visualizados en la tabla del Test se puede visualizar los valores a diferentes parámetros de trabajo y resultados. Una prueba muy indispensable en el inyector es la preinyección en este caso trabaja a una presión de 60 Mpa para la primera prueba obteniendo un ancho de pulso de 550 us con un valor de referencia de 8.5±4.5 mm³/H. En cambio, en la segunda prueba de preinyección se puede observar un cambio abrupto de valores siendo que trabaja a la misma presión, pero con un ancho de pulso de 400 us con un valor de referencia de 3.4±2.5 mm³/H.

Informe de reparación, calibración y puesta a punto de inyectores

El banco se lo configura con la finalidad de verificar que se haya realizado el proceso de calibración correctamente refiriéndonos a los componentes internos del inyector, para eso cabe recalcar que debemos seleccionar la serie del inyector en este caso un inyector Denso inductivo.

Figura 97

Configuración del banco de pruebas KOMTEST en el apartado de DENSO



Nota. Se puede observar que se ha configurado el banco para proceder con la comprobación.

Se debe realizar todas las conexiones necesarias de las cañerías hacia el inyector, es un paso fundamental al momento de poner en marcha al banco de pruebas para prevenir cualquier tipo de fuga y evitar el desperdicio de los recursos cuando entre en funcionamiento el mismo.

Figura 98

Inyector denso conectado y montado en el banco de pruebas



Nota. Visualizamos al inyector de la marca denso conectado y listo para realizar las comprobaciones necesarias.

Dentro del funcionamiento del banco de pruebas hay que considerar varios parámetros importantes como es la temperatura de inyección, temperatura por defecto y temperatura del tanque ya que al momento de finalizar con la comprobación nos podría dar otro tipo de valores.

Tabla 21

Parámetros de temperatura de funcionamiento del banco de pruebas KOMTEST

Temperature Back	36°C
Temperature Set	40 °C
Temperature Tank	24°C

Nota. Con estos parámetros de temperatura se puede iniciar las comprobaciones respectivas en el banco de pruebas.

Se realizó las comprobaciones respectivas en la prueba en plena carga dinámica se obtiene un valor relativamente alto de 115.4 mm³/H y en ralentí un valor de 24.6 mm³/H llegando a la conclusión que existe un retorno excesivo al momento de someter al inyector a 1600 bar y 350 bar, esto es ocasionado por una holgura excesiva en el vástago. Si los 4 inyectores trabajan con esos valores de retorno dinámico el motor tendrá falta de fuerza debido a que justo en ese parámetro de retorno se perderá combustible y la bomba tratará de compensar esa pérdida de presión. Es más notablemente al momento reacción del motor es decir en una picada.

Esto se podrá solucionar cambiando el vástago y repitiendo el proceso de calibración y comprobación en el banco de pruebas.

Tabla 22

Reporte de pruebas en el banco de pruebas KOMTEST del inyector DENSO 6521-09U50070

PRESS BAR	RPM d/d	PULSE uS	NORMAL mm ³ /h	± mm ³ /h	1. INJEC mm ³ /h
1600	1500	0	0	0	0.0
			30.0	30.0	33.4
1600	1000	900	89.4	12.0	91.8
			45.0	25.0	115.4
1200	1100	800	58.2	9.0	65.5
			0	0	0.0
800	1500	370	3.8	2.0	4.9
			0	0	0
350	1250	650	6.8	4.0	7.3
			8.0	7.0	24.6
900	1100	700	33.4	7.0	36.7
			0	0	0

Nota. Reporte de los datos obtenidos en el banco de pruebas.

Repetimos el proceso de conexión de cañerías y montaje del inyector Denso de una Toyota Hilux después de su respectiva calibración para la comprobación de los valores respectivos de funcionamiento a diferentes parámetros de trabajo del mismo.

Tabla 23

Parámetros de temperatura de funcionamiento del banco de pruebas KOMTEST

Temperature Back	39°C
Temperature Set	40 °C
Temperature Tank	25°C

Nota. Con estos parámetros de temperatura se realiza la prueba siguiente.

Se procedió a realizar la comprobación del inyector después del despiece, calibración y armado del mismo para verificar los valores de trabajo del inyector y corroborar si está acorde al rango de

parámetros para su funcionamiento. Se puede observar en esta prueba que el inyector está listo para entrar en funcionamiento debido a que el rango de datos está dentro del parámetro de operación del inyector.

Tabla 24

Reporte de pruebas en el banco de pruebas KOMTEST del inyector DENSO 23670-0L010

PRESS BAR	RPM d/d	PULSE uS	NORMAL mm ³ /h	± mm ³ /h	1. INJEC mm ³ /h
1700	1500	0	0	0	0.0
			25.0	25.0	6.9
1600	1000	100	71.5	9.0	70.2
			45.0	25.0	39.8
1200	1100	900	51.2	7.0	50.8
			0	0	0.0
800	1500	430	3.6	2.0	3.8
			0	0	0
350	1250	710	6.8	3.0	6.2
			7.0	6.0	4.9
900	1100	800	30.6	6.0	33.1
			0	0	0

Nota. Reporte de los datos obtenidos en el banco de pruebas.

Capítulo IV

Marco Administrativo

Para realizar el informe de investigación se tomó en cuenta distintos parámetros tales como los administrativos, el financiamiento y los aspectos técnicos, que se integran como parte de las herramientas que potenciarán al desarrollo y elaboración del proyecto.

Recursos

Los recursos que se ocuparon para la elaboración del proyecto de investigación fueron: recursos humanos, recursos tecnológicos, recursos materiales y recursos de apoyo, todos ellos indispensables para la realización de este, además éstos definen la probabilidad con la finalidad de que no existan inconvenientes en el transcurso de la ejecución del proyecto.

Recursos humanos

Los recursos humanos son parte indispensable para la elaboración del proyecto debido a que se toma en consideración a las personas implicadas en la realización del mismo, quienes atribuyeron con su entendimiento y pensamiento para realizar con éxito el proyecto.

Tabla 25

Recursos humanos

Descripción	Función
Fredy Luna	Investigador
Isaac Ortega	Investigador
Ing. Germán Erazo	Colaborador Científico

Recursos tecnológicos

Seguidamente, se especifican los recursos tecnológicos empleados en la elaboración del proyecto de investigación.

Tabla 26

Recursos tecnológicos

Detalle	Cantidad	Costo
Computador personal	2	\$100.00
Trazador Software FADOS9F1 (Rentado)	1	\$35.00
Interfaz Hantek 1008	1	\$50.00
Banco de pruebas VNP 3500 (Rentado)	1	\$100.00
Banco de pruebas Komtest CRDI Pump - 2400 (Rentado)	1	\$100.00
Pinza amperimétrica (Rentado)	1	\$30.00
Multímetro automotriz Pro'sKit MT-5211	1	\$55.00
Kit de herramientas de desarmado de inyectores multimarca (Rentado)	1	\$25.00
Compresor de aire de 4HP (Rentado)	1	\$30.00
Reloj palpador (Rentado)	1	\$35.00
	TOTAL	\$560.00

Recursos materiales

Tabla 27

Recursos materiales

Detalle	Cantidad	Costo
Varios (Cables, terminales, etc)	5	\$10.00
Cables para osciloscopio	2	\$5.00
Llaves mixtas	1	\$20.00
Cañerías (Rentado)	2	\$10.00
Inyectores inductivos Denso Hino Dutro (6521-09U50070) y Toyota Hilux (23670-0L010)	2	\$80.00
Implementos de seguridad personal	-	
Torquímetro	1	\$50.00
	TOTAL	\$175.00

Recursos de apoyo**Tabla 28***Recursos de apoyo*

Detalle	Función	Costo
Laboratorio de Inyección	1	\$200.00
	TOTAL	\$200.00

Análisis de costos del proyecto de investigación

Dentro del análisis de costos del proyecto de investigación se considera todos los recursos tecnológicos, materiales y de apoyo que nos ayudaron para la elaboración del mismo. Equipos y componentes que se obtuvieron por parte de la universidad fueron tomados en cuenta, ahora, se realiza el detalle total de costos.

Tabla 29*Análisis de costos del proyecto de investigación*

Detalle	Cantidad	Costo
Recursos tecnológicos	1	\$560.00
Recursos materiales	1	\$175.00
Recursos de apoyo	1	\$200.00
Movilización	1	\$40.00
Imprevistos	1	\$25.00
	TOTAL	\$1000

Análisis costo – beneficio

Es de gran importancia llevar a cabo la realización del análisis costo – beneficio del Trabajo de Integración Curricular “Proceso de diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para la puesta a

punto de inyectores diésel CRDI Denso” debido a que en la actualidad los fabricantes de grandes empresas de vehículos buscan la mejor manera de disminuir en su mayor parte la contaminación ambiental. De tal manera que buscan mejorar la tecnología en inyectores CRDI con la mano de la electrónica siendo esta la forma de control el mismo. La mayor parte de vehículos Diesel son destinados para trabajos, tal que esta investigación directamente enfocada en su diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para realizar la puesta a punto de los inyectores Denso mantienen innovaciones y gran acogida en el mercado.

Capítulo V

Conclusiones

Se realizó el levantamiento de requerimientos necesarios para realizar los procesos de diagnóstico mecánico y eléctrico, desarmado, calibración, armado y verificación de los inyectores Denso y se determinó los diferentes equipos, herramientas y materiales requeridos.

Se seleccionó los equipos de verificación y diagnóstico, dentro de los principales equipos requeridos están los bancos de pruebas inyectores CRDI, equipos para verificaciones eléctricas, equipos para verificaciones mecánicas, herramientas para el desarmado y armado del inyector.

Se realizó el desarmado, armado y calibración de inyectores, para lo cual se detalló cada paso a seguir y las observaciones a tener en cuenta para llevar a cabo cada proceso, tomando en cuenta los valores de como de torque de apriete, y las tolerancias de calibración.

Se identifico los procesos de diagnóstico y calibración necesarios para la puesta a punto de los inyectores Denso, así como los equipos y herramientas que se requieren para realizar estos procesos, teniendo en cuenta que cada uno de estos elementos son indispensables para un correcto proceso de diagnóstico y calibración.

Se determinó el proceso de operación y funcionamiento del inyector Denso, el proceso de verificación que consiste en el desarmado de los inyectores, verificación visual de los componentes, calibración, verificación de caudales, verificaciones eléctricas y verificaciones de pulverización de los inyectores marca Denso.

Se verificó el correcto funcionamiento de los componentes mecánicos de los inyectores Denso, se verificó, se verificó los caudales de inyección y de retorno de los inyectores a diferentes condiciones, además se realizó mediciones de los diferentes valores eléctricos que presenta el inyector en su funcionamiento.

Recomendaciones

Definir y priorizar las acciones que han de ser realizadas al momento de proceder a desarmar el inyector debido a que si sufre algún golpe podríamos afectar directamente a la bobina del mismo.

funcionamiento de los equipos.

Considerar integrar los manuales del fabricante correspondientes a los inyectores Denso utilizados para la una correcta calibración por ende un funcionamiento adecuado sin embargo una incorrecta calibración ocasionara problemas en el desempeño de inyector.

Tener en cuenta los valores eléctricos de funcionamiento de un Inyector Denso, con el fin de comparar dichos valores con los valores de los inyectores Denso 095000 6521 y Denso 2367 0L010 y asegurar un correcto funcionamiento de los componentes eléctricos.

Sugerir acciones específicas al momento del desarmado del inyector, tener en cuenta el orden en el que se extrae cada componente interno con el fin de evitar realizar un ensamblaje erróneo y por ende tener un mal funcionamiento del inyector.

Limpiar que todos los componentes del inyector para su ensamblaje ya que, si los componentes poseen impurezas, afectará directamente a los valores de funcionamiento del inyector.

Involucrar el uso y cuidado tanto de los equipos como de las herramientas utilizadas en el transcurso del desarmado, calibración, armado y pruebas de verificación dentro de los bancos de pruebas utilizados.

Priorizar el uso del equipo de protección personal adecuado para evitar incidentes durante la manipulación de herramientas, fluidos de bancos de pruebas para los respectivos ensayos tal que de esta forma nos garantice seguridad para realizar la respectiva práctica.

Bibliografía

- Aguirre Ayala, V. B., & Ortiz Hernández, B. R. (2013). "ELABORACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DEL SISTEMA COMMON RAIL DEL MOTOR MAZDA BT 50 WL-C 2.5 CRDi DIESEL". Ibarra: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.
- Armas, B., & Vaca, G. (2013). Módulo didáctico de la bomba de inyección de alta presión Common-Rail de la camioneta Volkswagen Amarok 4x2. [Tesis de grado, Universidad Tecnica del Norte].
Obtenido de
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3406/1/05%20FECYT%201706%20TESIS.pdf>
- Barbosa Tautiva, E. J., Gómez Sandoval, D. L., & Manjarres López, J. D. (2014). MODELO DIDACTICO SECCIONADO DE INYECTORES DE RIEL COMUN. BOGOTÁ: ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES.
- Bombón, T. J., & Chalco, S. M. (2017). "INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES DE MARCA DELPHI "EJBR02801D" Y "EJBR04601D" DEL SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI (COMMON RAIL DIESEL INJECTION). LATACUNGA: UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE.
- Bosch, R. (2005). Sistemas de inyección diesel por acumulador common rail. Alemania: Robert Bosch GmbH.
- Calderón, M. (2022). Identificación del fallo de los inyectores de un MEC mediante el análisis de las señales de los sensores CKP y CMP utilizando RNA. [Trabajo de Titulación, Universidad Politecnica Salesiana]. Obtenido de
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23661/1/UPS-CT010144.pdf>
- Castillejo, A. (2014). Sistemas de Inyección en Motores Diesel. [Trabajo de fin de grado, Universidad de Sevilla]. Obtenido de

<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/90174/fichero/TFG.+Alejandro+Castillejo+Calle.pdf>

Castro, J., & Salazar, M. (2015). Análisis del desempeño de motores CRDI (Common Riel Direct Injection) a través de formas de onda procesadas por Osciloscopio. [Tesis de Maestría, Escuela Politecnica Nacional]. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11722>

Cevallos, W., & Cevallos, J. (2015). Simulación de sensores y actuadores del sistema de inyección semieléctrica de un motor diésel con sistema convencional. [Trabajo de grado, Universidad Tecnica del Norte]. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4899/1/05%20FECYT%202449%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

Chamorro, E., & Lara, O. (2018). Modelación y simulación de los inyectores HEUI de un motor CAT C7. [Trabajo de grado, Universidad Técnica del Norte]. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7984/1/04%20MAUT%20043%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Chavez, J. (2019). La influencia de coquificación y el desgaste del sistema de alimentación sobre los parámetros tóxicos del motor diésel. [Tesis de postgrado: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa]. Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2a7fb78a-d122-4db9-bcec-0c99821730b8/content>

Coral, F. (2013). Diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diesel CRDI para la Escuela de Ingeniería Automotriz. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Obtenido de <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf>

Denso. (2004). Manual de Servicio Funcionamiento Sistema de Riel Común. Denso Corpotation.

- Denso. (16 de 08 de 2023). Tabla de calibración de inyector cr Denso. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/124506968/tabla-de-cALIBRACION-Inyector-Cr-Denso-Toyota-Varios>
- Diesel. (16 de 08 de 2023). Obtenido de <https://www.dieselenlinea.com/products/inyector-denso-common-rail-para-hino-n04-9709500-652-095000-6521-23670-79025-23670-79026>
- Fernández, I., & Inga, H. (2017). Análisis de modos de falla del sistema de inyección electrónica de combustible Multec Delphi. [Trabajo de Titulación, Universidad Politecnica Salesiana- Sede Cuenca]. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13468/1/UPS-CT006862.pdf>
- Garrido, D., & Álvarez, V. (2016). Estudio de la evolución de los CRDI (Common Rail Direct Inyection) en función del combustible en Sudamerica. [Artículo de investigación, Universidad internacional del Ecuador]. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1766/1/T-UIDE-1313.pdf>
- Granda, J. A., & Granda, J. D. (2022). Análisis de fallas en la válvula EGR electrónica y en el Intercooler de un motor Diesel CRDI 2.2 mediante vibraciones y emisiones de gases. [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana- Sede Guayaquil]. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23640/1/UPS-GT003991.pdf>
- Guillén, F., & Moscoso, M. (2011). Diseño y construcción de un Banco Didáctico Funcional del Sistema de Inyección CRDI. [Tesis de grado, Universidad del Azuay]. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6065/1/08413.pdf>
- Jiménez, J., & Cañar, M. (2022). Reparación de un probador de inyectores marca diésel Kiki. [Tesis de grado, Universidad Politecnica Salesiana- Sede Cuenca]. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22439/1/UPS-CT009721.pdf>

- Mejía, A., & Armijos, F. (2015). Caracterización de los sensores y actuadores del motor Armfield Volkswagen CM11-306. [Tesis de grado, Universidad Politecnica Salesiana]. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7537/1/UPS-CT004468.pdf>
- Miralles, J., & Villata, J. (1985). Motor Diésel, Inyección y Combustion. Barcelona: Ediciones Ceac S.A.
- Noboa Pazmiño, J. S., & Vargas Caspi, D. A. (2017). "INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LOS INYECTORES MARCA DENSO, "05S00047" Y "06S00387" DEL SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI (COMMON RAIL DIESEL INJECTION). LATACUNGA: UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE.
- Ortiz, A. (2013). Módulo Didáctico del Turbocompresor de Geometría Variable del Motor Mazda BT50 WLC 2.5 CRDI. [Trabajo de Grado, Universidad Técnica del Norte]. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3311/1/05%20FECYT%201688%20TESIS.pdf>
- Paida, M. (2007). Análisis de los sensores MAP y MAF en un motor a gasolina. [Tesis de grado, Universidad del Azuay]. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/204/1/06623.pdf>
- Palacios Quiroz, W. V. (2015). Guía de operación del banco de pruebas de inyectores electrónicos CRDi (MT - 300). Ibarra: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4922/1/05%20FECYT%202468%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Pérez Fiallos, B. O., & Sevilla Miño, M. S. (2020). ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE CALIBRACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE LOS INYECTORES BOSCH 0 445 110 250 Y DENSO SERIE 23070 - 01010. LATACUNGA: UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE.
- Pérez, F. B., & Sevilla, M. M. (2020). ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE CALIBRACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE LOS INYECTORES BOSCH 0 445 110 250 Y DENSO SERIE 23070 - 01010. LATACUNGA: UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE.

Reyes, G., Guanuche, D., Morocho, S., Núñez, A., & Silva, C. (2023). Análisis de los parámetros de atomización en inyectores crdi2, Volumen 2, Numero 1. Unanchay, Revista Científica.

Salinas, D., & Villavicencio, J. (2013). Diseño y construcción mecánica de un banco para la comprobación de inyectores diésel: Denso, Delphi y Bosch del sistema CRDI. [Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE- Extensión Latacunga]. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/7217/T-ESPEL-MAI-0439.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sempértegui, C. (2013). Construcción e implementación de un simulador de pruebas para inyectores con control electrónico diesel common rail. [Trabajo de titulación, Universidad Internacional del Ecuador]. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/122/1/T-UIDE-0092.pdf>

Anexos