



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

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

**TEMA: ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL
ELECTRÓNICO DEL SISTEMA CRDI DEL MOTOR KIA 2.0L TIPO D4EA**

AUTORES: ERAZO ESPINOZA, OSCAR EDUARDO

SISALEMA IBARRA, JEFFERSON NAPOLEÓN

DIRECTOR: ING. MENA NAVARRETE, LUIS ANTONIO Msc.

LATACUNGA

2019



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO DEL SISTEMA CRDI DEL MOTOR KIA 2.0L TIPO D4EA”*** fue realizado por los señores Erazo Espinoza, Oscar Eduardo y Sisalema Ibarra, Jefferson Napoleón, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 13 de junio del 2019

Mena Navarrete, Luis Antonio

C.C.:180161864-4



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Erazo Espinoza, Oscar Eduardo con cédula de ciudadanía 172264600-5 y Sisalema Ibarra, Jefferson Napoleón con cédula de ciudadanía 171881635-6, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación **“ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO DEL SISTEMA CRDI DEL MOTOR KIA 2.0L TIPO D4EA”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 13 de junio del 2019



Erazo Espinoza, Oscar Eduardo

C.C.: 172264600-5



Sisalema Ibarra, Jefferson Napoleón

C.C.: 171881635-6



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Erazo Espinoza, Oscar Eduardo con cédula de ciudadanía 172264600-5 y Sisalema Ibarra, Jefferson Napoleón con cédula de ciudadanía 171881635-6, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación **“ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO DEL SISTEMA CRDI DEL MOTOR KIA 2.0L TIPO D4EA”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 13 de junio del 2019

Erazo Espinoza, Oscar Eduardo

C.C.: 172264600-5

Sisalema Ibarra, Jefferson Napoleón

C.C.: 171881635-6

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo está dedicado a:

A mis padres Eduardo e Ines, quienes siempre han estado a mi lado brindándome todo su amor, paciencia y sacrificio durante todos estos años me han permitido llegar a cumplir un sueño más y convertirme en lo que soy, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y dedicación para nunca rendirse. Ha sido un orgullo y privilegio ser su hijo, son los mejores padres.

A mis hermanos Danilo, Henry, David, Emilio y Enrique por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso, por estar siempre presentes en todo momento.

A toda mi familia porque con sus consejos y palabras de aliento hicieron en mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos mis amigos, por el apoyo brindado a lo largo de estos años, por extenderme su mano cuando más lo necesite y por ser una segunda familia.

Oscar Eduardo Erazo Espinoza

DEDICATORIA

Esta investigación refleja nuestro esfuerzo, sacrificio y dedicación que supimos manifestar para poder realizar un excelente trabajo, y está dedicado:

A mi Dios, quien me guio por el camino del bien, por darme las fuerzas para seguir adelante y no decaer en las dificultades que se presentaba a lo largo de mi vida, darme la fortaleza y sabiduría para culminar satisfactoriamente mis estudios, por protegerme e iluminarme ante todas las adversidades de la vida.

A mi Padre que ha sido un ejemplo de superación para mí, por su sabiduría la cual a base de consejos me ha guiado por el camino del bien y me ha permitido terminar una etapa de mi vida, por su apoyo incondicional, porque mediante el ejemplo me ha impulsado a ser mejor persona con buenos valores y de corazón noble.

A mi Madre quien ha estado cada día sin falta junto a mi apoyándome, cuidándome y siempre preocupándose por mí, entendiéndome cuando ni yo mismo me entiendo.

A mi Hermano al que admiro por su fortaleza de carácter que me ha enseñado a no darse por vencido, quien es mi compañero desde que tengo memoria y el cual me impulsa a seguir adelante y ser mejor cada día.

A mi Familia quien me ha apoyado y me ha sabido aconsejar cuando se ha dado el momento.

A mis Amigos los cuales se convirtieron en mi familia, con los cuales hemos compartidos bellos momentos, quienes me han enseñado que solo se puede llegar más rápido, pero quien camina acompañado puede llegar más lejos, que cuando el mundo se derrumba saben cómo sacar una sonrisa.

JEFFERSON NAPOLEON SISALEMA IBARRA

AGRADECIMIENTO

Me van a faltar páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo, merecen reconocimiento especial:

Agradezco a mis padres Eduardo e Ines, por ser los principales promotores de mi sueño, por confiar y creer en mí, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Asimismo, agradezco infinitamente a mis hermanos Danilo, Henry, David, Emilio y Enrique, que con sus palabras me hacían sentir orgulloso de lo que soy y de lo que les puedo enseñar.

A toda mi familia por estar siempre presentes.

También quiero agradecer a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga y a mis docentes, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al Ing. Luis Mena tutor de nuestro proyecto de investigación.

A todos mis amigos y futuros colegas, que me ayudaron de una manera desinteresada, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad.

Oscar Eduardo Erazo Espinoza

AGRADECIMIENTO

A Dios creador de todas las cosas del mundo, quien nos guía y brinda protección todos los días de nuestras vidas.

A la Universidad por habernos brindado la oportunidad de formarnos como profesionales, como personas entes y capaces de salir adelante ante cualquier adversidad en la vida.

A todos los docentes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz por compartir todos sus conocimientos desinteresadamente y de manera especial a nuestro tutor, por habernos ayudado a culminar este trabajo de investigación.

Así como también el agradecimiento a todas las personas que estuvieron a mi lado brindándome su apoyo incondicional, sus consejos, su confianza y su respaldo para poder alcanzar esta meta.

JEFFERSON NAPOLEON SISALEMA IBARRA

ÍNDICE DE CONTENIDOS**CARÁTULA**

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xx
RESUMEN.....	xxiii
ABSTRACT	xxiv

CAPÍTULO I**MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN**

1.1. Antecedentes investigativos.....	1
1.2. Planteamiento del problema	2

1.3. Justificación e importancia	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos.	5
1.5. Metas	6
1.6. Hipótesis	6
1.7. Variables de investigación	7
1.7.1. Variable independiente.	7
1.7.2. Variable dependiente.	7
1.8. Metodología de la investigación.....	8

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema Common Rail CRDI.....	12
2.2. Principio de funcionamiento CRDI	12
2.3. Ventajas del sistema CRDI	16
2.4. Fallas más comunes en el sistema CRDI	18
2.5. Tipos de sistema CRDI	20
2.5.1. Sistema Common Rail CRDI Bosch.....	20
2.5.2. Sistema CRDI Delphi	21

2.5.3. Sistema CRDI Denso	22
2.6. Sistema de inyección Common Rail Bosch.....	23
2.6.1. Funcionamiento del sistema Common Rail CRDI Bosch	25
2.6.2. Componentes.....	29
2.7. Unidad de control.....	41
2.8. Sensores.....	45
2.8.1. Sensor del pedal del acelerador APP	45
2.8.2. Sensor de presión del riel FRP	49
2.8.3. Sensor de flujo de masa de aire MAF + sensor de temperatura de aire IAT	53
2.8.4. Sensor de posición del cigüeñal CKP	58
2.8.5. Sensor de posición del árbol de levas CMP.....	61
2.8.6. Sensor de temperatura del líquido refrigerante ECT.....	65
2.8.7. Sensor de temperatura del Combustible (FTS).....	69

CAPÍTULO III

IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL MOTOR KIA 2.0L TIPO D4EA

3.1. Banco de pruebas.....	72
3.1.1. Construcción de la estructura.	72
3.1.2. Montaje del motor.	73
3.1.3. Ensamblaje de los componentes del motor.	73

3.1.4. Construcción del tablero.	74
3.1.5. Acabado.....	75
3.2. Protocolo de pruebas.....	75
3.2.1. Equipos.....	76
3.2.2. Pruebas de los sensores con el multímetro.	85
3.2.3. Comprobación de los sensores con el osciloscopio.....	92
3.2.4. Comprobación de los sensores con el scanner.	95

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Sensor APP	99
4.2. Sensor MAF+IAT	106
4.3. Sensor FRP	115
4.4. Sensor FTS.....	122
4.5. Sensor CKP	126
4.6. Sensor CMP.....	131
4.7. Sensor ECT	138

CAPÍTULO V**MARCO ADMINISTRATIVO**

5.1. Recursos.....	143
5.1.1. Recursos humanos	143
5.1.2. Recursos tecnológicos.....	143
5.1.3. Recursos materiales	144
5.2. Análisis de costos de la investigación.....	144
5.2.1. Costo de la construcción del banco de pruebas	144
5.2.2. Costo de las pruebas	145
5.2.3. Costo total de la investigación	146
CONCLUSIONES.....	147
RECOMENDACIONES	149
BIBLIOGRAFÍA.....	150

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Árbol de problemas.....	3
Figura 2.	Cañerías de alta y baja presión de combustible	13
Figura 3.	Circuito de baja presión	15
Figura 4.	Circuito de alta presión	16
Figura 5.	Sistema Common Riel CRDI Bosch	21
Figura 6.	Sistema Common Riel CRDI Delphi	22
Figura 7.	Sistema Common Riel CRDI Denso	23
Figura 8.	Sistema de inyección por acumulador Common Rail en un motor diésel de 5 cilindros.....	24
Figura 9.	Ejemplos de regulación de alta presión de sistemas Common Rail.	26
Figura 10.	Sistema de baja presión	30
Figura 11.	Bomba celular de rodillos	31
Figura 12.	Bomba eléctrica de combustible	32
Figura 13.	Bomba de engranajes.....	33
Figura 14.	Filtro de combustible.....	35
Figura 15.	Circuito de alta presión	36
Figura 16.	Bomba alta presión marca Bosch	37
Figura 17.	Acumulador de la presión (Rail).....	38
Figura 18.	Esquema de control de presión	39
Figura 19.	Inyector.....	41
Figura 20.	Unidad de control electrónico	42
Figura 21.	Procesamiento de señales	43

Figura 22.	Distribución de pines	47
Figura 23.	Forma de onda bajo condiciones de ralentí.....	47
Figura 24.	Forma de onda bajo condiciones de carga.....	48
Figura 25.	Sensor de presión del riel FRP	50
Figura 26.	Diagrama de voltaje de salida en función de la presión del riel	50
Figura 27.	Esquema eléctrico del sensor de presión FRP	52
Figura 28.	Forma de onda del sensor de presión del riel.....	53
Figura 29.	Esquema de partes del sensor MAF+IAT	54
Figura 30.	Distribución de pines MAF+IAT	56
Figura 31.	Numeración de cables y pines del sensor MAF+IAT	56
Figura 32.	Forma de onda del sensor de flujo de aire MAF	57
Figura 33.	Esquema del sensor de posición del cigüeñal CKP.....	59
Figura 34.	Distribución de pines sensor de posición del cigüeñal CKP	59
Figura 35.	Numeración de cables y pines del sensor de posición del cigüeñal CKP..	60
Figura 36.	Forma de onda del sensor de posición del cigüeñal CKP	61
Figura 37.	Sensor de posición del árbol de levas CMP	62
Figura 38.	Distribución de pines sensor de posición del árbol de levas CMP.....	63
Figura 39.	Numeración de cables y pines del sensor de posición del árbol de levas CMP	64
Figura 40.	Forma de onda del sensor de posición del árbol de levas CMP	65
Figura 41.	Esquema del sensor de temperatura del refrigerante ECT.....	66
Figura 42.	Distribución de pines sensor de temperatura del líquido refrigerante ECT	67

Figura 43. Numeración de cables y pines del sensor de temperatura del líquido refrigerante ECT	67
Figura 44. Forma de onda del sensor de temperatura del líquido refrigerante	68
Figura 45. Ubicación del sensor de temperatura del combustible FTS.....	69
Figura 46. Variación de la resistencia y voltaje en función de la temperatura del FTS.....	70
Figura 47. Esquema eléctrico del sensor de temperatura del combustible FTS.....	71
Figura 48. Estructura del banco de pruebas.....	73
Figura 49. Montaje del motor Kia 2.0L tipo D4EA.....	73
Figura 50. Ensamblaje de los componentes del motor	74
Figura 51. Tablero del banco de pruebas	75
Figura 52. Partes del osciloscopio OTC 3840F	77
Figura 53. Estructura del multímetro.....	79
Figura 54. Partes del escáner Autoboss V-30	81
Figura 55. Partes del osciloscopio Hantek 1008C	83
Figura 56. Partes del FADOS9F1	84
Figura 57. Colores de cables y socket del sensor APP	99
Figura 58. Oscilograma del sensor APP a ralentí con el osciloscopio OTC.....	101
Figura 59. Oscilograma del sensor APP a ralentí con el osciloscopio Hantek.....	101
Figura 60. Oscilograma del sensor APP a 1500rpm con el osciloscopio OTC	102
Figura 61. Oscilograma del sensor APP a 1500rpm con el osciloscopio Hantek.....	102
Figura 62. Oscilograma del sensor APP a 2500rpm con el osciloscopio OTC	103
Figura 63. Oscilograma del sensor APP a 2500rpm con el osciloscopio Hantek.....	103

Figura 64.	Diagrama del circuito equivalente del sensor APP entre los terminales de tierra y alimentación 1	104
Figura 65.	Diagrama del circuito equivalente del sensor APP entre los terminales de tierra y alimentación 2.....	104
Figura 66.	Diagrama del circuito equivalente del sensor APP entre los terminales de tierra y señal 1	105
Figura 67.	Diagrama del circuito equivalente del sensor APP entre los terminales de tierra y señal 2	105
Figura 68.	Colores de cables y socket del sensor MAF+IAT	106
Figura 69.	Valores de temperatura del sensor IAT	108
Figura 70.	Oscilograma del sensor MAF a ralentí con el osciloscopio OTC	108
Figura 71.	Oscilograma del sensor MAF a ralentí con el osciloscopio Hantek	109
Figura 72.	Oscilograma del sensor MAF a 1500rpm con el osciloscopio OTC.....	109
Figura 73.	Oscilograma del sensor MAF a 1500rpm con el osciloscopio Hantek	110
Figura 74.	Oscilograma del sensor MAF a 2500rpm con el osciloscopio OTC.....	110
Figura 75.	Oscilograma del sensor MAF a 2500rpm con el osciloscopio Hantek	111
Figura 76.	Oscilograma del sensor IAT a 32°C con el osciloscopio OTC	111
Figura 77.	Oscilograma del sensor IAT a 36°C con el osciloscopio Hantek	112
Figura 78.	DTC del sensor MAF+IAT.....	112
Figura 79.	Diagrama del circuito equivalente del sensor IAT entre los terminales de tierra y alimentación.....	113
Figura 80.	Diagrama del circuito equivalente del sensor IAT entre los terminales de tierra y señal	114

Figura 81.	Diagrama del circuito equivalente del sensor MAF entre los terminales de tierra y alimentación.....	114
Figura 82.	Diagrama del circuito equivalente del sensor MAF entre los terminales de tierra y señal	115
Figura 83.	Colores de cables y socket del sensor FRP	116
Figura 84.	Oscilograma del sensor FRP a ralentí con el osciloscopio OTC.....	117
Figura 85.	Oscilograma del sensor FRP a ralentí con el osciloscopio Hantek.....	117
Figura 86.	Oscilograma del sensor FRP a 1500rpm con el osciloscopio OTC	118
Figura 87.	Oscilograma del sensor FRP a 1500rpm con el osciloscopio Hantek.....	118
Figura 88.	Oscilograma del sensor FRP a 2500rpm con el osciloscopio OTC	119
Figura 89.	Oscilograma del sensor FRP a 2500rpm con el osciloscopio Hantek.....	119
Figura 90.	DTC del sensor FRP.....	120
Figura 91.	Diagrama del circuito equivalente del sensor FRP entre los terminales de tierra y alimentación.....	121
Figura 92.	Diagrama del circuito equivalente del sensor FRP entre los terminales de tierra y señal	121
Figura 93.	Colores de cables y socket del sensor FTS.....	122
Figura 94.	Valores de temperatura del sensor FTS	123
Figura 95.	Oscilograma del sensor FTS a 17°C con el osciloscopio OTC	124
Figura 96.	Oscilograma del sensor FTS a 7°C con el osciloscopio Hantek	124
Figura 97.	DTC del sensor FTS	125
Figura 98.	Diagrama del circuito equivalente del sensor FTS.....	125
Figura 99.	Colores de cables y socket del sensor CKP	126
Figura 100.	Oscilograma del sensor CKP a ralentí con el osciloscopio OTC	127

Figura 101. Oscilograma del sensor CKP a ralentí con el osciloscopio Hantek.....	128
Figura 102. Oscilograma del sensor CKP a 1500rpm con el osciloscopio OTC	128
Figura 103. Oscilograma del sensor CKP a 1500rpm con el osciloscopio Hantek	129
Figura 104. Oscilograma del sensor CKP a 2500rpm con el osciloscopio OTC	129
Figura 105. Oscilograma del sensor CKP a 2500rpm con el osciloscopio Hantek	130
Figura 106. DTC del sensor CKP	130
Figura 107. Diagrama del circuito equivalente del sensor CKP entre los terminales de señal 1 y señal 2.....	131
Figura 108. Colores de cables y socket del sensor CMP	132
Figura 109. Oscilograma del sensor CMP a ralentí con el osciloscopio OTC.....	133
Figura 110. Oscilograma del sensor CMP a ralentí con el osciloscopio Hantek.....	133
Figura 111. Oscilograma del sensor CMP a 1500rpm con el osciloscopio OTC.....	134
Figura 112. Oscilograma del sensor CMP a 1500rpm con el osciloscopio Hantek.....	134
Figura 113. Oscilograma del sensor CMP a 2500rpm con el osciloscopio OTC.....	135
Figura 114. Oscilograma del sensor CMP a 2500rpm con el osciloscopio Hantek.....	135
Figura 115. DTC del sensor CMP	136
Figura 116. Diagrama del circuito equivalente del sensor CMP entre los terminales de tierra y alimentación.....	137
Figura 117. Diagrama del circuito equivalente del sensor CMP entre los terminales de tierra y señal	137
Figura 118. Colores de cables y socket del sensor ECT	138
Figura 119. Valores de temperatura del sensor ECT.....	139
Figura 120. Oscilograma del sensor ECT a 90°C con el osciloscopio OTC	140
Figura 121. Oscilograma del sensor ECT a 90°C con el osciloscopio Hantek.....	140

Figura 122. DTC del sensor ECT.....	141
Figura 123. Diagrama del circuito equivalente del sensor ECT entre los terminales de tierra y señal	142
Figura 124. Diagrama eléctrico de sensores y actuadores del motor Kia 2.0L tipo D4EA	142

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Variable independiente: sistema CRDI.....</i>	7
Tabla 2	<i>Variable dependiente: control electrónico</i>	7
Tabla 3	<i>Metodología, instrumentación y laboratorios donde se llevó a cabo el proyecto.....</i>	10
Tabla 4	<i>Principales fallas en un motor CRDI.....</i>	19
Tabla 5	<i>Valores del voltaje de salida del APP1 y APP2.....</i>	46
Tabla 6	<i>Valores del voltaje de salida FRP.....</i>	51
Tabla 7	<i>Pines del sensor de presión del riel FRP</i>	52
Tabla 8	<i>Voltajes del sensor MAF+IAT.....</i>	55
Tabla 9	<i>Voltajes del sensor MAF+IAT.....</i>	57
Tabla 10	<i>Designación de pines del sensor MAF+IAT</i>	60
Tabla 11	<i>Voltajes del sensor de posición del árbol de levas CMP</i>	63
Tabla 12	<i>Designación de pines del sensor de posición del árbol de levas CMP.....</i>	64
Tabla 13	<i>Voltajes del sensor de temperatura del líquido refrigerante ECT</i>	66
Tabla 14	<i>Designación de pines del sensor de temperatura del líquido refrigerante ECT</i>	68
Tabla 15	<i>Voltajes del sensor de temperatura del combustible FTS</i>	70
Tabla 16	<i>Características del osciloscopio automotriz OTC 3840F.....</i>	77
Tabla 17	<i>Partes del osciloscopio OTC 3840F.....</i>	78
Tabla 18	<i>Características del multímetro automotriz TRUPER MUT-105</i>	79
Tabla 19	<i>Estructura del multímetro TRUPER MUT-105.....</i>	79
Tabla 20	<i>Características del escáner Autoboss V-30</i>	80

Tabla 21 <i>Partes del escáner Autoboss V-30</i>	81
Tabla 22 <i>Características del osciloscopio Hantek 1008C</i>	82
Tabla 23 <i>Partes del osciloscopio Hantek 1008C</i>	83
Tabla 24 <i>Características del FADOS9F1</i>	84
Tabla 25 <i>Partes del FADOS9F1</i>	85
Tabla 26 <i>Nombres, ubicación y curvas características de los sensores</i>	93
Tabla 27 <i>Causas y síntomas de los códigos de falla de los sensores</i>	96
Tabla 28 <i>Pines de conexión del sensor APP</i>	99
Tabla 29 <i>Valores de voltaje del sensor APP</i>	100
Tabla 30 <i>Pines de conexión del sensor MAF+IAT</i>	106
Tabla 31 <i>Valores de voltaje del sensor MAF+IAT</i>	107
Tabla 32 <i>Valores de temperatura del sensor IAT</i>	107
Tabla 33 <i>Descripción del DTC del sensor MAF+IAT</i>	113
Tabla 34 <i>Pines de conexión del sensor FRP</i>	116
Tabla 35 <i>Valores de voltaje del sensor FRP</i>	116
Tabla 36 <i>Descripción del DTC del sensor FRP</i>	120
Tabla 37 <i>Pines de conexión del sensor FTS</i>	122
Tabla 38 <i>Valores de voltaje del sensor FTS</i>	123
Tabla 39 <i>Valores de temperatura del sensor FTS</i>	123
Tabla 40 <i>Descripción del DTC del sensor FTS</i>	125
Tabla 41 <i>Pines de conexión del sensor CKP</i>	126
Tabla 42 <i>Valores de voltaje del sensor CKP</i>	126
Tabla 43 <i>Descripción del DTC del sensor CKP</i>	131
Tabla 44 <i>Pines de conexión del sensor CMP</i>	132

Tabla 45 <i>Valores de voltaje del sensor CMP</i>	132
Tabla 46 <i>Descripción del DTC del sensor CMP</i>	136
Tabla 47 <i>Pines de conexión del sensor ECT</i>	138
Tabla 48 <i>Valores de voltaje del sensor ECT</i>	139
Tabla 49 <i>Valores de temperatura del sensor ECT</i>	139
Tabla 50 <i>Descripción del DTC del sensor ECT</i>	141
Tabla 51 <i>Colaboradores de la investigación</i>	143
Tabla 52 <i>Recursos tecnológicos</i>	144
Tabla 53 <i>Recursos materiales</i>	144
Tabla 54 <i>Costo de la construcción del banco de pruebas</i>	145
Tabla 55 <i>Costo de las pruebas</i>	146
Tabla 56 <i>Costo total de la investigación</i>	146

RESUMEN

El trabajo de titulación está enfocado en la obtención de los parámetros de funcionamiento de los sensores de un motor diésel Kia 2.0L CRDI tipo D4EA. Utilizando software especializado para la obtención de las curvas características de cada sensor, con la ayuda de equipos de diagnóstico automotriz como son osciloscopio, multímetro y escáner automotriz, variando parámetros característicos, entre los que se encuentran las revoluciones del motor, presión y temperatura del mismo, además se identificó los valores de voltajes que llegan y salen del sensor a la ECU los cuales son: voltaje referencial, voltaje de alimentación, voltaje de control de masa. En los sensores de temperatura y de presión se relacionó los valores medidos de voltaje con la variación tanto de temperatura como de presión. Realizando después un diagnóstico de imagen de cada sensor. Con la medición de los componentes se analizó los resultados obtenidos según los datos generados por las diferentes pruebas tanto a ralentí, a 1500rpm, y a 2500 rpm y mediciones, determinando cuales son los parámetros de funcionamiento del motor. Al final de la investigación se procedió a obtener los DTC (códigos de falla) desconectando cada sensor y observando que código de falla nos presenta el escáner automotriz.

PALABRAS CLAVES

- **INYECCIÓN DIRECTA DE RIEL COMÚN**
- **AUTOMÓVILES - MOTORES - PROTOCOLO DE PRUEBAS**
- **SENSORES - VALORES DE VOLTAJE**
- **AUTOMÓVILES - MOTORES - PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO**
- **SENSORES - CODIGOS DE FALLA**

ABSTRACT

The titration work is focused on obtaining the operating parameters of the sensors of a Kia 2.0L CRDI diesel engine type D4EA. Using specialized software to obtain the characteristic curves of each sensor, with the help of diagnostic equipment automotive such as oscilloscope, multimeter and automotive scanner, varying characteristic parameters, among which are the revolutions of the engine, pressure and temperature of the same, also identified the values of voltages arriving and leaving the sensor to the ECU which are: reference voltage, supply voltage, mass control voltage. In the temperature and pressure sensors, the measured voltage values were related to the variation of both temperature and pressure. Then making an image diagnosis of each sensor. With the measurement of the components, the results obtained were analyzed according to the data generated by the different tests at both idle, at 1500 rpm, and at 2500 rpm and measurements, determining which are the motor operating parameters. At the end of the investigation, we proceeded to obtain the DTC (fault codes) by disconnecting each sensor and observing the fault code presented by the automotive scanner.

KEYWORDS

- **COMMON RAIL DIRECT INJECTION**
- **AUTOMOBILES - ENGINES - TEST PROTOCOL**
- **SENSORS - VOLTAGE VALUES**
- **AUTOMOBILES - ENGINES - OPERATING PARAMETERS**
- **SENSORS - FAILURE CODES**

CAPÍTULO I

1. MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes investigativos

En el ámbito automotriz la continua evolución de los motores de combustión interna encendidos por compresión se da con la finalidad de atender a las exigentes reglas ambientales en cuanto se refiere a la reducción de los gases contaminantes.

Existen varias investigaciones sobre el sistema CRDI las mismas que están orientadas al estudio del sistema de control electrónico y reducción de emisiones contaminantes.

(Bustillos & Simbaña, 2018) afirman:

La mayoría de los sistemas de combustible de motores diésel modernos utilizan una tecnología avanzada conocida como CRDI o Common Rail Diésel Injection, este sistema de inyección directa supera algunas de las deficiencias de los motores diésel convencionales, haciendo de estos motores más eficientes, más potentes y a la vez menos contaminantes. (p.24)

La idea esencial que rige el diseño CRDI es lograr una pulverización mucho mayor que la obtenida en los sistemas de bomba inyectora anteriores, para optimizar el proceso de inflamación espontánea de la mezcla que se forma en la cámara al inyectar el combustible. Los inyectores que se encuentran en este sistema son electrónicos. (Salinas & Villavicencio, 2013, p.18)

El estudio del sistema CRDI es muy amplio, pero específicamente se centra en su sistema eléctrico que permite a través de pulsos electromagnéticos el funcionamiento del inyector dando apertura y entrega para la inyección adecuada del combustible hacia el motor el vehículo. (Coral, 2013, p.121)

Barros & Pulla (2016) proponen: “Se propone realizar más estudios e investigaciones relacionados al motor con sistema de alimentación de combustible common rail, para buscar aprovechar al 100% la potencia del motor, reduciendo las emisiones contaminantes y el consumo de combustible” (p.102).

El sector automotriz está en proceso de evolución constante en especial en el área electrónica, incorporando a los vehículos el sistema CRDI que es un sistema de inyección cuya principal misión es contribuir a la disminución de emisiones de gases contaminantes y optimización del combustible. (Tigre & Villa, 2015, p.1)

El sistema de control electrónico del sistema CRDI cuenta con la tecnología más actual del mercado, creando la necesidad de analizar el desempeño del mismo.

1.2. Planteamiento del problema

La constante invención de nueva tecnología en el sistema de control electrónico del sistema CRDI conlleva a investigar sobre el desempeño de la tecnología más actual a nivel mundial. El continuo avance tecnológico en el sector automotriz promueve a estar constantemente actualizando las investigaciones de la tecnología automotriz.

La electrónica existente en motores de combustión interna diésel da lugar a la investigación de la aplicación de la electrónica que se encuentra en los sistemas CRDI.

Los motores de combustión interna están sometidos a estatutos cada vez más exigentes para reducir la emisión de contaminantes ambientales con lo cual surge la necesidad de investigar el óptimo funcionamiento de los sistemas de control electrónico del sistema CRDI.

Mediante esta investigación se podrá realizar un diagnóstico electrónico efectivo para el sistema de control electrónico del sistema CRDI.

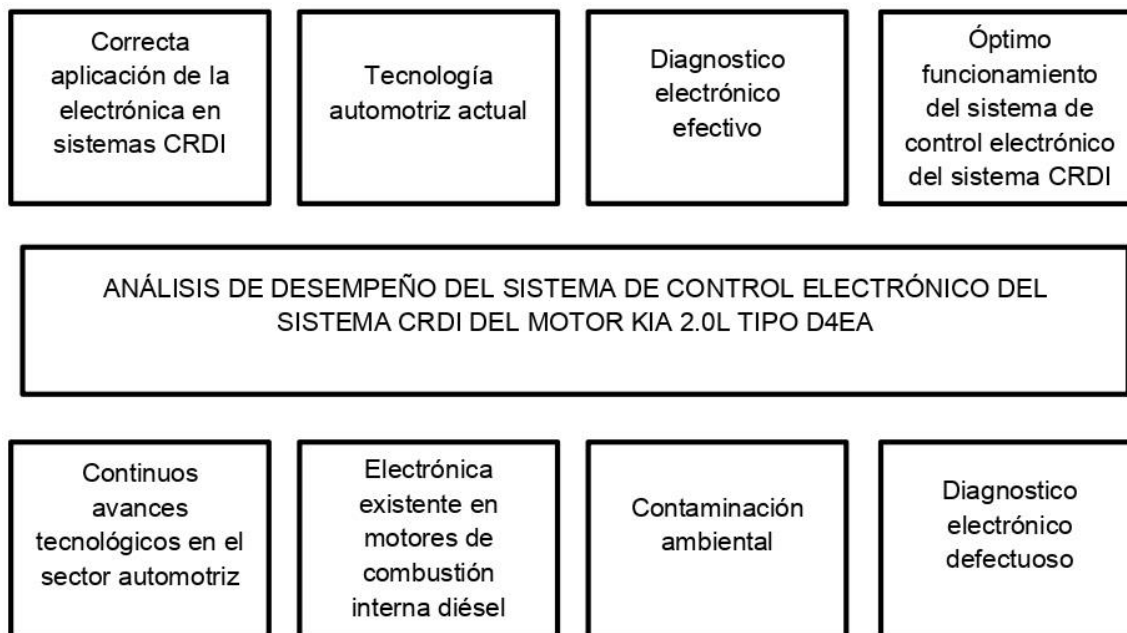


Figura 1. Árbol de problemas

1.3. Justificación e importancia

En el Ecuador el parque automotor crece a gran escala cada año. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2018) indica que: “El número de vehículos matriculados ha crecido a través del tiempo, con un crecimiento de 8,8% entre el año 2016 y 2017” (p.10). Eso quiere decir que para el año 2017 el total de vehículos matriculados es de 2.237.264, dentro de los cuales los automóviles, camionetas, furgonetas, jeeps con tipo de combustible diésel representa el 5,5%, lo que significa que los vehículos livianos con motor diésel han ido ganando una buena parte del terreno automotriz.

Dado que existe un número considerable de vehículos con sistema CRDI, el presente proyecto de titulación busca incrementar el estudio y el conocimiento sobre el funcionamiento del sistema de control electrónico de los motores diésel CRDI.

En vista del desarrollo tecnológico en vehículos diésel y la implementación de sistemas de control electrónico cada vez más complejos, se genera la necesidad de un crecimiento cognitivo, velocidad en el análisis, eficiencia en resultados, disminución de costos y tiempos de reparación en vehículos diseñados con estos sistemas. (Casanova, 2014, p.3).

El constante crecimiento automotor en nuestro país se ha generado por la innovación de avances tecnológicos que se presenta continuamente, en la que se incluye el sistema de inyección CRDI, ya que la misma ofrece ventajas en las cuales abarca minuciosamente un espacio más amplio en el mercado, es indispensable

estar a la vanguardia de la información técnica especializada que nos permite brindar mantenimiento y uso adecuado al sistema. (Bustillos & Simbaña, 2018, p.5)

Con la elaboración de esta investigación se logra generar información nueva y real del sistema de control electrónico del conjunto CRDI, para poder apreciar los valores óptimos de funcionamiento y así también el comportamiento adecuado del sistema, para uso y disposición de cualquier profesional relacionado con la mecánica automotriz, con la cual permitirá realizar un diagnóstico preciso del sistema de control electrónico del sistema CRDI.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general.

Analizar el desempeño del sistema de control electrónico del sistema CRDI del motor Kia 2.0L tipo D4EA para generar información del correcto funcionamiento y un diagnóstico electrónico efectivo.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Recopilar información de fuentes bibliográficas confiables tales como libros, artículos científicos, tesis, etc.
- Construir el banco de pruebas para el motor diésel Kia 2.0L CRDI tipo D4EA.
- Realizar el protocolo de pruebas para analizar el funcionamiento de los diferentes sensores del sistema de control electrónico del sistema CRDI.

- Realizar las pruebas de funcionamiento de los sensores del sistema de control electrónico del sistema CRDI a diferentes regímenes del motor.
- Obtener las curvas de funcionamiento de cada sensor del sistema de control electrónico del sistema CRDI con la ayuda de equipos de diagnóstico automotriz.
- Analizar los datos resultantes de cada una de las pruebas de los sensores del sistema de control electrónico del sistema CRDI.

1.5. Metas

- Obtener un banco de pruebas eléctricas-electrónicas del sistema CRDI que permita realizar el entrenamiento en estos sistemas con una fiabilidad del 95% en dieciséis semanas.
- Realizar un protocolo de pruebas eléctricas-electrónicas del sistema CRDI a diferentes regímenes del motor para obtener datos de funcionamiento de los sensores del sistema de control electrónico en dos semanas.
- Identificar los valores de voltajes y las curvas características de cada sensor del sistema de control electrónico del sistema CRDI en dos semanas.

1.6. Hipótesis

El análisis de desempeño del sistema de control electrónico del sistema CRDI del motor Kia 2.0L tipo D4EA permitirá realizar el diagnóstico efectivo del sistema CRDI, con lo cual se logra un mejor reconocimiento de los códigos de falla que se pueden presentar en este tipo de sistemas.

1.7. Variables de investigación

1.7.1. Variable independiente.

Sistema CRDI.

Tabla 1

Variable independiente: Sistema CRDI

Concepto	Categoría	Indicador	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Es un sistema electrónico de inyección de combustible para motores diésel de inyección directa.	Académico Tecnológico	Presión del sistema de alimentación	[psi]	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
		Voltajes de operación del control electrónico	[V]	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
		Técnicas de autodiagnóstico	[DTC]	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
		Parámetros de ingreso de aire	[V] [°C]	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas

1.7.2. Variable dependiente.

Control electrónico.

Tabla 2

Variable dependiente: Control electrónico

Concepto	Categoría	Indicador	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Es el sistema que monitorea y determina los parámetros de funcionamiento del sistema CRDI.	Académico Tecnológico	Temperatura del refrigerante del motor	[V] [°C]	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
		Temperatura del aire de admisión	[V] [°C]	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
		Flujo de aire	[V] [°C]	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
		Presión del riel de combustible	[V] [psi]	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
		Posición del pedal de aceleración	[V] [°]	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
		Posición del cigüeñal	[V] [°]	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas
		Posición del árbol de	[V] [°]	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas

CONTINÚA 

levas			
Temperatura del combustible	[V] [°C]	Medición Experimentación	Protocolo de pruebas

1.8. Metodología de la investigación

La metodología de la investigación ha aportado al campo de la educación, métodos, técnicas y procedimientos que permiten alcanzar el conocimiento de la verdad objetiva para facilitar el proceso de investigación. También se puntualizan los métodos generales que existen para realizar una investigación adecuada, es decir, el método inductivo, deductivo, analítico y sintético. (Gomez, 2012, p.7)

- **Método deductivo.**

El método deductivo permitió por medio de los datos y valores generados por los sensores del sistema de control electrónico a partir de las pruebas eléctricas-electrónicas, establecer parámetros del correcto desempeño del sistema CRDI.

- **Método inductivo.**

Este método permitió estimar un rango de valores de voltaje de los sensores del sistema de control electrónico, por medio de instrumentos de diagnóstico automotriz que permitieron establecer los valores de voltaje en los que oscilan cada uno de los sensores.

- **Método experimental.**

Este método ayudo con el manejo de pruebas controladas para la obtención de los parámetros de funcionamiento del sistema de control electrónico del sistema CRDI,

además de obtener curvas características del comportamiento de cada uno de los sensores.

- **Método analítico.**

El método analítico contribuyó en el análisis de resultados tomando en cuenta los datos obtenidos después de cada protocolo de pruebas, con ayuda del razonamiento técnico y científico, para interpretar los valores de las pruebas realizadas.

- **Método de síntesis.**

Con el método de síntesis se logró que en los diferentes tipos de pruebas, se establezca ensayos para obtener los datos del correcto funcionamiento de trabajo del sistema de control electrónico del sistema CRDI.

- **Método comparativo.**

Este método permitió comparar los diferentes resultados analizados de los valores de voltaje, curvas características de funcionamiento y posibles códigos de falla DTC que se puedan generar en los sensores del sistema de control electrónico.

- **Método de la medición.**

Mediante el método de medición se obtuvo los valores de voltajes de los diferentes sensores del sistema de control electrónico, estos datos se obtuvieron con la ayuda de los instrumentos de diagnóstico automotriz luego de cada protocolo de pruebas.

Tabla 3

Metodología, instrumentación y laboratorios donde se llevó a cabo el proyecto

Metodología	Descripción	Equipos	Laboratorio
Método deductivo	El método deductivo permitió por medio de los datos y valores generados por los sensores del sistema de control electrónico a partir de las pruebas eléctricas-electrónicas, establecer parámetros del correcto desempeño del sistema CRDI	<ul style="list-style-type: none"> • Osciloscopio automotriz OTC • Escáner Automotriz AUTOBOSS V-30 • Multímetro automotriz • Banco de Pruebas Motor Kia 2.0L tipo D4EA 	Laboratorio de motores de combustión interna y rectificación de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga
Método inductivo	Este método permitió estimar un rango de valores de voltaje de los sensores del sistema de control electrónico, por medio de instrumentos de diagnóstico automotriz que permitieron establecer los valores de voltaje en los que oscilan cada uno de los sensores	<ul style="list-style-type: none"> • Osciloscopio automotriz OTC • Escáner Automotriz AUTOBOSS V-30 • Multímetro automotriz • Banco de Pruebas Motor Kia 2.0L tipo D4EA 	Laboratorio de motores de combustión interna y rectificación de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga
Método experimental	Este método ayudo con el manejo de pruebas controladas para la obtención de los parámetros de funcionamiento del sistema de control electrónico del sistema CRDI, además de obtener curvas características del comportamiento de cada uno de los sensores	<ul style="list-style-type: none"> • Osciloscopio automotriz OTC • Escáner Automotriz AUTOBOSS V-30 • Multímetro automotriz • Banco de Pruebas Motor Kia 2.0L tipo D4EA 	Laboratorio de motores de combustión interna y rectificación de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga
Método analítico	En esta investigación se utilizó el método analítico en el análisis de resultados tomando en cuenta los datos obtenidos después de cada protocolo de pruebas, con ayuda del razonamiento técnico	<ul style="list-style-type: none"> • Osciloscopio automotriz OTC • Escáner Automotriz AUTOBOSS V-30 • Multímetro automotriz • Banco de Pruebas Motor 	Laboratorio de motores de combustión interna y rectificación de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga

CONTINÚA 

	y científico, para interpretar los valores de las pruebas realizadas	Kia 2.0L tipo D4EA	
Método de síntesis	Con el método de síntesis se logró que en los diferentes tipos de pruebas, se establezca ensayos para obtener los datos del correcto funcionamiento de trabajo del sistema de control electrónico del sistema CRDI	<ul style="list-style-type: none"> • Osciloscopio automotriz OTC • Escáner Automotriz AUTOBOSS V-30 • Multímetro automotriz • Banco de Pruebas Motor Kia 2.0L tipo D4EA 	Laboratorio de motores de combustión interna y rectificación de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga
Método comparativo	Este método permitió comparar los diferentes resultados analizados de los valores de voltaje, curvas características de funcionamiento y posibles códigos de falla DTC que se puedan generar en los sensores del sistema de control electrónico	<ul style="list-style-type: none"> • Osciloscopio automotriz OTC • Escáner Automotriz AUTOBOSS V-30 • Multímetro automotriz • Banco de Pruebas Motor Kia 2.0L tipo D4EA 	Laboratorio de motores de combustión interna y rectificación de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga
Método de la medición	Mediante el método de medición se obtuvo los valores de voltajes de los diferentes sensores del sistema de control electrónico, estos datos se obtuvieron con la ayuda de los instrumentos de diagnóstico automotriz luego de cada protocolo de pruebas	<ul style="list-style-type: none"> • Osciloscopio automotriz OTC • Escáner Automotriz AUTOBOSS V-30 • Multímetro automotriz • Banco de Pruebas Motor Kia 2.0L tipo D4EA 	Laboratorio de motores de combustión interna y rectificación de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema Common Rail CRDI

(Lema & López, 2016) afirma que el sistema de inyección electrónica por riel común es uno de los sistemas de alimentación de combustible más actuales tecnológicamente aplicados a los motores Diesel.

La inyección directa por riel común es un gran avance en los MEC poco a poco ganando mayor terreno en el mercado debido a su bajo consumo de combustible y bajas emisiones de gases contaminantes (Criollo & Matute, 2014).

Debido a las altas exigencias ambientales por problemas de la contaminación ha hecho que los motores Diesel vayan evolucionando y se adapten a los estándares impuestos internacionalmente dando grandes pasos tecnológicos como es la inyección electrónica y logrando la disminución tanto en el consumo de combustible y en las emisiones de gases contaminantes pudiendo aplicar estos motores no solo en vehículos de carga sino en vehículos convencionales.

2.2. Principio de funcionamiento CRDI

(Lema & López, 2016) añade que el sistema de Riel Común se fundamenta en que el motor acciona directamente a una bomba mecánica, la misma que absorbe el combustible del depósito y lo envía a la bomba de alta presión, la misma que envía a un conducto distribuidor o también su función es la de un acumulador, este está unido a los inyectores por cañerías que soportan altas presiones de combustibles que vienen

dadas de 150 bares y 1350 bares respectivamente dependiendo de lo que necesite el motor. Este proceso es controlado por la ECU la cual recibe señal de varios sensores y en función de eso da la apertura de cada inyector.

Como se menciona anteriormente el sistema CRDI es un sistema que se divide en dos circuitos uno de baja presión y otro de alta presión como se muestra en la figura 2, el circuito de baja presión radica en elementos mecánicos anclados al movimiento del cigüeñal o árbol de levas, el circuito de alta presión es inspeccionado por elementos electrónicos llamados sensores que mandan la información a la ECU y esta procesa la información y acciona los actuadores dependiendo de los requerimientos del motor.

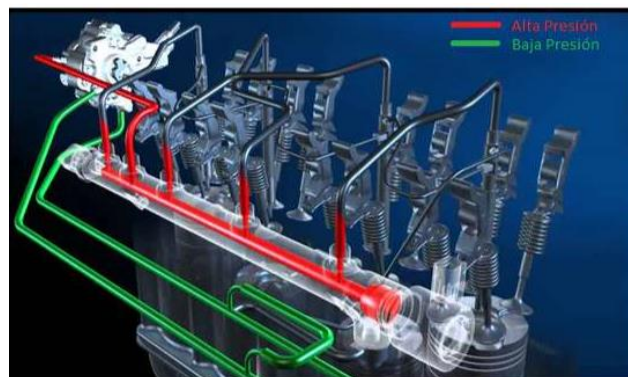


Figura 2. Cañerías de alta y baja presión de combustible

Fuente: (Garófalo, 2017)

(Aguirre & Ortiz, 2013) añade que en este sistema se encuentran por separadas la presión y la inyección de combustible, esto significa que hay una bomba de alta presión conectada a todos los inyectores a través de un tubo acumulador, la cual puede ser controlada dependiendo de las revoluciones del motor. La presión del combustible al principio y fin de la inyección son controlados por la unidad de control UCE a partir de

las señales obtenidas de cada uno de los sensores del motor, y esto da como resultado un excelente desempeño, bajo ruido y baja emisión de gases contaminantes.

(Armas & Vaca, 2013) afirma que para obtener una completa combustión el sistema CRDI hace una pre inyección de una cantidad pequeña de combustible antes de la inyección principal logrando que este sistema apruebe las pruebas ambientales europeas. Como resultado otorga al motor un mejoramiento en tanto a potencia y velocidad otorgándole al motor un torque elevado que responde desde regímenes muy bajos facilitando la entrada del funcionamiento del turbo logrando una aceleración suave en comparación con el motor atmosférico.

Añadiendo sobre la pre inyección de combustible, esto se hace para disminuir los gases de escape que se emite al ambiente ya que debido a esa pre inyección de una pequeña cantidad de combustible se logra quemar toda la mezcla de aire-combustible en la combustión.

(Barros & Pulla, 2016) refieren que en este sistema CRDI se hacen múltiples inyecciones. Se tiene una o dos inyecciones piloto las cuales son para reducir el ruido provocado por la combustión, la principal inyección es para aportar a la potencia del motor y una post inyección que es para reducir los gases contaminantes. Conforme va evolucionando la tecnología las presiones que este sistema pueda generar serán mucho mayores, aportando con eso a un mayor desempeño del motor.

Una de las principales ventajas de este sistema CRDI como lo menciona (Salinas & Villavicencio, 2013) es que este sistema nos permite el control electrónico del suministro de combustible pudiendo inyectar hasta 5 pre inyecciones antes de la

principal inyección obteniendo una óptima combustión, un nivel de sonido mucho más bajo y un rendimiento más alto del motor. Acotando con lo anterior hay sistemas CRDI que nos permiten hacer hasta 12 pre inyecciones logrando preparar la mezcla para su óptima combustión.

El sistema CRDI está constituido por los siguientes componentes:

- Circuito de baja presión
 - Depósito de combustible
 - Bomba de baja presión
 - Filtro de combustible
 - Cañerías



Figura 3. Circuito de baja presión

Fuente: (Salinas & Villavicencio, 2013)

- Circuito de alta presión
 - Bomba de alta presión
 - Acumulador de alta presión
 - Inyectores
 - Cañerías de alta presión

- Válvula reguladora de presión
- Sensor de presión

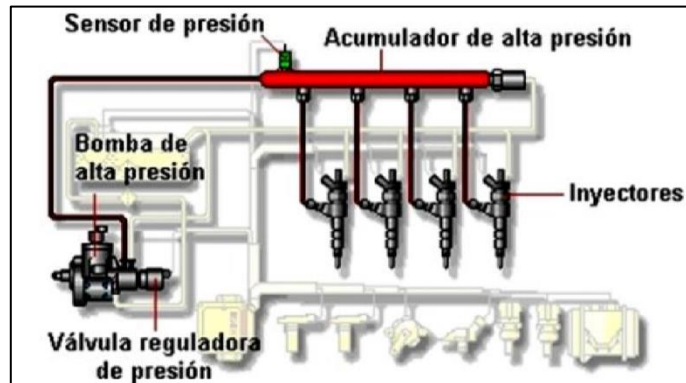


Figura 4. Circuito de alta presión

Fuente: (Salinas & Villavicencio, 2013)

2.3. Ventajas del sistema CRDI

Una de las ventajas de este sistema es la presión de trabajo ya que es independiente del régimen del motor y de su carga, esto quiere decir que, si el motor gire a bajas revoluciones, la inyección del combustible es posible hacerla a una presión alta y casi constante durante el proceso de inyección (Salinas & Villavicencio, 2013).

El control de la ECU sobre los inyectores electrónicos para la óptima atomización del combustible y la alta presión dan como resultado un mejoramiento en la potencia y una reducción de gases contaminantes, los cuales son: óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y los hidrocarburos sin quemar (Salinas & Villavicencio, 2013).

Al tener un sistema completamente electrónico se puede elegir inyectar el combustible libremente y en el momento exacto permitiéndonos hacer múltiples

inyecciones en el mismo ciclo logrando aumentar la temperatura y presión en el cilindro y así mejorando la combustión y disminuyendo el ruido (Salinas & Villavicencio, 2013).

(Cueva & Zúñiga, 2016) afirma que con este sistema se logra reducir el consumo de combustible y obteniendo un excelente desempeño.

Este tipo de sistema es amigable para el medio ambiente debido a que cumple con las exigencias dispuestas por las normas europeas Euro3 y Euro4.

(Cóndor & Allaica, 2014) "El sistema riel común contribuye notablemente a satisfacer los deseos de los clientes y al cumplimiento de las imposiciones legales.

- Fiabilidad.

El sistema riel común, es una garantía de larga vida útil.

- Economía.

El sistema riel común es un sistema de inyección controlado electrónicamente. De esta forma deja dosificarse más exactamente el combustible inyectado. Esto mejora la combustión y reduce el consumo.

- Emisiones en gases de escape.

La presión de inyección en el sistema riel común es de 1350 bar. De esta forma se mejora la combustión, reduciendo así substancialmente la formación de humo negro. Gracias a la preinyección y a la inyección múltiple se obtiene una reducción adicional en la emisión de contaminantes.

- Prestaciones.

El sistema riel común permite variar en gran medida la presión de inyección independientemente del régimen del motor. De esta manera es posible incrementar el par de giro del motor en el margen de bajas revoluciones, lo que resulta en una aceleración mayor del vehículo.

- Ruido.

En el sistema riel común la generación, producción de alta presión y la inyección están desacopladas. Ello permite la preinyección y la inyección múltiple reduciendo así sensiblemente el ruido de combustión.

- Integración en conceptos de motores ya existentes.

Por su especial diseño puede integrarse el sistema riel común en motores actuales sin necesidad de realizar grandes modificaciones”. (p. 28-32)

2.4. Fallas más comunes en el sistema CRDI

(Barros & Pulla, 2016) menciona “Debido al deterioro de los elementos de inyección CRDI, originado por múltiples razones, como: calidad de diésel, mantenimiento inadecuado, esfuerzos extremos del motor, vida útil limitada de los elementos del sistema de inyección, entre otros. Pueden ocasionar la pérdida de potencia y rendimiento del motor. Por consiguiente, generan aumento del consumo de combustible, incremento de las emisiones contaminantes por el tubo de escape; afectando de esta manera al medio ambiente y a la economía del propietario”. (p.11)

Como se menciona en el párrafo anterior hay múltiples factores que dañan al sistema como es la calidad de combustible que tenemos en nuestro país, el tipo de manejo inadecuado que el dueño del vehículo le da al exigirle demasiado y no realizar el mantenimiento correspondiente al kilometraje que otorga el manual del fabricante, como resultado de eso es un acelerado deterioro de los componentes del sistema haciendo que el motor consuma más combustible y emita mayores gases contaminantes.

En la siguiente tabla se puede observar las principales fallas de un motor con un sistema CRDI.

Tabla 4

Principales fallas en un motor CRDI

Nº	FALLAS	VARIABLES	CAUSAS
1	Humo negro	Inyectores	Desconexión eléctrica del inyector
2	Mayor opacidad		Resistencia interna del bobinado fuera del rango
3	Ralentí inestable		Caudal de retorno fuera de rango
4	Ruido del motor fuera de límite		Tobera de inyección desgastada
5	El motor demora en arrancar	Cañerías de combustible de baja, alta presión y retorno.	Fugas de combustible Aire en el circuito de combustible
6	Humo blanco	Filtro de combustible	Filtro sucio u obstruido
7	La luz testigo de presencia de agua se enciende		Presencia de agua en el filtro
8	El motor no arranca	Bomba de alta presión	Desgaste o deterioro de los elementos internos

CONTINÚA 

Bomba eléctrica de combustible	Falta de corriente de alimentación
	Relé de bomba averiado

Fuente: (Barros & Pulla, 2016)

2.5. Tipos de sistema CRDI

(Salinas & Villavicencio, 2013) aportan que el Sistema de inyección Common Rail CRDI es muy flexible al momento de adaptar al funcionamiento del motor, haciendo su comparación con otros sistemas que son propulsados por levas (bombas rotativas). Esto se puede hacer porque la inyección y la presión trabajan de forma separada. El régimen del motor no influye en la generación de presión ni de caudal de inyección, el combustible se encuentra en el acumulador de alta presión llamado "Rail". La unidad de control UCE calcula dependiendo de su programación y de las señales recibidas por cada sensor el momento que debe hacer la inyección y que presión de inyección debe tener, haciendo que cada inyector inyecte el combustible en cada cilindro a través de una electroválvula controlada.

Hay varios tipos de sistemas CRDI de los cuales hablaremos a continuación, pero podemos decir que el principio de funcionamiento es el mismo lo que cambia es el accionamiento que cada uno da a sus componentes.

2.5.1. Sistema Common Rail CRDI Bosch

(Salinas & Villavicencio, 2013) Afirma que:

Según las versiones utiliza bomba de transferencia eléctrica (CP1). En otros casos la transferencia es mecánica e incorporada a la bomba de Alta Presión. (CP2 y CP3). La Bomba de alta presión es de 3 lóbulos a 120 grados. Siempre utiliza Válvula IPR (en la

bomba de AP. o en el Rail). El sensor de presión de combustible está montado en la ramba. Utiliza inyectores bobinados. Resistencia del inyector: 0,5-0,8 Ohm. Los inyectores trabajan con una tensión de acometida de 70-80 V y una corriente de 20-12A. La ECU controla el lado alto y el lado bajo por lo que hay pulsos en los 2 cables del inyector. La presión de inyección es de: 220 bares (mín.) a 1350 bares (máx.). Regulada a lazo cerrado (ICP-IPR). (p. 30)

En la figura 5 podemos apreciar el sistema Common Rail CRDI Bosch

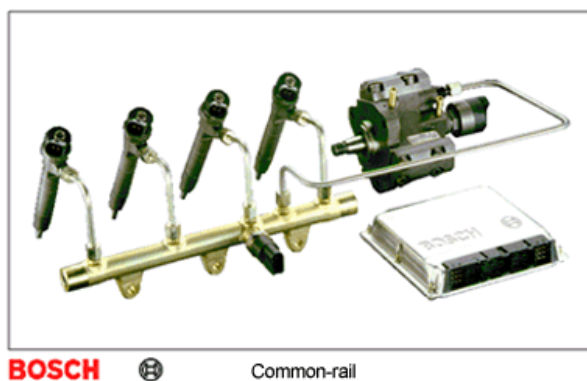


Figura 5. Sistema Common Rail CRDI Bosch

Fuente: (Bosch, 2012)

2.5.2. Sistema CRDI Delphi

(Salinas & Villavicencio, 2013) Afirma que:

Utiliza una bomba de AP de 2 elementos radiales con Anillo de leva. Tiene transferencia mecánica incorporada a la bomba de AP. En algunas versiones el acumulador de presión o riel es de tipo Esférico. La bomba tiene incorporados un sensor de temperatura del diésel y una Válvula de Control de Succión (SCV). No tiene IPR. El control de la presión de inyección se realiza mediante los mismos inyectores, los

cuales además de inyectar el diésel son actuados para regular presión. Trabaja con una presión de 250 bares (mín.) a 1600 bares (máx.). Los inyectores son tipo lápiz, muy finos y de tipo bobinados, encontrándose la bobina arrollada en el interior el cuerpo de inyector. Diámetro = 17 mm La resistencia de los inyectores es de 0,2 Ohm aprox. Lo que les da una muy rápida respuesta de operación permitiendo inyecciones múltiples. Los inyectores trabajan con pulsos de 12V y tienen Lado Alto y Lado Bajo. Una corriente de apertura de 12A y una corriente de mantenimiento de 6A. (p. 32)

En la figura 6 podemos apreciar sistema Common Riel CRDI Delphi

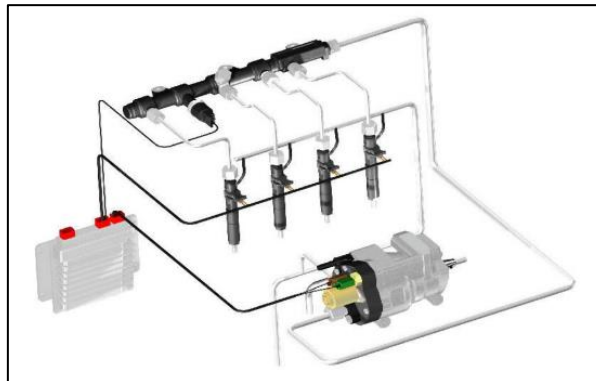


Figura 6. Sistema Common Riel CRDI Delphi

Fuente: (Kia, 2011)

2.5.3. Sistema CRDI Denso

Salinas y Villavicencio (2013) Afirma que “Utiliza una bomba de AP de 2 elementos radiales sin anillo de levas. Los elementos son accionados por un eje con excéntrica. La bomba incorpora una Válvula de Control de Succión (SCV) y un sensor de temperatura del combustible. Utiliza inyectores de tipo bobinados. Los inyectores tienen una resistencia de 0,8 a 1 Ohm. Tiene PCM e IDM. El PCM controla al IDM y este acciona a

los inyectores. La bomba regula la presión del rail de 20MPa a 180MPa. El sistema realiza pre inyección e inyección principal hasta las 3000RPM. Los tiempos de inyección son de 0,4 ms a 1,5 ms” (p. 31).

En la figura 7 podemos apreciar sistema Common Riel CRDI Denso

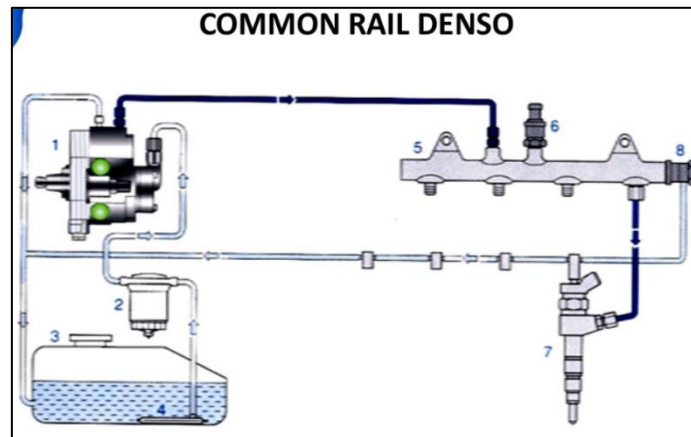


Figura 7. Sistema Common Riel CRDI Denso

Fuente: (Quisant, 2010)

2.6. Sistema de inyección Common Rail Bosch

Los requerimientos establecidos evolucionan permanentemente para los motores Diesel. La elevada presión de inyección de combustible, tiempos de inyección de combustible tienen que adaptarse para que el motor diésel sea más económico, amigable con el medio ambiente y eficiente. Haciendo que los motores diésel gane posición en el mercado como un automóvil superior. Así podemos hablar de uno de los sistemas de inyección más completos y es el sistema de inyección por acumulador Common Rail CRDI que tiene como ventaja la adaptabilidad a variaciones en su configuración de la presión de inyección y de los tiempos de inyección. Esto se obtiene gracias al trabajo individual de la generación de presión y la inyección (Bosch, 2005).

Como lo mencionado antes el sistema de inyección CRDI ha demostrado una gran flexibilidad en la implementación de los motores y es debido a su parte programable que nos permite variar la presión de la inyección y la cantidad de pre inyecciones que se pueden inyectar en el cilindro y gracias a eso mejorar el rendimiento del motor disminuyendo el ruido y los gases de escape que emiten al medio ambiente siendo así un motor que cumple con las normas Euro 3 y 4.

En la figura 8 podemos apreciar un sistema de inyección por acumulador Common Rail en un motor diésel de 5 cilindros el cual muestra las siguientes partes: 1. Tubería de retorno de combustible, 2. Tubería de combustible de alta presión al inyector, 3. Inyector, 4. Conducto común, 5. Sensor de presión del conducto común, 6. Tubería de combustible de alta presión hacia el conducto común, 7. Retorno de combustible, 8. Bomba de alta presión.

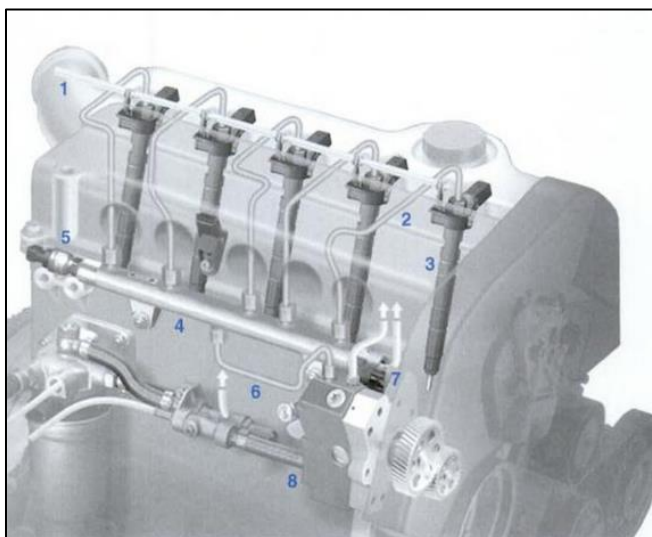


Figura 8. Sistema de inyección por acumulador Common Rail en un motor diésel de 5 cilindros

Fuente: (Bosch, 2005)

(Bosch, 2005) Aporta que el sistema como tiene una amplia adaptación en cuanto a la inyección del motor, esto es resultado de:

- Presiones elevadas de inyección de 1600 bares aproximada y con el paso de los años de 1800 bares
- Una presión de estado de servicio adaptada desde los 200 hasta los 1800 bares.
- Un comienzo variable de la inyección.
- Se puede ejecutar varias inyecciones de combustible antes y después de la inyección principal.

Por consecuencia de esto hoy en día los sistemas Common Rail CRDI se utilizan en todos los motores Diesel modernos.

2.6.1. Funcionamiento del sistema Common Rail CRDI Bosch

Según (Bosch, 2005) en este sistema de inyección por acumulación Common Rail la inyección y la presión se encuentran por separadas. la presión de inyección es independiente del caudal de inyección y del número de revoluciones del motor.

a. Generación de presión

La separación de la generación de presión y de la inyección se efectúa con ayuda de un volumen de acumulación. El combustible sometido a presión se encuentra disponible para la inyección en el volumen de acumulación del "Common Rail". La presión de inyección deseada se genera mediante una bomba de alta presión accionada continuamente por el motor. Esta bomba mantiene la presión en el conducto común independientemente del número de revoluciones del motor y del caudal de la inyección.

Debido a la alimentación prácticamente uniforme, la bomba de alta presión puede ser significativamente menor y con un par de accionamiento máximo mucho más reducido que en el caso de los sistemas de inyección convencionales. Esto comporta así mismo una reducción importante de los esfuerzos a que se debe ver sometido el accionamiento de la bomba.

La bomba de alta presión es una bomba de émbolos radiales, en el caso de vehículos industriales concebida también en parte como bomba de disposición en serie. (Bosch, 2005)

b. Regulación de la presión

Como se puede mostrar en la figura 9 hay varios ejemplos de regulación de alta presión de sistemas Common Rail.

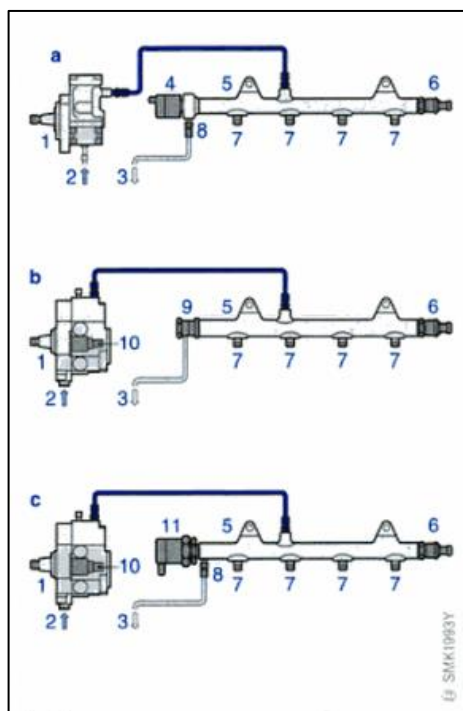


Figura 9. Ejemplos de regulación de alta presión de sistemas Common Rail.

Fuente: (Bosch, 2005)

a) Regulación en el lado de alta presión

En los sistemas se regula la presión deseada en el conducto común mediante una válvula reguladora de presión del lado de alta presión (figura 9a, posición 4). El combustible innecesario para la inyección refluye al circuito de baja presión a través de la válvula reguladora de presión. Esta regulación permite obtener una rápida adaptación de la presión existente en el conducto común en caso de modificación del momento de servicio. Como ejemplo al efectuarse un cambio de carga. La regulación del lado de alta presión se utilizó en los primeros sistemas Common Rail. La válvula reguladora de presión se encuentra montada con más frecuencia en el conducto común, en algunas aplicaciones directamente en la bomba de alta presión. (Bosch, 2005, p.7)

b) Regulación de caudal del lado de aspiración

(Bosch, 2015) afirma:

Otra posibilidad de regulación de la presión del conducto común consiste en la regulación de caudal del lado de aspiración (figura 9b). la unidad de dosificación (10) abrigada a la bomba de alta presión permite que la bomba suministre al conducto común el caudal de combustible exactamente necesario para mantener la presión de inyección precisa para el sistema. Una válvula limitadora de presión (9) evita que se produzca un incremento inadmisible de la presión del conducto común en caso de avería. Con la regulación de caudal del lado de aspiración es menor el volumen de combustible a alta presión, y con ello también el consumo de potencia de la bomba. Esto tiene efectos positivos en el consumo de combustible. Al mismo tiempo se reduce

la temperatura del combustible devuelto al depósito de combustible en comparación con la regulación en el lado de la alta presión. (p.7)

c) Sistema de doble regulación

El sistema de doble regulación (figura 9c), con la regulación de la presión en el lado de aspiración mediante la unidad de dosificación y la regulación en el lado de alta presión mediante la válvula reguladora de presión, combina las ventajas de la regulación en el lado de alta presión y la regulación de caudal en el lado de aspiración. (Bosch, 2005, p.7)

c. Inyección

(Bosch, 2015) afirma:

Los inyectores inyectan el combustible directamente en la cámara de combustión del motor. Reciben el combustible del conducto común a través de cortas tuberías de combustible de alta presión. La unidad de control del motor controla la válvula de mando integrada en el inyector, encargada de la apertura y cierre del inyector. La duración de la apertura del inyector y la presión del sistema determina el volumen de combustible aportado. Con una presión constante, el caudal de combustible inyectado es proporcional al tiempo de conexión de la válvula de mando y, con ello, es independiente del número de revoluciones del motor o de la bomba (inyección controlada en función del tiempo). (p.7)

d. Potencial hidráulico

La separación de las funciones de generación de presión e inyección aporta, en comparación con los sistemas de inyección convencionales, un mayor grado de libertad

en lo relativo al desarrollo de la combustión: la presión de inyección puede elegirse con gran libertad en el diagrama de curvas características. La presión de inyección máxima es actualmente de 1600 bares, en el futuro será de 1800 bares. Gracias a las inyecciones previas o múltiples del sistema Common Rail es posible obtener una disminución adicional de las emisiones de gases de escape, y una reducción significativa de los ruidos originados por la combustión. Mediante varias activaciones de la válvula de mando, de funcionamiento extremadamente rápido, pueden efectuarse inyecciones múltiples de hasta cinco inyecciones por ciclo de inyección. La aguja del inyector se cierra con asistencia hidráulica y asegura así un rápido fin de la inyección. (Bosch, 2005, p.7)

2.6.2. Componentes

El sistema de inyección Common Rail CRDI se divide en dos partes: el circuito de baja presión y el circuito de alta presión.

a) Circuito de baja presión

(Casanova, 2014) refiere que el combustible se encuentra en un depósito el cual es aspirado por una bomba de transferencia que suministra a todo el sistema. Las impurezas son filtradas por un filtro para evitar el prematuro desgaste de los componentes de precisión y el combustible sobrante retorna al depósito de combustible. La bomba que alimenta el sistema puede ser una electrobomba (bomba celular de rodillos), o una bomba de engranajes la cual es accionada mecánicamente. El funcionamiento de esta bomba es absorber el combustible desde el depósito y abastecer de manera continua la cantidad requerida por la bomba de alta presión. Todo lo que conlleva a la parte del sistema de baja presión está constituida por los siguientes

elementos visualizados en la figura 10: 1. Depósito de combustible, 2. Filtro previo, 3. Bomba previa, 4. Filtro de combustible, 5. Tubería de combustible de baja presión, 6. Sector de baja presión de la bomba de alta presión, 7. Tubería de retorno de combustible, 9. Unidad de control.

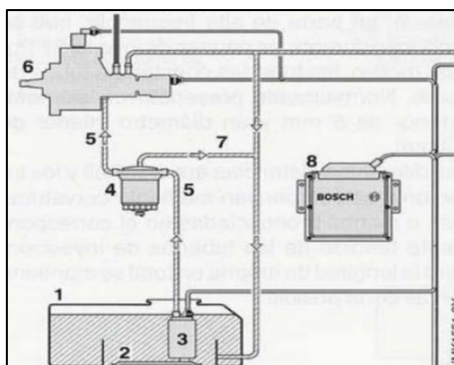


Figura 10. Sistema de baja presión

Fuente: (Casanova, 2014)

- **Depósito de combustible**

(Casanova, 2014) afirma que los depósitos de combustible tienen que ser resistentes a la corrosión y mantener una estanqueidad incluso sometido a una sobrepresión de hasta 0,3 bares. La sobrepresión que se produce debe liberarse por sí sola a través de aberturas y valvulas de seguridad. El combustible, aunque este en una posición inclinada, circulando por terrenos con varias curvas o en caso de siniestro no debe salir por la tapa de llenado ni tampoco por los dispositivos de compensación de presión.

- **Cañerías de baja presión**

(Casanova, 2014) afirma que para la parte de baja presión pueden aplicarse tuberías de acero como también tuberías flexibles con una armadura mallada de acero las cuales no sean inflamables. Las tuberías deben estar colocadas de manera que no

haya daños mecánicos y el combustible que fugue o se evapore no pueda acumularse ni llegar a inflamarse. En caso de siniestro del vehículo las tuberías no deben llegar a afectar su funcionamiento. Todo elemento que conduzca combustible debe estar protegido contra el calor para que no perturbe en el funcionamiento del mismo.

- **Bomba previa**

(Casanova, 2014) aporta que La bomba eléctrica de combustible es responsable del suministro de combustible a la bomba de alta presión. Comenzando con el proceso de arranque del motor, la bomba eléctrica funciona continuamente independiente de las revoluciones del motor. Esto significa que la bomba suministra combustible constantemente desde el tanque de combustible, a través del filtro a la bomba de alta presión. El exceso de combustible puede fluir de vuelta al tanque a través de una válvula de sobre flujo. Un circuito de seguridad está provisto para prevenir el suministro de combustible en caso que el encendido estuviera en ON con el motor detenido. (p.18)

En la figura 11 se puede apreciar una bomba celular de rodillos con sus partes: 1. Lado de aspiración, 2. Disco de rotor, 3. Rodillo, 4. Placa básica, 5. Lado de impulsión.

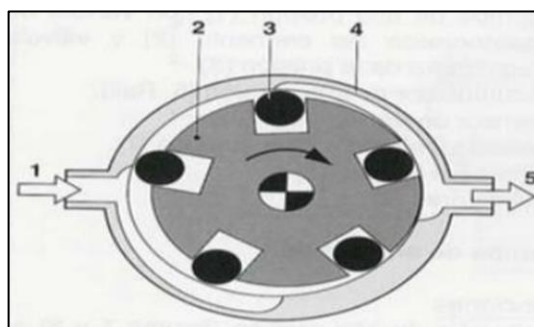


Figura 11. Bomba celular de rodillos

Fuente: (Casanova, 2014)

(Casanova, 2014) aporta que las bombas eléctricas de combustible en los vehículos KIA están disponibles en “la línea de combustible” o en “el tanque de combustible”. Las bombas de combustible en la línea están instaladas fuera del tanque, entre el tanque y el filtro de combustible. Estas están fijadas al piso del vehículo. Por otro lado, las bombas de combustible en el tanque están instaladas al interior del mismo, mediante un anclaje especial. Además de las conexiones eléctricas e hidráulicas exteriores, este anclaje usualmente incorpora una malla de filtro, un indicador de nivel de combustible y un depósito de turbulencia que actúa como reserva de combustible. (p.18)

En la figura12 observamos una bomba eléctrica de combustible la cual nos muestra sus partes: A. Elemento de bomba, B. Electromotor, C. Tapa de conexión. 1. Lado de impulso, 2. Inducido del motor, 3. Bomba celular de rodillos, 4. Limitador de presión, 5. Lado de aspiración.

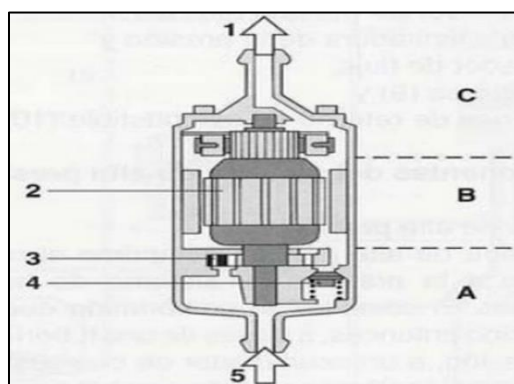


Figura 12. Bomba eléctrica de combustible

Fuente: (Casanova, 2014)

(Casanova, 2014) afirma que en ciertos modelos una bomba de combustible del tipo engranajes se usa para suministrar combustible a la bomba de alta presión del riel común. Está integrada con la bomba de alta presión y comparte el sistema de

accionamiento. Los principales componentes son dos engranajes que giran en sentido contrario y que permanecen acoplados uno con el otro cuando están rotando, en estos el combustible es atrapado en las cámaras formadas entre los dientes del engranaje y la pared de la bomba y transportado hacia la salida (lado de presión). La línea de contacto entre los engranajes giratorios suministra el sello entre los extremos de succión y presión de la bomba y previene el flujo inverso del combustible. La cantidad de entrega de la bomba de combustible del tipo engranajes es prácticamente proporcional a la velocidad del motor. La bomba del tipo de engranajes es libre de mantención. Para purgar el sistema de combustible antes del primer arranque, o cuando el estanque se ha quedado vacío, se puede instalar una bomba manual directamente a la bomba de engranajes o en la línea de baja presión. (p. 19)

A continuación, se muestra en la figura 13 una bomba de engranajes: 1. Lado de aspiración, 2. Rueda dentada de accionamiento, 3. Lado de impulsión.

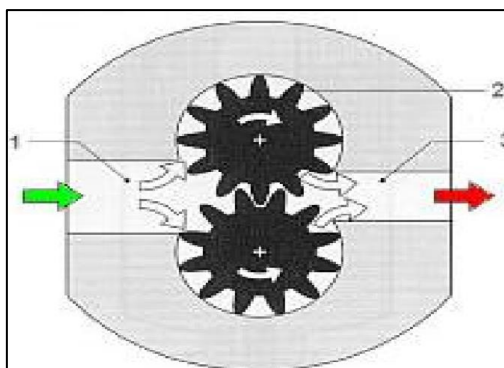


Figura 13. Bomba de engranajes

Fuente: (Casanova, 2014)

- **Filtro de combustible**

(Casanova, 2014) afirma que las impurezas del combustible pueden provocar daños en los componentes de bomba, válvulas de impulsión y toberas de inyección. La aplicación de un filtro de combustible adaptado especialmente a las exigencias de la instalación de inyección es, por lo tanto, condición previa para un servicio sin anomalías y una prolongada vida útil. El combustible puede contener agua en forma ligada (emulsión) o no ligada (formación de agua de condensación debida al cambio de temperaturas). Si el agua ingresa dentro del sistema de inyección, puede producirse daños por corrosión. El sistema de inyección de acumulador Common Rail requiere, por lo tanto, como otros sistemas de inyección, un filtro de agua. El agua debe vaciarse en los intervalos correspondientes. (p. 20)

Sin el filtro de combustible el paso de impurezas acelera el deterioro del sistema y producto a eso el motor puede consumir más combustible y los gases contaminantes se pueden elevar. También es necesario un filtro de agua para el sistema ya que como es un sistema de alta presión al momento que esta al contacto con el agua se corroe y dificulta su normal funcionamiento.

En la figura 14 se aprecia un filtro de combustible con numeración de sus partes: 1. Tapa de filtro, 2. Entrada de combustible, 3. Cartucho filtrante de papel, 4. Cuerpo, 5. Recinto acumulador de agua, 6. Tornillo de vaciado de agua, 7. Salida de combustible.

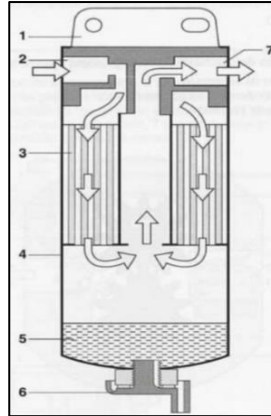


Figura 14. Filtro de combustible

Fuente: (Casanova, 2014)

b) Circuito de alta presión

(Casanova, 2014) afirma que la parte de la alta presión de este sistema Common Rail está compuesta por tres partes: la primera que es la generación de combustible, acumulación de presión y dosificación de combustible. En la cual la generación de presión es llevada a cabo por la bomba de alta presión, el conducto común llamado riel es el que tiene el trabajo de acumulación de presión con la ayuda del sensor de presión y la válvula reguladora o limitadora de presión. Los inyectores son los que inyectan combustible de forma correcta respecto al momento y volumen de inyección. Todo el circuito está conectado mediante tuberías de alta presión.

En la figura 15 se puede apreciar un circuito de alta presión con los siguientes componentes: 1. Bomba de alta presión, 2. Válvula de desconexión del elemento, 3. Válvula reguladora de presión, 4. Tuberías de combustible de alta presión, 5. Acumulador de alta presión (Riel), 7. Válvula limitadora de presión, 8. Limitador de Flujo, 9. Inyector, 10. Unidad de control.

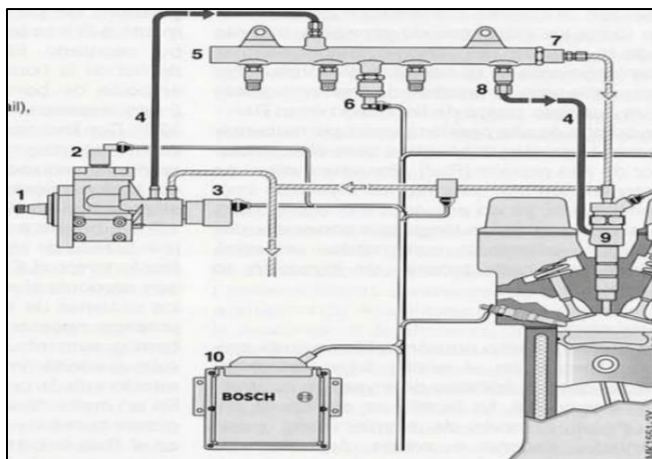


Figura 15. Circuito de alta presión

Fuente: (Casanova, 2014)

- **Bomba de alta presión**

(Casanova, 2014) afirma que la bomba de alta presión está localizada entre la parte de baja presión y la de alta presión. Su función es suministrar el combustible necesario al sistema de alta presión. Esto incluye en mantener una cantidad de combustible como reserva para el proceso de arranque rápido y un aumento de presión en el riel.

Como se menciona en el comentario anterior la bomba se encuentra en donde termina el circuito de baja presión y donde comienza el circuito de alta presión y se encuentra en constante funcionamiento eso quiere decir que la bomba genera una presión constante en todo momento al riel.

(Casanova, 2014) afirma que la bomba de alta presión es conducida por el motor mediante un acople (con la mitad de la velocidad del motor, pero a 3000 rpm máximas) y se lubrica con el combustible que bombea. El interior de la bomba de combustible está compuesto por tres bombas de pistón ordenadas radialmente a un ángulo de 120°

entre ellos. Como tres carreras de suministro tienen lugar por cada revolución, solamente se produce un torque reducido en la conducción, por lo que el esfuerzo de la bomba es proporcional a la presión fijada en el riel y a la velocidad de la bomba (cantidad suministrada). Para el giro de un motor de 2 litros a velocidad relativa y con un ajuste de presión de 1350 bar en el riel, la bomba de alta presión necesita 3.8 KW suponiendo que la eficiencia mecánica es de alrededor del 90%. (p.46)

En la figura 16 podemos apreciar una bomba de alta presión marca Bosch con las siguientes partes: 1. Árbol de accionamiento, 2. Leva excéntrica, 3. Elemento de bomba con émbolo de bomba, 4. Recinto del elemento, 5. Válvula de aspiración, 6. Válvula de desconexión del elemento, 7. Válvula de salida, 8. Pieza estanqueizante, 9. Empalme de alta presión hacia el riel, 10. Válvula reguladora de alta presión, 11. Válvula de bola, 12. Retorno de combustible, 13. Entrada de combustible, 14. Válvula de seguridad con taladro estrangulador, 15. Canal de baja presión hacia el elemento de bomba.

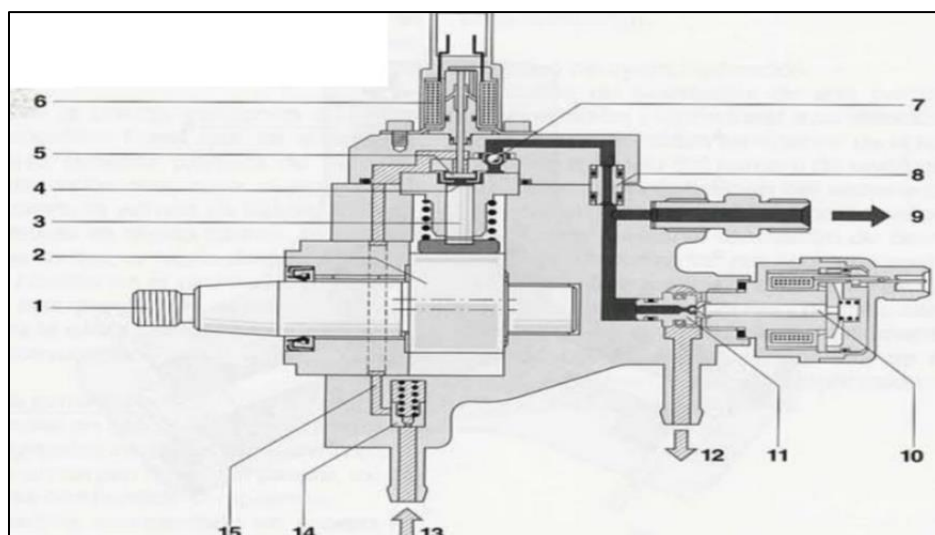


Figura 16. Bomba alta presión marca Bosch

Fuente: (Casanova, 2014)

- **Acumulador de alta presión (Riel)**

(Casanova, 2014) afirma que la función del acumulador de alta presión (Riel) es almacenar combustible a alta presión. Para poder hacer esto debe amortiguarse mediante el volumen que esta acumulado, teniendo oscilaciones las cuales son producidas por causa de la bomba y la inyección. La presión de combustible para todos los cilindros es casi constante aun cuando se retira grandes cantidades de combustible.

(Casanova, 2014) afirma que el riel con limitadores de flujo (opcional) y la posibilidad de montaje adosado para sensor de presión del riel, válvula reguladora de presión y válvula limitadora de presión, puede estar configurado distintamente, debido a las diferentes condiciones de montaje en el motor. (p. 49)

A continuación, en la figura 17 veremos un acumulador de alta presión (Rail) con sus partes: 1. Riel, 2. Afluencia de la bomba de alta presión, 3. Sensor de presión riel, 4. Válvula limitadora de presión, 5. Retorno del riel al depósito de combustible, 6. Limitador de flujo, 7. Tubería hacia el inyector.

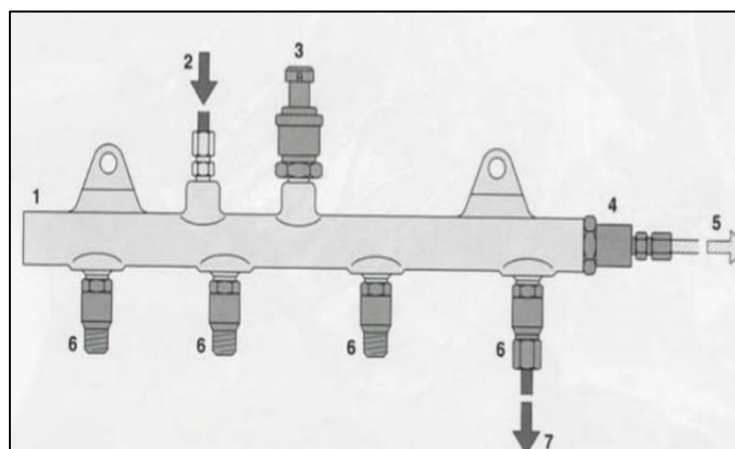


Figura 17. Acumulador de la presión (Rail)

Fuente: (Casanova, 2014)

(Casanova, 2014) afirma que el volumen existente en el riel está lleno continuamente con combustible sometido a presión. La capacidad de compresión del combustible conseguida con la elevada presión, se aprovecha para obtener un efecto de acumulador. Al extraer combustible del riel para una inyección, se mantiene casi constante la presión en el acumulador de alta presión. Igualmente se amortigua, es decir, se compensan las oscilaciones de presión procedentes de la alimentación pulsatoria por la bomba de alta presión. Dependiendo de las condiciones, tales como la carga del motor, el módulo de control del motor (ECM) necesita aumentar, reducir o mantener la presión dentro del acumulador (riel). Se aplica diferentes tipos de estrategias de control de presión del riel entre los modelos y motores. En general, el ECM observa la señal del sensor de presión del riel y compara su valor con el valor de presión del riel objetivo. (p. 50)

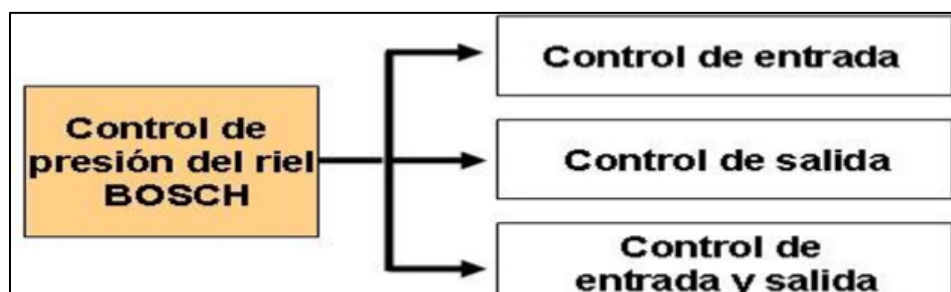


Figura 18. Esquema de control de presión

Fuente: (Casanova, 2014)

- **Inyectores**

(Casanova, 2014)

Afirma que en el sistema de inyección diésel Common Rail, los inyectores están conectados al conducto común mediante tuberías de combustible de alta presión de

escasa longitud. El estanqueizado de los inyectores hacia la cámara de combustión se lleva a cabo mediante una arandela estanquizante de cobre. Los inyectores van montados en la culata mediante elementos de fijación. Los inyectores Common Rail son adecuados para su montaje recto/ oblicuo, según la versión de los inyectores, en los motores diésel de inyección directa. La característica del sistema es la generación de la presión de inyección independientemente del número de revoluciones del motor y del caudal de inyección. El comienzo de inyección y el caudal de inyección se controlan mediante el inyector activado eléctricamente. El momento de inyección se controla con el sistema ángulo – tiempo de la regulación electrónica diésel. Para ello se precisan dos sensores del número de revoluciones, montados uno en el cigüeñal y otro en el árbol de levas para la identificación de los cilindros (identificación de fases).

La disminución de las emisiones de gases de escape y la reducción permanente del nivel de ruidos de los motores diésel exige una preparación de la mezcla óptima, por lo que a los inyectores se les exige caudales de preinyección e inyecciones múltiples muy pequeñas. El inyector puede dividirse en distintos bloques funcionales: el inyector de orificios (toberas), el servosistema hidráulico y la electroválvula. (p. 53)

En la figura 19 se puede apreciar las partes de los inyectores como su estado tanto en reposo (cerrado) o en inyección (abierto): a. Inyector cerrado (estado de reposo), b. Inyector abierto (inyección). 1. Retorno de combustible, 2. Conexión eléctrica, 3. Unidad de activación (electroválvula), 4. Afluencia de combustible (alta presión) del riel, 5. Bola de válvula, 6. Estrangulador de salida, 7. Estrangulador de entrada, 8. Cámara de control de válvula, 9. Émbolo de control de válvula, 10. Canal de afluencia hacia el inyector, 11. Aguja del inyector.

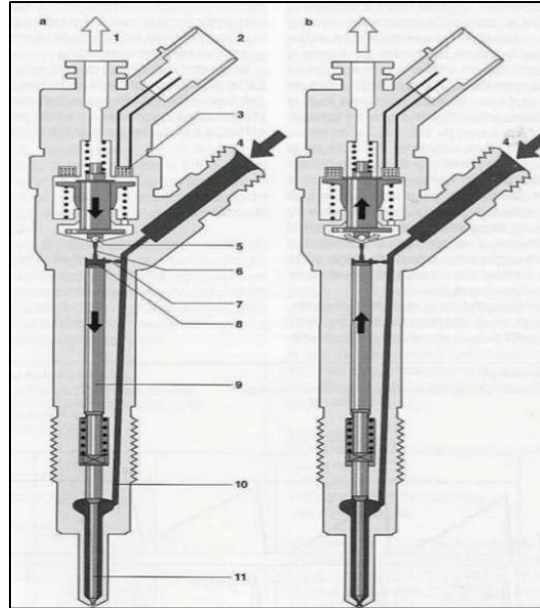


Figura 19. Inyector

Fuente: (Casanova, 2014)

2.7. Unidad de control

(Noboa & Vargas, 2017) afirma que por sus siglas en inglés ECU (unidad de control electrónica) es permitir el accionamiento del inyector a altas velocidades. La ECU dispone de un dispositivo que genera alta tensión (convertidor DC/DC) y el cual esta alta tensión genera es suministrada a los inyectores para su accionamiento a altas velocidades.

(Casanova, 2014) afirma que la estructuración de las unidades de control para la utilización en vehículos es de forma similar. La estructuración se puede dividir en: señales de entrada, procesamiento lógico en el micro - ordenador y la preparación de niveles de lógica o de potencia las cuales son señales de control o de regulación.

La unidad de control electrónico (ECU) está formada por tres elementos de funcionamiento: el proceso de obtención de señales el cual es elaborado por cada sensor que tiene el sistema CRDI, el procesamiento de datos que es elaborado por una programación que interpreta el voltaje dado por cada sensor e interpreta la información y la ejecución del accionamiento de los actuadores los cuales son accionados dependiendo de los requerimientos necesarios del motor.

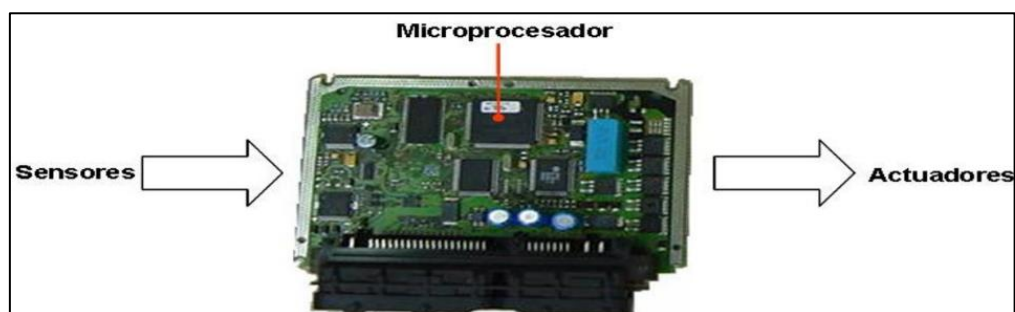


Figura 20. Unidad de control electrónico

Fuente: (Casanova, 2014)

(Casanova, 2014) afirma:

“La unida de control electrónico (ECU) tiene cuerpo metálico. Los sensores, actuadores y suministro de energía están conectados a la ECU mediante un conector de terminales multipolar. Los componentes de energía que activan directamente los actuadores están integrados en la ECU de tal manera que ellos pueden disipar de manera eficiente su temperatura al cuerpo de la ECU” (p. 64).

(Casanova, 2014) afirma:

La Unidad de Control del Electrónico (ECU) evalúa las señales recibidas desde los sensores externos y las limita a un nivel de voltaje permisible. Con los datos de

entrada y con los mapas característicos almacenados, el microprocesador de la ECU calcula la cantidad y tiempo de inyección. Las señales de salida desde el microprocesador de la ECU se utilizan para controlar las etapas de conducción que suministran la energía apropiada para conmutar los actuadores que controlan la presión del riel y cambiar el interruptor a OFF. Adicionalmente, son accionados los actuadores para el funcionamiento del motor (por ejemplo, el actuador EGR, relé para bomba eléctrica de combustible, etc.), así como para aquellas otras funciones auxiliares tales como el relé de bujías incandescentes o del aire acondicionado.

(p. 41)

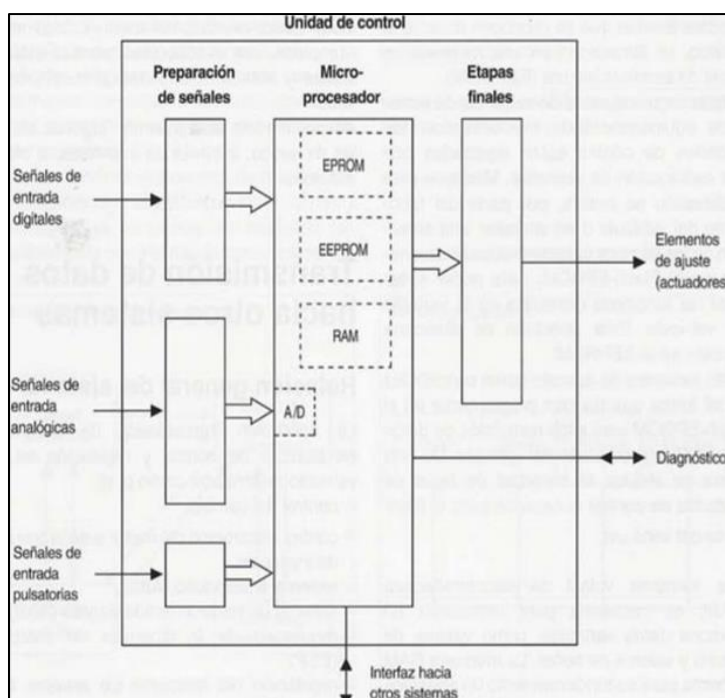


Figura 21. Procesamiento de señales

Fuente: (Casanova, 2014)

(Casanova, 2014) afirma:

La ECU evalúa las señales recibidas desde los sensores y las limita a un nivel de voltaje permisible. La seguridad específica y la respuesta altamente dinámica del motor demanda altos niveles de potencial computacional. Las señales de salida desde el microprocesador de la ECU se usan para activar las etapas de los conductores que proporcionan la energía adecuada para activar los actuadores para el control de presión del riel. Adicionalmente se accionan los actuadores para el funcionamiento del motor tales como el actuador EGR, el actuador de presión del turbo, bomba eléctrica de combustible, etc. (p. 42)

(Casanova, 2014) aporta:

La unidad de control electrónica registra la posición del pedal acelerador y el estado de servicio actual del motor y del vehículo con ayuda de los sensores. Estos sensores se encargan de medir, entre otras cosas: el ángulo y número de revoluciones del cigüeñal, la presión existente en el conducto común, la presión de sobrealimentación, la temperatura del aire de admisión, del líquido refrigerante y del combustible, la masa de aire aspirada, la velocidad de marcha, etc. La unidad de control evalúa las señales de entrada y calcula de forma sincronizada con la combustión las señales de activación para la válvula reguladora de presión o la unidad de dosificación, los inyectores y los restantes elementos de regulación. (p. 42)

2.8. Sensores

2.8.1. Sensor del pedal del acelerador APP

(Casanova, 2014) afirma que:

“En contraste con la distribución convencional y las bombas de inyección en línea, con el control electrónico diésel la aceleración requerida por el conductor ya no se transmite directamente a la bomba de inyección a través de cable o varillaje mecánico, sino que es registrada por un sensor del pedal del acelerador y transmitida luego a la ECU” (p. 43).

(Casanova, 2014) afirma que:

Dependiendo del sistema y modelo aplicado, se utilizan diferentes tipos de sensores de pedal de acelerador. Estos tipos son referidos como conjunto sensor o módulo. El rol principal del APP es medir la posición del pedal del acelerador. Es del tipo potenciómetro con dos resistencias. El sensor de posición contiene dos potenciómetros que varían el voltaje de entrada al módulo de control basado en la posición del ángulo del eje del sensor. Los patines colectores están montados en el eje del sensor de posición y se mueven sobre las resistencias trazadas en relación con los movimientos de eje. Hay dos potenciómetros diferentes para asegurar que la información del sensor sea precisa. (p. 44)

Como se menciona anteriormente el sensor de posición del pedal de aceleración consta con dos potenciómetros que miden la posición del pedal de acelerador de forma diferente o de posiciones diferentes el uno de abajo hacia arriba y el otro de arriba hacia

abajo esto permite al sensor tener una posición exacta del pedal y cuando un potenciómetro se dañe el otro potenciómetro lo suplante.

a) Valores de voltaje

En la tabla podemos visualizar los valores de voltaje de cada potenciómetro:

Tabla 5

Valores del voltaje de salida del APP1 y APP2

CONDICIÓN	POTENCIOMETRO 1	POTENCIOMETRO 2
RALENTÍ	0.6 – 0.9 V	0.25 – 0.6 V
CARGA	3.6 – 4.6 V	1.6 -2.5 V

Fuente: (Casanova, 2014)

Casanova (2014) afirma:

“Ambos potenciómetros están alimentados con 5V, pero la señal al módulo de control es siempre el doble en el potenciómetro 1 que el potenciómetro 2 (0 ~ 5V en el uno y 0 ~ 2.5V en el otro). Esto asegura tanto la función como el diagnóstico del sensor. (p.45)”

b) Distribución de pines

En la imagen se muestra la distribución de pines del sensor de posición del pedal del acelerador:

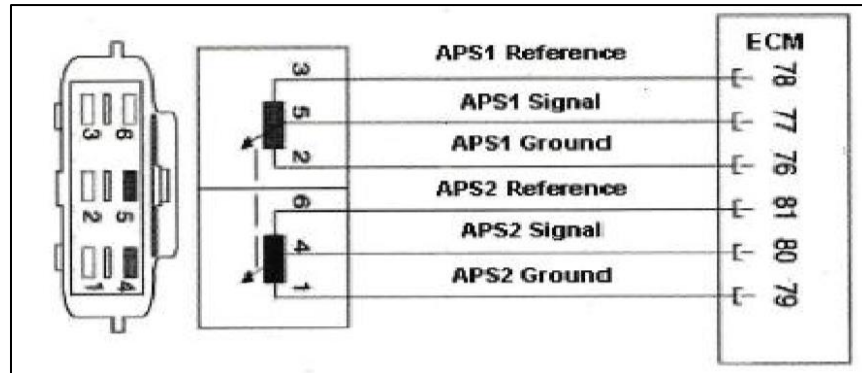


Figura 22. Distribución de pines

Fuente: (Casanova, 2014)

También podemos observar la forma de ondas que tiene cada potenciómetro tanto en ralentí como en condición de carga.

c) Formas de onda

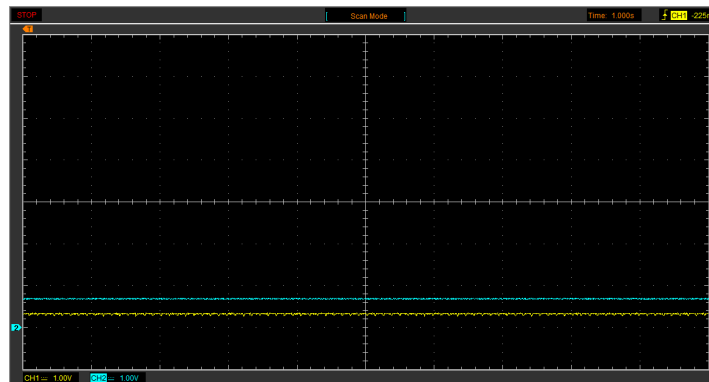


Figura 23. Forma de onda bajo condiciones de ralentí

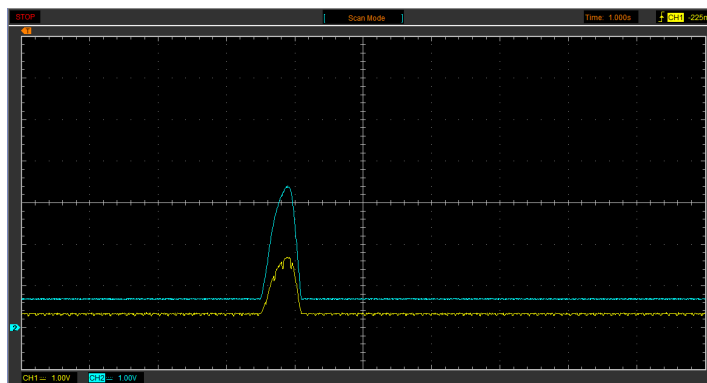


Figura 24. Forma de onda bajo condiciones de carga

d) Códigos de falla DTC

A continuación, se van a presentar los códigos de falla más comunes que hay en el sensor de posición del acelerador APP:

P0120: Circuito defectuoso sensor posición pedal acelerador o mariposa 1

P0121: Rendimiento incorrecto del sensor posición pedal acelerador o mariposa 1

P0122: Señal baja del sensor posición pedal acelerador o mariposa 1

P0123: Señal alta del sensor posición pedal acelerador o mariposa 1

P0124: Señal intermitente del sensor posición pedal acelerador o mariposa 1

P0222: Señal baja Sensor de posición del acelerador o mariposa 2

P0223: Señal alta Sensor de posición del acelerador o mariposa 2

P0224: Señal intermitente Sensor de posición del acelerador o mariposa 2

P0225: Sensor de posición del acelerador 3/mariposa 3- Circuito defectuoso

P0226: Rendimiento incorrecto Sensor de posición del acelerador 3/mariposa 3

P0227: Señal baja Sensor de posición del acelerador 3/mariposa 3

P0228: Señal alta Sensor de posición del acelerador 3/mariposa 3

P0229: Señal intermitente Sensor de posición del acelerador 3/mariposa 3

Estos códigos obd refieren a un fallo en el sistema del acelerador o en la mariposa de admisión. Según el código se marca como señal baja, alta o intermitente e incluso un rendimiento incorrecto del sensor. (*Kia Motors*, 2014)

2.8.2. Sensor de presión del riel FRP

(Barros & Pulla 2016) afirman:

La composición del sensor de presión del riel es de material piezoeléctrico, siendo un elemento detector de presión de combustible dentro del Common Rail, la señal emitida del sensor permite a la Unidad de control electrónica ECU interpretar y calcular el tiempo y cantidad de combustible de inyección, actuando, así como retroalimentación para el control de la presión del sistema.

(Cueva & Zúñiga, 2016) aportan:

El sensor de presión está unido al riel y en contacto permanente con el combustible del riel, su principal función es monitorear la presión en el interior del riel en cada instante con rapidez y exactitud. Su funcionamiento es mediante la variación de tensión aplicada sobre un diafragma resistor que se deforma, la deformación del diafragma es de 1 mm cuando la presión en el interior del riel llega a los 1500 bares, la deformación en el diafragma provoca una alteración en el resistor eléctrico que es alimentado con 5 V. Si la señal del sensor se encuentra debajo de los 0.3 V o es mayor a 4.76 V el

sistema ingresará en fase de emergencia y la presión de combustible en el riel será constante de 400 bares. (p. 19)

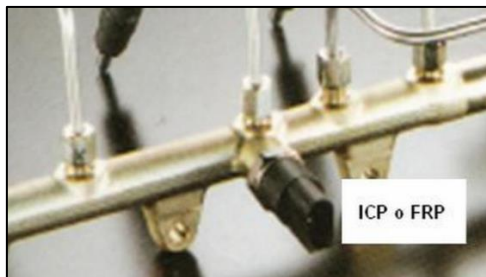


Figura 25. Sensor de presión del riel FRP

Fuente: (Cueva & Zúñiga, 2016)

(Barros & Pulla 2016) afirman:

“Esta tensión es de orden 0 mV a 70mV (de acuerdo con la variación de presión) y es amplificada por el circuito evaluador hasta un margen de 0.5V a 4.5V” (p.37).

a) Valores de voltaje

En la figura 26 podemos observar el comportamiento del voltaje de salida respecto a la presión en el riel.

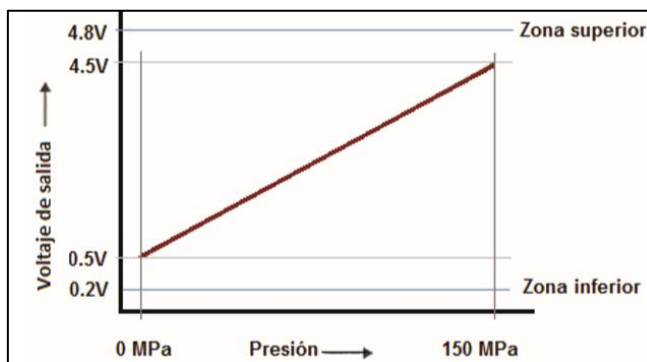


Figura 26. Diagrama de voltaje de salida en función de la presión del riel

Fuente: (Barros & Pulla, 2016)

En la tabla 6 podemos observar de forma más detallada los valores de voltaje de acuerdo a la carga del motor y presión del riel

Tabla 6

Valores del voltaje de salida FRP

CARGA (RPM)	PRESION (BAR)	VOLTAJE (V)
CONTACTO DADO	0	0.5
RALENTÍ	300	1.2
3000	600	2.0
PLENA CARGA	1300	4.3
CIRCULANDO		

Fuente: (Cueva & Zúñiga, 2016)

b) Distribución de pines

(Barros & Pulla, 2016) aportan:

El sensor de presión del riel FRP este compuesto por tres cables que conectan a la computadora, tal como lo son todos los sensores de presión, el primer cable es el de alimentación al sensor de 5V., el segundo es el cable de señal del sensor a la unidad de control electrónico ECU y el tercero que es el de masa del sensor. Cuando el motor se encuentre detenido la señal de voltaje que nos dará el sensor será de 0.5V. aproximadamente. Cuando se realice el arranque este voltaje subirá a 1V. o más. La constatación de este voltaje nos dará la certeza de que si hay presión suficiente en el riel para la apertura de los inyectores.

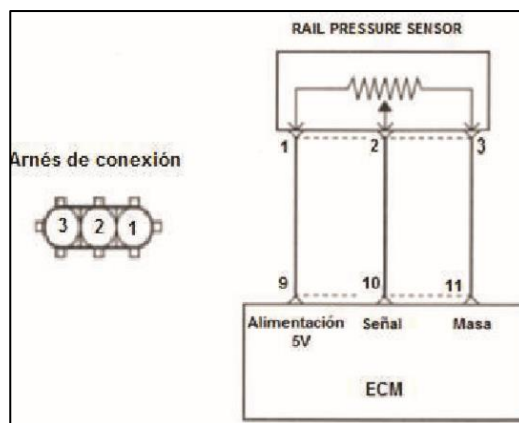


Figura 27. Esquema eléctrico del sensor de presión FRP

Fuente: (Barros & Pulla, 2016)

En la tabla 7 se puede describir detalladamente los pines del sensor:

Tabla 7

Pines del sensor de presión del riel FRP

ECU	SENSOR	CABLE
Pin 9	Pin 1	ROSADO
Pin 10	Pin 2	VERDE
Pin 11	Pin 3	NARANJA

Fuente: (Barros & Pulla, 2016)

c) Formas de onda

En las siguientes figuras se puede apreciar las formas de onda a condiciones normales y carga:

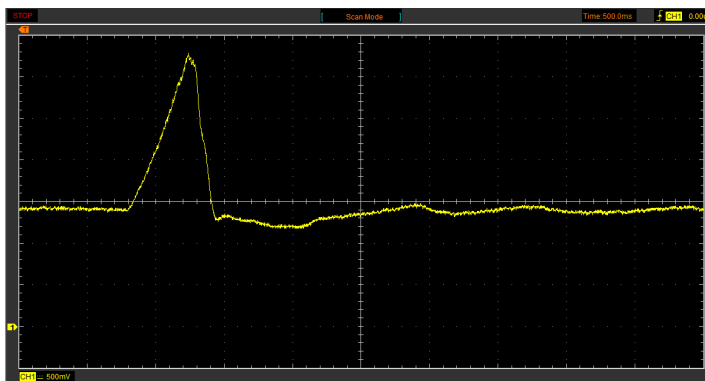


Figura 28. Forma de onda del sensor de presión del riel

d) Códigos de falla DTC

A continuación, se van a presentar los códigos de falla más comunes que hay en el sensor de presión del riel FRP:

P0190 – Circuito defectuoso en el sensor de presión de la rampa de combustible.

P0191 – Rendimiento incorrecto en el sensor de presión de la rampa de combustible.

P0192 - Señal baja en el sensor de presión de la rampa de combustible.

P0193 - Señal alta en el sensor de presión de la rampa de combustible.

P0194 - Señal intermitente en el sensor de presión de la rampa de combustible,

Según el código se marca como señal baja, alta o intermitente e incluso un rendimiento incorrecto del sensor. (*Kia Motors*, 2014)

2.8.3. Sensor de flujo de masa de aire MAF + sensor de temperatura de aire IAT

(Casanova, 2014) afirma:

La principal tarea del sensor de masa de aire (MAF) es medir el flujo de aire al motor y la temperatura del aire. El medidor de flujo es del tipo láminas con resistores sensibles a la temperatura, posee una unidad de medición ubicada en el centro del ducto de aire. Una pequeña porción de aire de admisión pasa a través del ducto a un diafragma de silicio, que mide la relación del flujo y la dirección. Una red de resistencias sensibles a

la temperatura y una resistencia para el calefactor están grabadas en el diafragma. El resistor del calefactor está ubicado en el centro junto con el sensor de temperatura que controla al calefactor. Las resistencias de medición están localizadas simétricamente a cada lado de la zona de calefacción. Si no pasa aire por el diafragma, el calor disminuirá linealmente desde el centro hacia los bordes y todas las resistencias medirán la misma temperatura. (p.48)

(Casanova, 2014) afirma:

Cuando pasa aire por el diafragma, el borde y las resistencias de medición más cercanas a la entrada de aire se enfriarán mientras que las resistencias en el lado opuesto de la zona de calefacción mantendrán su temperatura debido a que el aire se calienta cuando pasa por esta zona. La diferencia en el valor de resistencia es comparada con la lectura del sensor de temperatura en la zona de medición en un amplificador de medición y procesador de la señal. De esta forma, el sensor de flujo de masa de aire es capaz de determinar la amplitud y la dirección del flujo de aire. La temperatura del aire de admisión se mide con un resistor NTC y es utilizada por la ECU para ejecutar la corrección del control EGR y cantidad de inyección de combustible. (p.49)

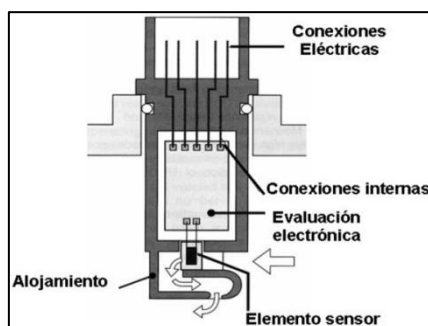


Figura 29. Esquema de partes del sensor MAF+IAT

Fuente: (Casanova, 2014)

(Lema & López, 2016) afirma:

Su funcionamiento se basa en una resistencia conocida como hilo caliente, esta resistencia se calienta con un voltaje que recibe de la ECU a unos 200°Centigrados. (p. 46)

a) Valores de voltaje

(Lema & López, 2016) afirma:

Cuando el aire aspirado enfría la resistencia esta varía su voltaje, mediante el cual la ECU puede dosificar la cantidad de combustible. Este sensor funciona con una alimentación de 12 voltios la señal del sensor va desde 1.98 voltios en ralentí y a plena carga 3.5 voltios. La señal del sensor IAT es de 2.18 voltios a temperatura ambiente. (p.47)

En la tabla 8 podemos apreciar los voltajes del sensor a diferentes condiciones:

Tabla 8

Voltajes del sensor MAF+IAT

	EN CONTACTO	RALENTÍ	PLENA CARGA
ALIMENTACIÓN	12 V	Pin 1	12 V
SEÑAL MAF	5 V	Pin 2	4 V a 4.5 V
SEÑAL IAT	2.5 V a 4 V	TEMPERATURA	AMBIENTE

Fuente: (Lema & López, 2016)

b) Distribución de pines

El sensor MAF+IAT consta con cinco cables de los cuales uno de ellos es alimentación dos son de masa tanto para el sensor MAF como para el sensor IAT y dos son de señal respectivamente para cada sensor.



Figura 30. Distribución de pines MAF+IAT

Fuente: (Casanova, 2014)

En la figura 31 imagen se puede observar el número de cables y pines del sensor y en la tabla se puede apreciar detalladamente la característica de cada pin.

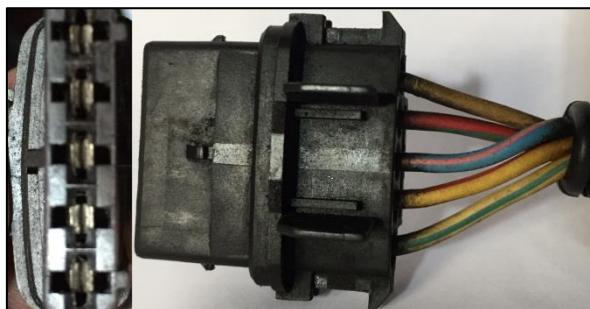


Figura 31. Numeración de cables y pines del sensor MAF+IAT

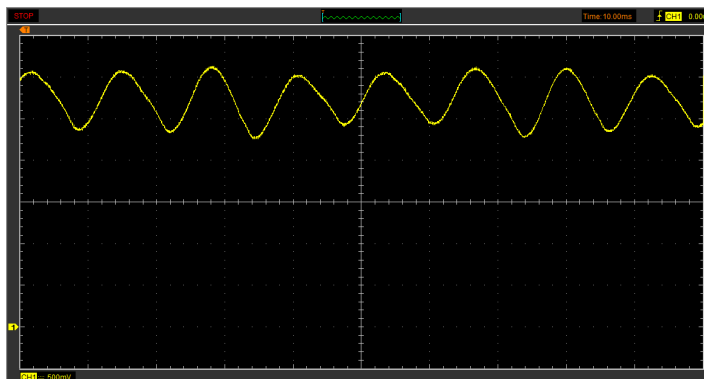
Tabla 9*Voltajes del sensor MAF+IAT*

Nº TERMINALES	CABLE	CARACTERISTICAS
Terminal 1	Negro/Amarillo	Masa IAT
Terminal 2	Plomo	Señal IAT
Terminal 3	Negro	Señal MAF
Terminal 4	Violeta/Amarillo	Masa MAF
Terminal 5	Negro/ Azul	Alimentación

Fuente: (Lema & López, 2016)

c) Formas de onda

En la siguiente figura se puede apreciar la forma de onda que tiene el sensor MAF

**Figura 32.** Forma de onda del sensor de flujo de aire MAF**d) Códigos de falla (DTC)**

A continuación, se van a presentar los códigos de falla más comunes que hay en el sensor de flujo de aire MAF:

P0100: Actividad insuficiente del sensor de caudal de aire (MAF).

P0101: Problema de rango /desempeño del sensor de caudal de aire (MAF).

P0102: Baja frecuencia del sensor de caudal de aire (MAF). (Kia Motors, 2014)

A continuación, se van a presentar los códigos de falla más comunes que hay en el sensor de temperatura del aire de admisión IAT:

P0112: Voltaje bajo del sensor de temperatura del aire de admisión (IAT)

P0113: Voltaje alto del sensor de temperatura del aire de admisión (IAT). (Kia Motors, 2014)

2.8.4. Sensor de posición del cigüeñal CKP

(Casanova, 2014) afirma:

La posición del pistón en la cámara de combustión es decisiva para definir el inicio de la inyección. Un sensor en el cigüeñal suministra información sobre la posición de todos los pistones. (p. 50)

(Lema & López, 2016) concluye:

El sensor de posición del cigüeñal permite determinar el régimen del motor y la posición del pistón en el cilindro y se usa como señal de referencia para detectar el comienzo de la inyección, este sensor consta de un imán que genera un campo magnético, cuando se aplica una corriente de 5 voltios, este campo magnético y esta corriente son interrumpidas, cada vez que un diente del volante pasa cerca del imán del sensor. (p.18)

En la siguiente figura se puede apreciar el esquema del sensor de posición del cigüeñal CKP con sus partes: 1. Imán permanente, 2. Caja, 3. Caja del cigüeñal del motor, 4. Alma de hierro dulce, 5. Bobinado, 6. Rueda dentada.

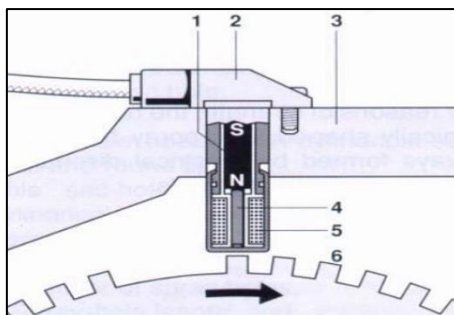


Figura 33. Esquema del sensor de posición del cigüeñal CKP

Fuente: (Casanova, 2014)

a) Valores de voltaje

(Lema & López, 2016) concluye:

Tiene un cable de corriente de 5 voltios, uno derivado a masa, y otro de señal, la señal de 5 voltios es interrumpida varias veces, lo que genera una señal de frecuencia que va de 0 voltios a 5 voltios y la computadora interpreta esta señal como las revoluciones del volante, el volante tiene 60 dientes menos 2 dientes. (p. 18)

b) Designación de pines

El sensor de posición del cigüeñal consta de tres cables los cuales son de alimentación, masa y señal.

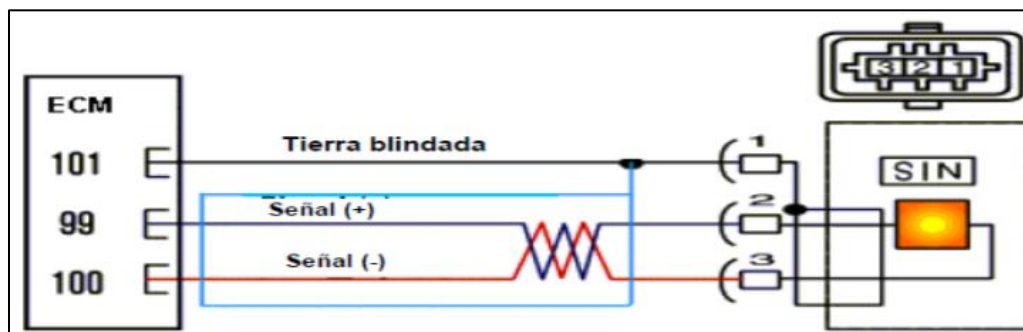


Figura 34. Distribución de pines sensor de posición del cigüeñal CKP

Fuente: (Casanova, 2014)

En la figura 35 se puede observar el número de cables y pines del sensor y en la tabla se puede apreciar detalladamente la característica de cada pin.

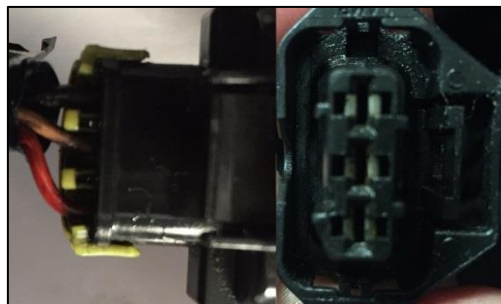


Figura 35. Numeración de cables y pines del sensor de posición del cigüeñal CKP

Tabla 10

Designación de pines del sensor CKP

Nº TERMINALES	CABLE	CARACTERISTICAS
Terminal 1	Negro/Amarillo	Masa
Terminal 2	Azul	Señal
Terminal 3	Verde	Alimentación

Fuente: (Lema & López, 2016)

c) Formas de onda

(Casanova, 2014) afirma:

El sensor está formado por un imán permanente y un núcleo de hierro dulce con un embobinado de cobre. El flujo magnético en el sensor cambia en la medida que pasan por el los dientes y las separaciones, generando un voltaje AC sinusoidal. (p. 50)

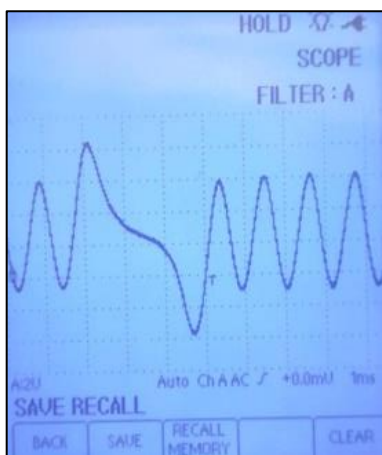


Figura 36. Forma de onda del sensor de posición del cigüeñal CKP

d) Códigos de falla DTC

A continuación, se van a presentar los códigos de falla más comunes que hay en el sensor de posición del cigüeñal CKP:

P0335: No hay señal de referencia del cigüeñal.

P1390: Se saltó un diente o más de la banda de tiempos.

P1391 Señal intermitente de sensores del eje de levas o cigüeñal.

P0340: No hay señal del eje de levas o cigüeñal en la computadora. (Kia Motors, 2014)

2.8.5. Sensor de posición del árbol de levas CMP

(Casanova, 2014) afirma:

El eje de levas controla las válvulas de admisión y escape del motor. Gira a la mitad de velocidad del cigüeñal. Cuando un pistón se mueve en dirección del PMS, la posición del eje de levas determina si está en la fase de compresión con la de

encendido subsiguiente o en la fase de escape. Esta información no se puede generar únicamente con el dato de posición del cigüeñal durante la fase de partida. Por otra parte, durante el funcionamiento normal del motor, la información generada por el sensor del cigüeñal basta para determinar el estado del motor. En otras palabras, esto significa que si el sensor del eje de levas fallara mientras se conduce el vehículo, la ECU aún recibe la información sobre el estado del motor desde el sensor del cigüeñal. El sensor del eje de levas utiliza el efecto electromagnético (Hall) al establecer la posición del eje de levas. (p. 51)

(Casanova, 2014) afirma:

Un diente de material ferromagnético está unido al eje de levas y gira con él. Cuando este diente pasa frente a los discos semiconductores del sensor del eje de levas, su campo magnético desvía los electrones en los discos semiconductores en ángulos rectos a la dirección de la corriente que fluye a través de los discos. Esto da como resultado una señal breve de voltaje (voltaje Hall) que informa al ECM que el cilindro N.º 1 ha ingresado recién a la fase de compresión. (p. 52)



Figura 37. Sensor de posición del árbol de levas CMP

Fuente: (Lema y López, 2016)

a) Valores de voltaje

En la tabla 11 podemos apreciar los siguientes voltajes de cada uno de los pines del sensor.

Tabla 11

Voltajes del sensor de posición del árbol de levas CMP

MEDICION EN	VOLTAJES
Masa	0.01V
Señal	0V a 5V
Alimentación	12V

Fuente: (Lema y López, 2016)

b) Designación de pines

El sensor de posición del árbol de levas CMP consta de tres cables los cuales son de alimentación, masa y señal.

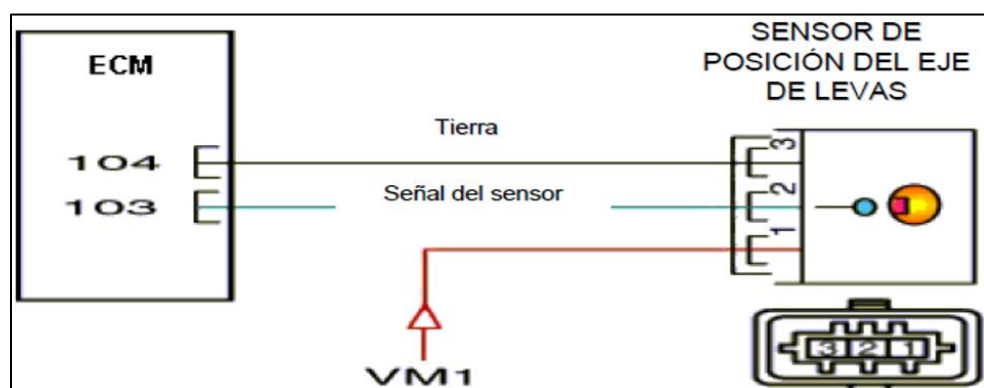


Figura 38. Distribución de pines sensor de posición del árbol de levas CMP

Fuente: (Casanova, 2014)

En la figura 39 se puede observar el número de cables y pines del sensor y en la tabla se puede apreciar detalladamente la característica de cada pin.

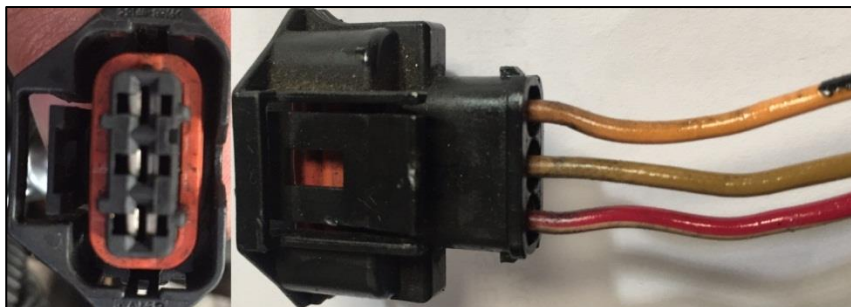


Figura 39. Numeración de cables y pines del sensor de posición del árbol de levas CMP

Tabla 12

Designación de pines del sensor de posición del árbol de levas CMP

Nº TERMINALES	CABLE	CARACTERISTICAS
Terminal 1	Rojo	Masa
Terminal 2	Azul	Señal
Terminal 3	Café	Alimentación

Fuente: (Lema & López, 2016)

c) Formas de onda

Como podemos observar el sensor de posición del árbol de levas es un sensor de efecto Hall por lo que su forma de onda es de forma cuadrada como se puede observar en la figura 40.

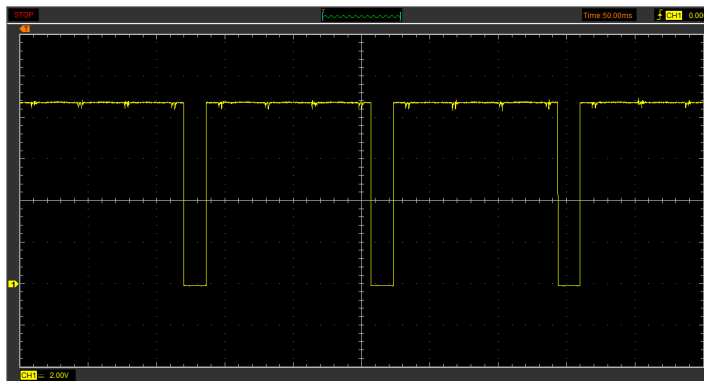


Figura 40. Forma de onda del sensor de posición del árbol de levas CMP

d) Códigos de falla DTC

A continuación, se van a presentar los códigos de falla más comunes que hay en el sensor de posición del árbol de levas CMP:

P0341: Este código refleja una secuencia de inyección incorrecta.

P0342: Advierte que el sensor CMP no tiene señal. (Kia Motors, 2014)

2.8.6. Sensor de temperatura del líquido refrigerante ECT

(Lema & López, 2016) afirma:

El sensor de temperatura del líquido refrigerante ECT tiene como función informar a la ECU de la temperatura de funcionamiento del motor. Este sensor es un termistor, es decir, una resistencia que varía su tensión en función de la temperatura, si el motor este frío la tensión de señal es alta, a medida que el motor se calienta el voltaje va disminuyendo. (p. 41)

(Casanova, 2014) concluye:

“El sensor de temperatura del refrigerante del motor ECT está localizado en el pasaje de refrigerante del motor en la culata” (p.55).

La figura 41 muestra un sensor de temperatura del líquido refrigerante con sus partes: 1. Conexión eléctrica, 2. Cuerpo del sensor, 3. Resistencia NTC, 4. Líquido refrigerante

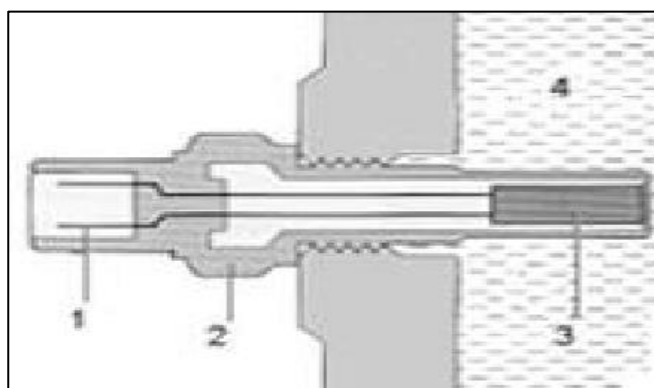


Figura 41. Esquema del sensor de temperatura del refrigerante ECT

Fuente: (Casanova, 2014)

a) Valores de voltaje

En la tabla 13 podemos apreciar los siguientes voltajes de cada uno de los pines del sensor.

Tabla 13

Voltajes del sensor de temperatura del líquido refrigerante ECT

TEMPERATURA	VOLTAJE
10 °C	3.8V
20 °C	3V

CONTINÚA 

60 °C	1.4V
80 °C	0.8V
100 °C	0.45V

Fuente: (Lema & López, 2016)

e) Designación de pines

El sensor de posición del árbol de levas CMP consta de tres cables los cuales son de alimentación, masa y señal.

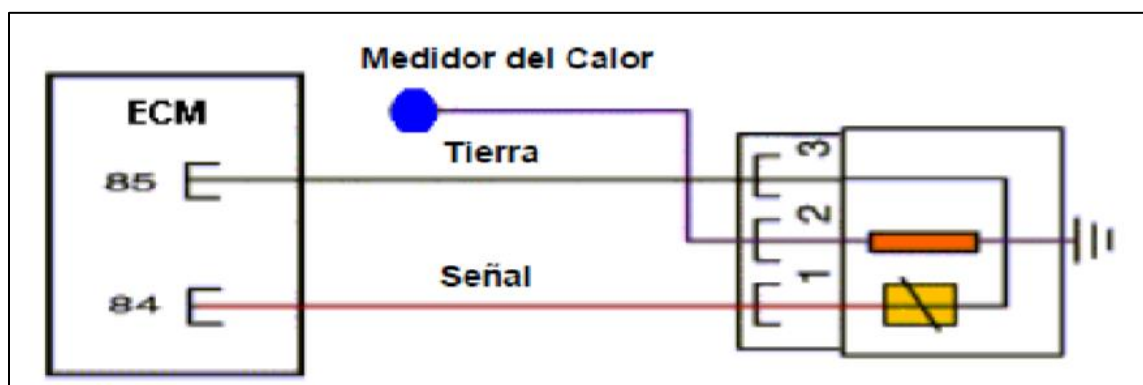


Figura 42. Distribución de pines sensor de temperatura del líquido refrigerante ECT

Fuente: (Casanova, 2014)

En la figura 43 se puede observar el número de cables y pines del sensor y en la tabla se puede apreciar detalladamente la característica de cada pin.

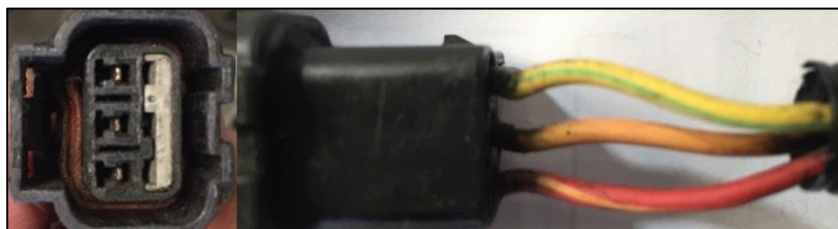


Figura 43. Numeración de cables y pines del sensor de temperatura del líquido refrigerante ECT

Tabla 14

Designación de pines del sensor de temperatura del líquido refrigerante ECT

Nº TERMINALES	CABLE	CARACTERISTICAS
Terminal 1	Amarillo	Alimentación
Terminal 2	Azul	Señal
Terminal 3	Café	Masa

Fuente: (Lema & López, 2016)

f) Formas de onda

En la figura 44 se puede observar la forma de onda de un sensor de temperatura del líquido refrigerante ECT.

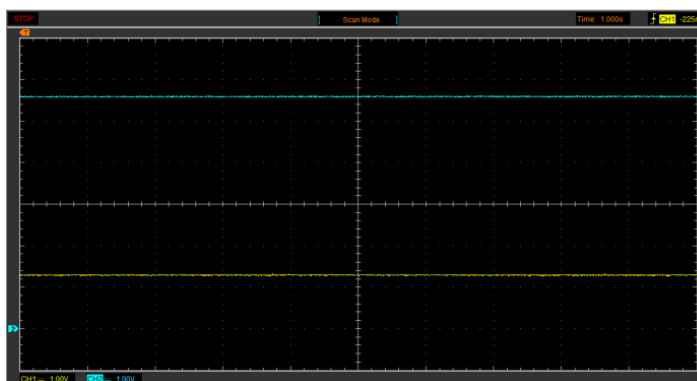


Figura 44. Forma de onda del sensor de temperatura del líquido refrigerante

g) Códigos de falla DTC

A continuación, se van a presentar los códigos de falla más comunes que hay en el sensor de temperatura del líquido refrigerante ECT:

P 0117: Voltaje Bajo en el sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

P 0118: Voltaje Alto en el sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

P 0119: Voltaje intermitente o interrupción intermitente en el sensor de temperatura del refrigerante (ECT). (Kia Motors, 2014)

2.8.7. Sensor de temperatura del combustible (FTS)

(Barros & Pulla, 2016) afirman:

El sensor de temperatura de combustible está ubicado en la línea de entrada de combustible a la bomba de alta presión como muestra en la siguiente figura. El sensor internamente tiene una resistencia que varía de acuerdo a la temperatura del combustible que retorna a través del Common Rail, la señal es convertida en voltaje de entrada para informar a la ECU. (p. 46)

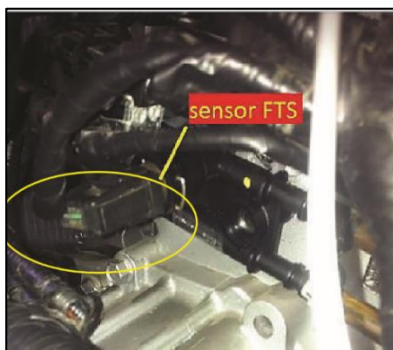


Figura 45. Ubicación del sensor de temperatura del combustible FTS.

Fuente: (Barros & Pulla, 2016)

a) Valores de voltaje

(Barros & Pulla, 2016) afirman:

El sensor usa principios de coeficiente negativo de temperatura, tipo NTC con alta temperatura del combustible varía la tensión a un voltaje bajo, y con una temperatura baja del combustible varía a un voltaje alto de información para la ECU. (p. 46)

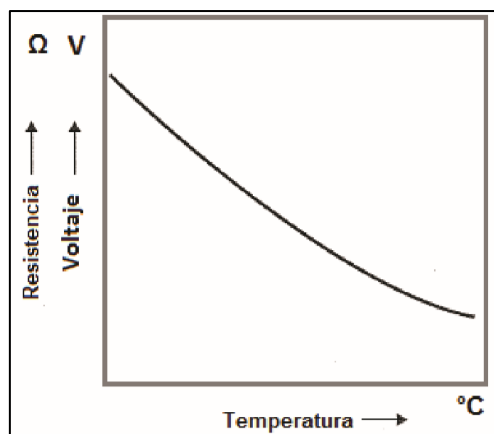


Figura 46. Variación de la resistencia y voltaje en función de la temperatura del FTS.

Fuente: (Barros & Pulla, 2016)

En la tabla 15 podemos observar los voltajes de salida del sensor:

Tabla 15

Voltajes del sensor de temperatura del combustible FTS

TEMPERATURA	VOLTAJE
15 °C	2.5V
20 °C	2.3V
60 °C	0.6V
80 °C	0.3V
90 °C	0.22V

Fuente: (Barros & Pulla, 2016)

b) Designación de Pines

El sensor de temperatura del combustible consta de dos cables los cuales son de alimentación y masa como se muestra en la figura.

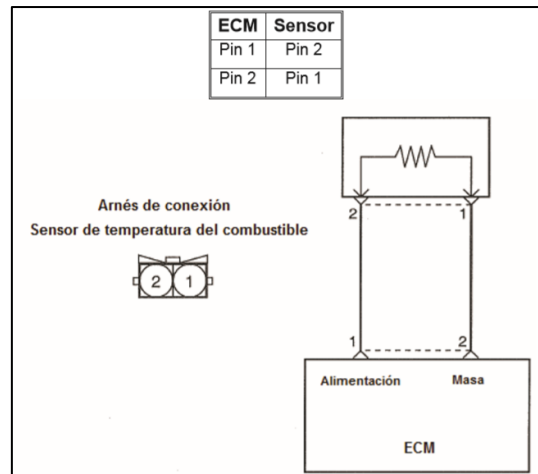


Figura 47. Esquema eléctrico del sensor de temperatura del combustible FTS.

Fuente: (Barros & Pulla 2016)

CAPÍTULO III

3. IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL MOTOR KIA 2.0L TIPO D4EA

3.1. Banco de pruebas

El banco de pruebas fue implementado para el laboratorio de motores de combustión interna y rectificación de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, el cual constan de un motor Kia 2.0L tipo D4EA, que permite realizar el análisis de desempeño del sistema de control electrónico del sistema CRDI, conocer los elementos por los cuales está compuesto y entrenarse en el diagnóstico de códigos de falla que comúnmente se presentan en estos sistemas.

3.1.1. Construcción de la estructura.

Se procedió a tomar las medidas del motor, seguido se cortó y preparo los tubos a las medidas para posteriormente unirlos mediante soldadura por arco eléctrico.

Se preparó las bases del motor para después por medio de pernos proceder a fijar las bases.

Se montó cuatro ruedas para la estructura del banco por medio de soldadura por arco eléctrico.

Se construyó una estructura rectangular la cual se procedió a preparar y posteriormente fue pintada de color negro.



Figura 48. Estructura del banco de pruebas

3.1.2. Montaje del motor.

Una vez lista la estructura se procedió a montar y fijar por medio de pernos el motor en las bases.



Figura 49. Montaje del motor Kia 2.0L tipo D4EA

3.1.3. Ensamblaje de los componentes del motor.

Aquí se procedió a ensamblar el cableado y componentes necesarios para el funcionamiento del motor como son: la unidad de control de motor ECU, el radiador, el pedal del acelerador, el múltiple de admisión, el múltiple de escape, la batería, el tanque de combustible y el filtro de combustible.

Además se realizaron modificaciones al tubo de escape y al tanque de combustible para que su tamaño este dentro de las medidas del banco. También se modificó el tamaño de la banda de accesorios debido a que no se montó el sistema de aire acondicionado por esta razón se colocó una banda más pequeña.

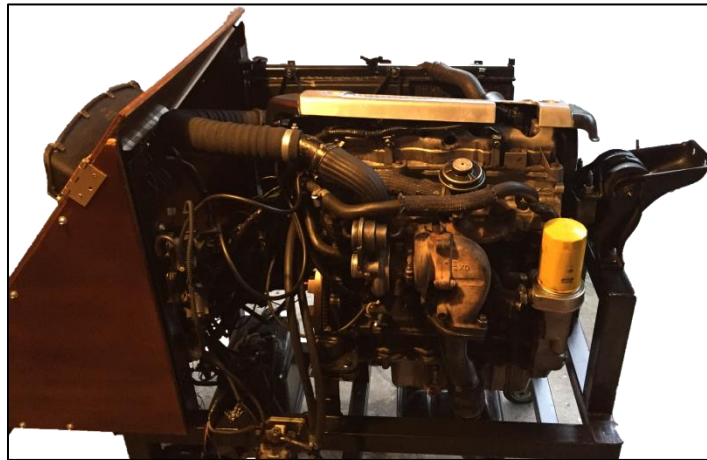


Figura 50. Ensamblaje de los componentes del motor

3.1.4. Construcción del tablero.

Se construyó un tablero de madera en el cual se colocó el tablero de instrumentos del vehículo, un interruptor de encendido de accesorios, un botón de encendido del motor, los conectores de diagnóstico a bordo OBD y los terminales de los sensores que se van a analizar.

Una vez ensamblado los instrumentos en el tablero se procedió a prepararlo y posteriormente fue pintado.



Figura 51. Tablero del banco de pruebas

3.1.5. Acabado.

Una vez ensamblado los componentes del motor, funcionando correctamente se acomodó el cableado con taipes, mangueras y se acopló el cobertor de plástico del motor.

Para darle un buen acabado al banco se procedió a dar un retoque de pintura tanto a la estructura como al tablero y demás componentes que lo necesitaban con el fin de proteger los materiales contra la corrosión para que se conserven por mucho más tiempo.

3.2. Protocolo de pruebas

Aquí se van a detallar los equipos, materiales y protocolos utilizados para realizar el análisis de desempeño del sistema de control electrónico del sistema CRDI del motor Kia 2.0L tipo D4EA.

3.2.1. Equipos.

A continuación se detallan los equipos utilizados para la realización del proyecto de investigación.

A. Osciloscopio OTC 3840F.

Es un dispositivo que permite visualizar, analizar y medir señales eléctricas variables en el tiempo.

Es un instrumento complejo capaz de medir o desplegar en una pantalla una amplia variedad de señales (es esencialmente un voltímetro). Posee esa versatilidad principalmente porque en realidad consiste en un grupo de subsistemas, diseñado cada uno para efectuar una parte de la medición o despliegue.

Dentro de todas las posibilidades de diagnóstico que ofrece el equipo se puede recalcar la posibilidad de medir señales de sensores, computadoras (ECU's), actuadores, redes multiplexadas (CAN BUS) de sistema de motor, ABS, Airbag, inmovilizador, fusibleras electrónicas, instrumental, aire acondicionado y demás sistemas. Como también sistemas de ignición (encendido primario/secundario), pruebas del sistema eléctrico del vehículo entre otras pruebas y mediciones muy interesantes que se verán reflejadas en la rápida detección y solución de la falla del vehículo (Wlodarski, 2017).

Tabla 16

Características del osciloscopio automotriz OTC 3840F

Características del osciloscopio automotriz 3840F OTC	<ul style="list-style-type: none"> • Analizador de 2 canales. • Un cupo de muestreo de 25 MHz por canal para rápidas actualizaciones de datos. • Mediciones y gráficos reales de RMS y GMM (Multímetro gráfico). • Una exclusiva “trampa de fallas” captura, despliega y ocasionalmente salva formas anormales de señal en el modo de analizador para la prueba de componentes. • Comparación en tiempo real entre las formas de ondas reales y formas de onda de referencia en la misma pantalla para la prueba de componentes. • Pruebas preestablecidas permiten al usuario revisar en forma fácil y rápida la mayoría de sensores y actuadores. • La potente información de referencia incorporada para cada prueba preestablecida incluye procedimiento de prueba y patrón de señal normal de referencia, teoría operativa e indicios para la localización de fallas. • Un menú de ayuda extremadamente potente u extenso le permitirá encontrar respuestas rápidamente. • La función simple de ignición secundaria muestra la forma de onda junto con el voltaje de chispa, RPM, tiempo de combustión y voltaje de combustión, todo al mismo tiempo. • La función diésel permite la regulación de las bombas de inyección y rpm, usando los accesorios opcionales diésel. • La interface USB actualiza códigos y datos enviados por Internet.
--	--

Fuente: (AutoAvance, 2012)

Partes del osciloscopio OTC 3840F.

Figura 52. Partes del osciloscopio OTC 3840F

Tabla 17*Partes del osciloscopio OTC 3840F*

Número	Parte
1	Botón de encendido y apagado
2	Conexión de los canales A y B
3	Conexión de cable USB
4	Puerto de carga del osciloscopio
5	Pantalla de visualización
6	Botón "HOLD", que permite capturar la pantalla para una mejor visualización
7	Botones numéricos del 1 al 5, que permiten interactuar con el osciloscopio indicando diferentes opciones como "Select", "Run", "Ok", entre otros
8	Botón "MENU", para regresar al menú principal y escoger la opción a trabajar
9	Botones de dirección, con los cuales se puede desplazar de arriba hacia abajo y de derecha a izquierda para seleccionar o a su vez cambiar las escalas de voltajes y tiempo

Fuente: (Analuisa, et al., 2015)

B. Multímetro TRUPER MUT-105.

Con un contador de hasta 1999 y 3 ½ dígitos, el multímetro MUT-105 es un multímetro digital de mano para pruebas automotrices. Con un diseño único con pantalla de gran tamaño, este multímetro cuenta con características útiles tales como pantalla de símbolos completamente funcional, indicador de conexión y una completa protección contra sobrecargas de prueba. Por estos motivos, surge como un multímetro eléctrico con un desempeño más sobresaliente y seguro que el de otros multímetros. Además de pruebas de intervalos y tacómetro (velocidad de rotación) para automóviles, este multímetro puede emplearse para probar tensión de c.a., tensión de c.c., corriente de c.c., resistencia, diodo y continuidad (TRUPER, 2012).

Tabla 18

Características del multímetro automotriz TRUPER MUT-105

Características del multímetro automotriz TRUPER MUT-105	• Medición de ángulo de contacto de platinos y tacómetro
	• Ángulo de contacto de platinos 4,6,8 cilindros
	• Zumbador de continuidad
	• Cubierta protectora contra impactos y pantalla de cristal líquido
	• Voltaje CA 2V – 750V
	• Voltaje CD 200mV – 1000V
	• Corriente CD 200mA – 10A
	• Resistencia 200Ohm – 20MOhm
	• Batería NEDA1604 de 9V

Fuente: (Cifer, 2019)

Estructura del multímetro TRUPER MUT-105.



Figura 53. Estructura del multímetro

Tabla 19

Estructura del multímetro TRUPER MUT-105

Número	Parte
1	Pantalla de cristal líquido
2	Botón de retención de datos (HOLD)
3	Interruptor giratorio
4	Terminal de entrada
5	Botón de encendido

Fuente: (TRUPER, 2012)

C. Escáner multimarca Autoboss V-30.

Este equipo de diagnóstico abarca la mayor cantidad de modelos de vehículos con más de 40 fabricantes y hasta 148 sistemas por vehículo.

Tienen acceso completo al vehículo, incluyendo: Motor, chasis, cuerpo y redes/módulos de comunicación en vivo de datos y gráficos, realiza actuaciones y programación de llaves, freno de estacionamiento electrónico, restablecer la luz de servicio y mucho más. Fácil de usar con su pantalla VGA táctil a color, interface simple y directa, obtiene la falla rápidamente y eficientemente, constantes actualizaciones y descargas para mantener el sistema a la vanguardia de la tecnología de la industria automotriz (Mechanics, 2019).

Tabla 20

Características del escáner Autoboss V-30

Características del escáner Autoboss V-30	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura a nivel OEM para vehículos asiáticos, americanos y europeos. • Muestra datos en tiempo real, con gráficas y autoanálisis del sistema. • Operación independiente, con enlace a la PC. • Sistema operativo Windows CE de alta estabilidad. • Función de CANBUS y actualizaciones vía internet. • Función especial de codificación ECU. • Multilenguaje Soporte multitarea. • Conexión a la PC vía cable COM para hacer pruebas. • Función de CANBUS a alta y baja velocidad. • Un solo conector OBDII para todos los sockets de 16 pines sin selección y circuito de brinco. • Tarjeta Electrónica de 6 capas, de alta estabilidad y anti disturbios. • Lee y borra códigos de falla. • Activación completa de componentes. • Codificación de nuevos módulos de control. • Muestra gráficos en tiempo real. • Lee y cambia la codificación del ECU. • Reproducción del flujo de datos.
--	--

CONTINÚA 

- Captura y almacenaje de reportes de diagnóstico.
- Estructura en acabado de alta resistencia.
- Diseño industrial que asegura gran estabilidad bajo condiciones extremas de trabajo.
- Inmovilizador Volkswagen y Hyundai.
- NISSAN auto ralentí función de aprendizaje.

Fuente: (Saetanet, 2017)

Partes del escáner Autoboss V-30.



Figura 54. Partes del escáner Autoboss V-30

Tabla 21

Partes del escáner Autoboss V-30

Número	Parte
1	Puerto de alimentación
2	Puerto DLC (Puerto de diagnóstico)
3	Puerto serial
4	USB
5	Indicador de estado de trabajo
6	Interruptor de alimentación
7	Lápiz Óptico
8	Tarjeta SD

D. Osciloscopio Hantek 1008C.

Es un osciloscopio digital portátil que permite convertir un PC en un osciloscopio. Simplemente conectando las sondas y mediante USB conectar el osciloscopio al

ordenador, se conseguirá analizar y solucionar cualquier dispositivo con fallas en el sistema eléctrico (Osciloscopio digital, 2018).

Ofrecer una enorme calidad, permite reducir el precio del producto con respecto a los osciloscopios analógicos o más convencionales (Osciloscopio digital, 2018).

Dispone de una interfaz propia con más de 80 tipos de funciones de diagnóstico que nos ofrece una amplia gama de soluciones o de detectar el problema lo más rápido posible (Osciloscopio digital, 2018).

Tabla 22

Características del osciloscopio Hantek 1008C

Características de Hantek 1008C	
	• Conexión USB 2.0
	• Entrada de prueba de voltaje 10mv/ divi a 5 V/ div max 400V
	• No necesita fuente extra de alimentación
	• Más de 20 tipos de función de prueba automática
	• Software fácil de instalar y usar. Compatible con Windows 7 y Windows XP

Fuente: (AutoExacto, 2019)

Partes del osciloscopio Hantek 1008C.

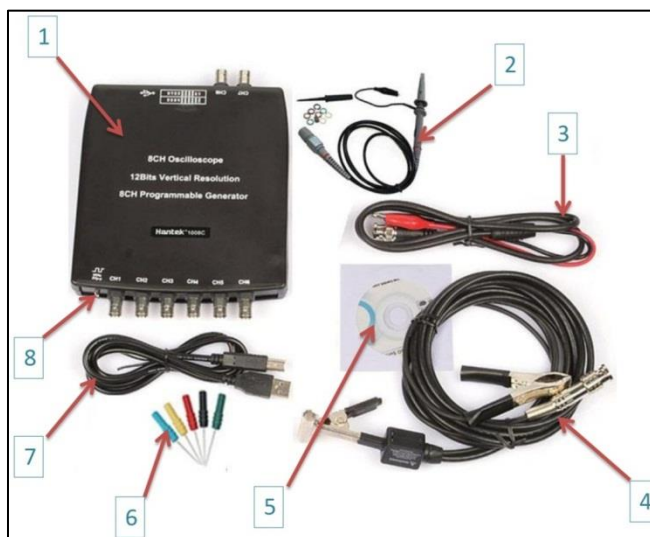


Figura 55. Partes del osciloscopio Hantek 1008C

Tabla 23

Partes del osciloscopio Hantek 1008C

Número	Parte
1	Osciloscopio de 8 canales
2	Sonda de osciloscopio con atenuación 1/10
3	Pinza de cocodrilo (1 roja + 1 negra)
4	Cable de alta tensión con atenuación para encendido
5	CD con programa de instalación y manual
6	Sondas de acupuntura
7	Cable USB
8	Señal del osciloscopio

E. FADOS9F1 Detector de fallas y osciloscopio.

FADOS9F1 es un dispositivo basado en computadora para la prueba de voltaje VI - análisis de corriente. Ha sido especialmente desarrollado para determinar fallas en todo tipo de placas de circuito electrónico (Prot Ar-Ge, 2013).

Funciona mediante la aplicación de onda sinusoidal de corriente limitada a través de un resistor en serie a la posición tocada en la placa electrónica y la gráfica de

voltaje/corriente se visualiza en la pantalla del ordenador. Además de estas características, el software del ordenador analizando la gráfica de voltaje/corriente muestra el diagrama de circuito equivalente del punto tocado y el valor de los componentes electrónicos. Estas características tienen por objeto proporcionar información a los usuarios para que encuentren fallas en una forma más fácil (Prot Ar-Ge, 2013).

Tabla 24

Características del FADOS9F1

Características del FADOS9F1	
	• Detección de Fallas Doble Canal (Gráfico VI)
	• Fuente de Alimentación DC Programable
	• Sensor de Temperatura de (IR) Infrarrojos
	• Dibujo de Circuito Equivalente
	• Evaluación del Resistor, Condensador y Diodo
	• Detección de fallas con la función de comparar de la memoria
	• Osciloscopio Digital Doble Canal
	• Señal de Salida de Onda Cuadrada
	• Salida de Tensión Analógica

Fuente: (Prot Ar-Ge, 2013)

Partes del FADOS9F1.



Figura 56. Partes del FADOS9F1

Tabla 25*Partes del FADOS9F1*

Número	Parte
1	Adaptador de Corriente
2	Cable USB
3	Punta de Com (Cocodrilo)
4	IR Punta (Sonda) de Temperatura
5	FADOS9F1 Bolso
6	CD de Software y Guía del Usuario (PDF)
7	FADOS9F1
8	2 Punta de Osciloscopio

Fuente: (Prot Ar-Ge, 2013)

3.2.2. Pruebas de los sensores con el multímetro.**a. Pruebas del sensor ECT.*****Voltaje de alimentación del sensor.***

- 1) Poner el interruptor de encendido en “ON” con el motor apagado
- 2) Colocar el multímetro en la función para medir voltios (DC)
- 3) Conectar el cable negativo del multímetro al terminal de tierra del tablero
- 4) Conectar el cable positivo del multímetro al primer terminal de alimentación del sensor
- 5) Conectar el cable positivo del multímetro al segundo terminal de alimentación del sensor
- 6) Verificar el valor de voltaje

Voltaje en la masa del sensor.

- 1) Poner el interruptor de encendido en “ON” con el motor apagado
- 2) Colocar el multímetro en la función para medir milivoltios
- 3) Conectar el cable negativo del multímetro al terminal de tierra del tablero
- 4) Conectar el cable positivo del multímetro al terminal negativo del sensor
- 5) Verificar el valor de voltaje

Voltaje de señal del sensor.

- 1) Colocar el multímetro en la función para medir voltios (DC)
- 2) Conectar el cable negativo del multímetro al terminal de tierra del tablero
- 3) Poner en marcha el motor
- 4) Conectar el cable positivo del multímetro al primer terminal en donde se midió la alimentación del sensor
- 5) Conectar el cable positivo del multímetro al segundo terminal en donde se midió la alimentación del sensor
- 6) Observar la lectura, verificar que el voltaje disminuya a medida que el motor se calienta.

b. Pruebas del sensor CKP.***Voltaje de alimentación del sensor.***

- 1) Poner el interruptor de encendido en “ON” con el motor apagado
- 2) Colocar el multímetro en la función para medir voltios (DC)
- 3) Conectar el cable negativo del multímetro al terminal de tierra del tablero
- 4) Conectar el cable positivo del multímetro al primer terminal de alimentación del sensor
- 5) Conectar el cable positivo del multímetro al segundo terminal de alimentación del sensor
- 6) Verificar el valor de voltaje

Voltaje en la masa del sensor.

- 1) Poner el interruptor de encendido en “ON” con el motor apagado
- 2) Colocar el multímetro en la función para medir milivoltios

- 3) Conectar el cable negativo del multímetro al terminal de tierra del tablero
- 4) Conectar el cable positivo del multímetro al terminal negativo del sensor
- 5) Verificar el valor de voltaje

Voltaje de señal del sensor.

- 1) Colocar el multímetro en la función para medir voltios (DC)
- 2) Conectar el cable negativo del multímetro al terminal de tierra del tablero
- 3) Poner en marcha el motor
- 4) Conectar el cable positivo del multímetro al primer terminal en donde se midió la alimentación del sensor
- 5) Conectar el cable positivo del multímetro al segundo terminal en donde se midió la alimentación del sensor
- 6) Observar la lectura, verificar que el voltaje sufre caídas de tensión

c. Pruebas del sensor FTS.

Voltaje de alimentación del sensor.

- 1) Poner el interruptor de encendido en “ON” con el motor apagado
- 2) Colocar el multímetro en la función para medir voltios (DC)
- 3) Conectar el cable negativo del multímetro al terminal de tierra del tablero
- 4) Conectar el cable positivo del multímetro al terminal de alimentación del sensor
- 5) Verificar el valor de voltaje

Voltaje en la masa del sensor.

- 1) Poner el interruptor de encendido en “ON” con el motor apagado
- 2) Colocar el multímetro en la función para medir milivoltios
- 3) Conectar el cable negativo del multímetro al terminal de tierra del tablero

- 4) Conectar el cable positivo del multímetro al terminal negativo del sensor
- 5) Verificar el valor de voltaje

Voltaje de señal del sensor.

- 1) Colocar el multímetro en la función para medir voltios (DC)
- 2) Conectar el cable negativo del multímetro al terminal de tierra del tablero
- 3) Poner en marcha el motor
- 4) Conectar el cable positivo del multímetro al terminal en donde se midió la alimentación del sensor
- 5) Observar la variación de resistencia

d. Pruebas del sensor CMP.

Voltaje de alimentación del sensor.

- 1) Poner el interruptor de encendido en “ON” con el motor apagado
- 2) Colocar el multímetro en la función para medir voltios (DC)
- 3) Conectar el cable negativo del multímetro al terminal de tierra del tablero
- 4) Conectar el cable positivo del multímetro al terminal de alimentación del sensor
- 5) Verificar el valor de voltaje

Voltaje en la masa del sensor.

- 1) Poner el interruptor de encendido en “ON” con el motor apagado
- 2) Colocar el multímetro en la función para medir milivoltios
- 3) Conectar el cable negativo del multímetro al terminal de tierra del tablero
- 4) Conectar el cable positivo del multímetro al terminal negativo del sensor
- 5) Verificar el valor de voltaje

Voltaje de señal del sensor.

- 1) Colocar el multímetro en la función para medir voltios (DC)
- 2) Conectar el cable negativo del multímetro al terminal de tierra del tablero
- 3) Conectar el cable positivo del multímetro al terminal de señal del sensor y poner en marcha el motor
- 4) Observar la lectura, verificar que el voltaje sufre caídas de tensión

e. Pruebas del sensor FRP.***Voltaje de alimentación del sensor.***

- 1) Poner el interruptor de encendido en “ON” con el motor apagado
- 2) Colocar el multímetro en la función para medir voltios (DC)
- 3) Conectar el cable negativo del multímetro al terminal de tierra del tablero
- 4) Conectar el cable positivo del multímetro al terminal de alimentación del sensor
- 5) Verificar el valor de voltaje

Voltaje en la masa del sensor.

- 1) Poner el interruptor de encendido en “ON” con el motor apagado
- 2) Colocar el multímetro en la función para medir milivoltios
- 3) Conectar el cable negativo del multímetro al terminal de tierra del tablero
- 4) Conectar el cable positivo del multímetro al terminal negativo del sensor
- 5) Verificar el valor de voltaje

Voltaje de señal del sensor.

- 1) Colocar el multímetro en la función para medir voltios (DC)
- 2) Conectar el cable negativo del multímetro al terminal de tierra del tablero

- 3) Conectar el cable positivo del multímetro al terminal de señal del sensor y poner en marcha el motor
- 4) Observar la lectura, verificar que el voltaje aumenta conforme aumenta la presión del combustible

f. Pruebas del sensor APP.

Voltaje de alimentación del sensor.

- 1) Poner el interruptor de encendido en "ON" con el motor apagado
- 2) Colocar el multímetro en la función para medir voltios (DC)
- 3) Conectar el cable negativo del multímetro al terminal de tierra del tablero
- 4) Conectar el cable positivo del multímetro al primer terminal de alimentación del sensor
- 5) Conectar el cable positivo del multímetro al segundo terminal de alimentación del sensor
- 6) Verificar el valor de voltaje

Voltaje en la masa del sensor.

- 1) Poner el interruptor de encendido en "ON" con el motor apagado
- 2) Colocar el multímetro en la función para medir milivoltios
- 3) Conectar el cable negativo del multímetro al terminal de tierra del tablero
- 4) Conectar el cable positivo del multímetro al primer terminal negativo del sensor
- 5) Conectar el cable positivo del multímetro al segundo terminal negativo del sensor
- 6) Verificar el valor de voltaje

Voltaje de señal del sensor.

- 1) Colocar el multímetro en la función para medir voltios (DC)

- 2) Conectar el cable negativo del multímetro al terminal de tierra del tablero
- 3) Poner en marcha el motor
- 4) Conectar el cable positivo del multímetro al primer terminal de señal del sensor
- 5) Conectar el cable positivo del multímetro al segundo terminal de señal del sensor
- 6) Observar la lectura, verificar que el voltaje varía dependiendo de la posición del pedal del acelerador

g. Pruebas del sensor MAF+IAT.

Voltaje de alimentación del sensor.

- 1) Poner el interruptor de encendido en “ON” con el motor apagado
- 2) Colocar el multímetro en la función para medir voltios (DC)
- 3) Conectar el cable negativo del multímetro al terminal de tierra del tablero
- 4) Conectar el cable positivo del multímetro al terminal de alimentación del sensor MAF
- 5) Conectar el cable positivo del multímetro al terminal de alimentación del sensor IAT
- 6) Verificar el valor de voltaje

Voltaje en la masa del sensor.

- 1) Poner el interruptor de encendido en “ON” con el motor apagado
- 2) Colocar el multímetro en la función para medir milivoltios
- 3) Conectar el cable negativo del multímetro al terminal de tierra del tablero
- 4) Conectar el cable positivo del multímetro al terminal negativo del sensor
- 5) Verificar el valor de voltaje

Voltaje de señal del sensor.

- 1) Colocar el multímetro en la función para medir voltios (DC)

- 2) Conectar el cable negativo del multímetro al terminal de tierra del tablero
- 3) Poner en marcha el motor
- 4) Conectar el cable positivo del multímetro al terminal de señal del sensor IAT
- 5) Conectar el cable positivo del multímetro al terminal de señal del sensor MAF
- 6) Observar la lectura, verificar los valores de voltaje

3.2.3. Comprobación de los sensores con el osciloscopio.

Ajustes en el osciloscopio.

La visualización de una señal en un osciloscopio puede diferir bastante en función del ajuste que se efectuó en este, de modo que dichos ajustes dependerán de la frecuencia y valor de tensión de una señal, para que esta se vea en la proporción adecuada en la pantalla (Díaz, 2009).

Dichos ajustes son:

Ajuste vertical, donde hay que ajustar el nivel de tensión de la señal para que no se vea muy pequeña ni que se salga de la pantalla; en concreto se escoge el valor de voltios/división, siendo la división cada cuadrícula en la que se divide la pantalla (Díaz, 2009).

Ajuste horizontal, donde se debe ajustar el valor del tiempo que dura un ciclo (periodo), de modo que cada ciclo ocupe, aproximadamente, una división, con lo que en el ancho de pantalla se visualizara varios ciclos y se tendrá una visión clara de la señal. Es lo que se llama tiempo/división (Díaz, 2009).

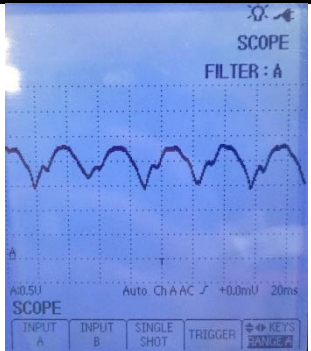
Ajuste de tensión alterna o continua, situar el selector correspondiente en alterna o continua dependiendo del tipo de señal (Díaz, 2009).

Ajuste de la línea de cero, que es la línea que separa la parte positiva y negativa de la señal, cuando esta sea alterna. Cuando nos interese ver una señal continua con su nivel de tensión muy amplio, hay que bajar la línea de cero; al visualizar una señal alterna, normalmente se sitúa la línea de cero a mitad de pantalla, para que se vean bien las componentes positivas y negativas de la señal (Díaz, 2009).

Ajuste del disparo o trigger, que es una función que permite sincronizar el comienzo de visualización de una señal en un punto concreto de la pantalla, coincidiendo con un nivel de tensión y otro de tiempo ajustado previamente por el usuario; de este modo parecerá que la señal está congelada, esta no se moverá mucho y será fácil analizarla (Díaz, 2009).

Tabla 26

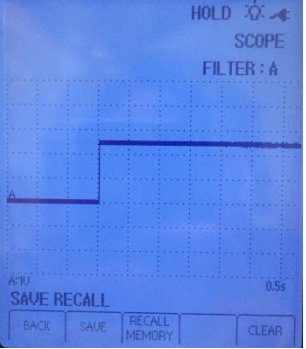
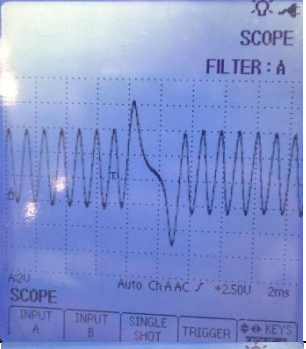

Nombres, ubicación y curvas características de los sensores

Nombre	Siglas	Número de cables	Tipo de elemento electrónico	Ubicación	Curvas características
Sensor de flujo de masa de aire y Sensor de temperatura de aire de admisión	MAF+IAT	5	Hilo caliente y Termistor	Localizado entre el filtro del aire y el cuerpo de aceleración	

CONTINÚA 

Sensor de posición del pedal de aceleración	APP	6	Resistencia variable	Localizado junto al pedal del acelerador		
Sensor de presión del riel de combustible	FRP	3	Piezoeléctrico	Localizado en el riel de inyección de combustible		
Sensor de temperatura de anticongelante	ECT	3	Termistor	Localizado enroscado dentro del bloque del motor		

CONTINÚA 

Sensor de temperatura del combustible	FTS	2	Termistor	Localizado en el colector de retorno del combustible	
Sensor de posición del cigüeñal	CKP	3	Inductivo	Localizado en la parte inferior del bloque del motor	
Sensor de posición de árbol de levas	CMP	3	Efecto Hall	Localizado a nivel del árbol de levas	

3.2.4. Comprobación de los sensores con el scanner.

Uso del scanner automotriz.

La ventaja de usar esta herramienta es minimizar en gran parte el tiempo de reparación del vehículo, ya que se evita diagnósticos incorrectos y tomas de decisiones erradas al momento de cambiar alguna parte del motor. Además, manipulando el mismo scanner automotriz podrá corregir directamente los errores electrónicos básicos y diagnosticar aquellos que llevarán mayor tiempo de ejecución (Scanner Automotriz, 2017).

Para conectarlo, el motor deberá estar apagado y luego poner el interruptor de encendido en la posición “ON”, pero sin dar marcha al motor (Scanner Automotriz, 2017).

Colocar a funcionar el escáner OBD2 para que muestre los códigos de errores. Se tendrá que seleccionar el modelo del vehículo de ser necesario. Es posible que el scanner solicite también el tipo de motor (Scanner Automotriz, 2017).

Acceder al MENU al momento que el escáner culmine su inicialización. Selecciona la opción de CÓDIGOS o CÓDIGOS DE ERROR y de esta forma va a abrir el menú de codes (Scanner Automotriz, 2017).

Aparecerán algunos tipos de sistemas como tren de poder, motor, frenos, transmisión, las bolsas de aire, entre otros; al elegir un sistema uno, verás dos o muchos más tipos de códigos. Frecuentemente suelen ser “Códigos pendientes” y “Códigos activos” (Scanner Automotriz, 2017).

Tabla 27

Causas y síntomas de los códigos de falla de los sensores

Sensor	Código de falla	Síntomas del código	Causas del código
MAF+IAT	P0102	Se enciende la luz check engine. El funcionamiento del motor es irregular. Humo negro sale del tubo de escape. El consumo de combustible puede ser bajo.	Puede haber fugas de aire de admisión. Cables del sensor MAF o conectores pueden estar en cortocircuito, rozando con algún otro componente que causen una conexión eléctrica deficiente. El sensor MAF puede estar contaminado o sucio. Quizás el sensor MAF está defectuoso.

CONTINÚA 

APP	P2135	Se enciende la luz check engine. Bloqueo del vehículo. Gran pérdida de energía. Problemas durante la aceleración. RPM más altas de lo normal.	En el cuerpo del acelerador puede haber un mala conexión eléctrica o terminales corroídos. Problemas en la tapa del cuerpo del acelerador. Quizás el cuerpo del acelerador se encuentra defectuoso. Al no haber una correlación de los sensores TPS, la computadora necesita un ciclo de su fase reaprendizaje para restaurar la respuesta activa al cuerpo del acelerador.
FRP	P0193	Se ilumina en el tablero la luz check engine. El motor pierde potencia. Al encender el motor puede que no arranque.	Puede que el nivel de combustible sea muy bajo. El filtro de combustible pudiera estar obstruido. Es posible que el relé de la bomba de combustible esté defectuoso. La bomba de combustible pudiera estar presentando fallas o estar defectuosa. Cables del sensor FRP pueden estar provocado un cortocircuito o están rozando con algún componente. Los conectores del sensor FRP pueden estar corroídos. El sensor FRP puede que esté defectuoso.
ECT	P0118	Se enciende la luz check engine. Al encender el vehículo, puede haber dificultades. Humo negro sale del escape. Mala economía de combustible.	Puede que en la alimentación de voltaje del sensor ECT esté en corto. El circuito de tierra entre el sensor ECT y el PCM puede estar en cortocircuito. Mala conexión eléctrica en el sensor ECT. Posiblemente el sensor ECT podría estar defectuoso.
FTS	P0183	Iluminación de luz MIL. El motor podría no arrancar. Mal funcionamiento del motor.	Cortocircuito eléctrico debido a cables o conectores del sensor FTS defectuosos. El FTS podría estar defectuoso debido a presencia de agua o corrosión. Fuel composition sensor en mal estado.
CKP	P0336	Luz check engine encendida. El motor puede que no arranque. Fallos de encendido que son intermitentes.	Los dientes de la rueda reluctora pueden estar desgastados. Restos de imán del sensor de posición del cigüeñal pueden estar bloqueando el sensor o la rueda reluctora. Cables o conectores relacionados al crankshaft position sensor pueden estar defectuosos, provocando de esta manera un cortocircuito. Sensor CKP defectuoso. Sensor CMP defectuoso.
CMP	P0341	La luz check engine se enciende. Dificultad al iniciar el motor. Baja el rendimiento	Posiblemente los cables que conducen al sensor CMP están demasiado cerca de los cables de bujía, viéndose afectada la conexión. La conexión eléctrica entre el sensor CMP y

del combustible.

el PCM puede estar deficiente.

El anillo reductor quizás se encuentra en mal estado.

El CMP podría estar defectuoso.

Fuente: (CodigosDTC, 2019)

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Sensor APP

A continuación, se van a describir los datos obtenidos para el sensor APP, en la figura 57 se pueden observar los colores de los cables y el socket de conexión, en la tabla 28 se pueden observar los pines de conexión, en la tabla 29 se pueden observar los valores de voltaje, en las figuras de la 58 a la 63 se observan los oscilogramas generados con los osciloscopios OTC y Hantek, en las figuras de la 64 a la 67 se observan los diagramas del circuito equivalente.

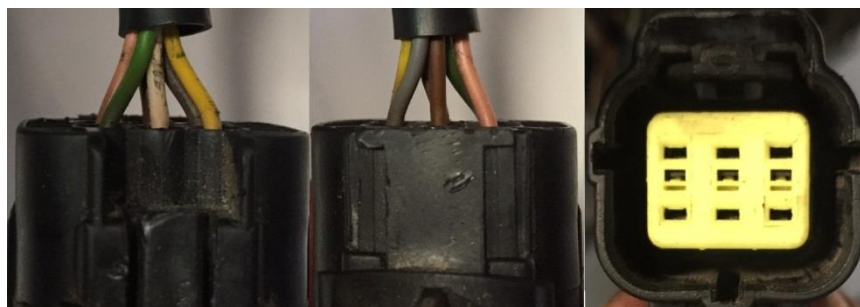


Figura 57. Colores de cables y socket del sensor APP

Tabla 28

Pines de conexión del sensor APP

ECU	Sensor
PIN 78	Alimentación 1
PIN 81	Alimentación 2
PIN 79	Masa 1
PIN 76	Masa 2
PIN 80	Señal 1
PIN 77	Señal 2

Tabla 29

Valores de voltaje del sensor APP







Cables	Voltajes			Imagen
Alimentación 1	5.00v			
Alimentación 2	5.00v			
Masa 1	0.00v			
Masa 2	0.00v			
Señal 1	Ralentí	1500rpm	2500rpm	
		0.35v	0.59v	
Señal 2	Ralentí	1500rpm	2500rpm	
		0.70v	1.19v	



Figura 58. Oscilograma del sensor APP a ralentí con el osciloscopio OTC

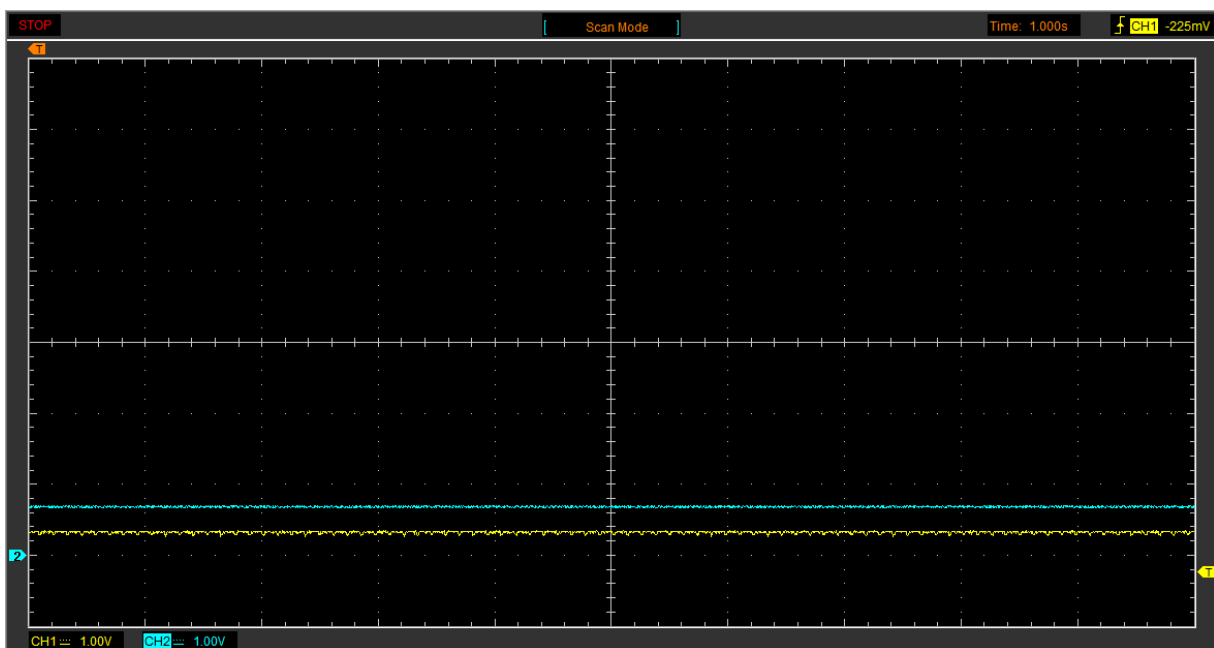


Figura 59. Oscilograma del sensor APP a ralentí con el osciloscopio Hantek

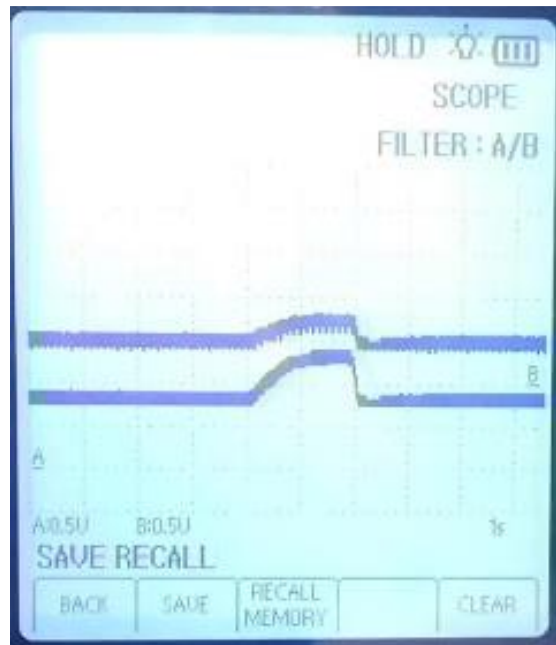


Figura 60. Oscilograma del sensor APP a 1500rpm con el osciloscopio OTC

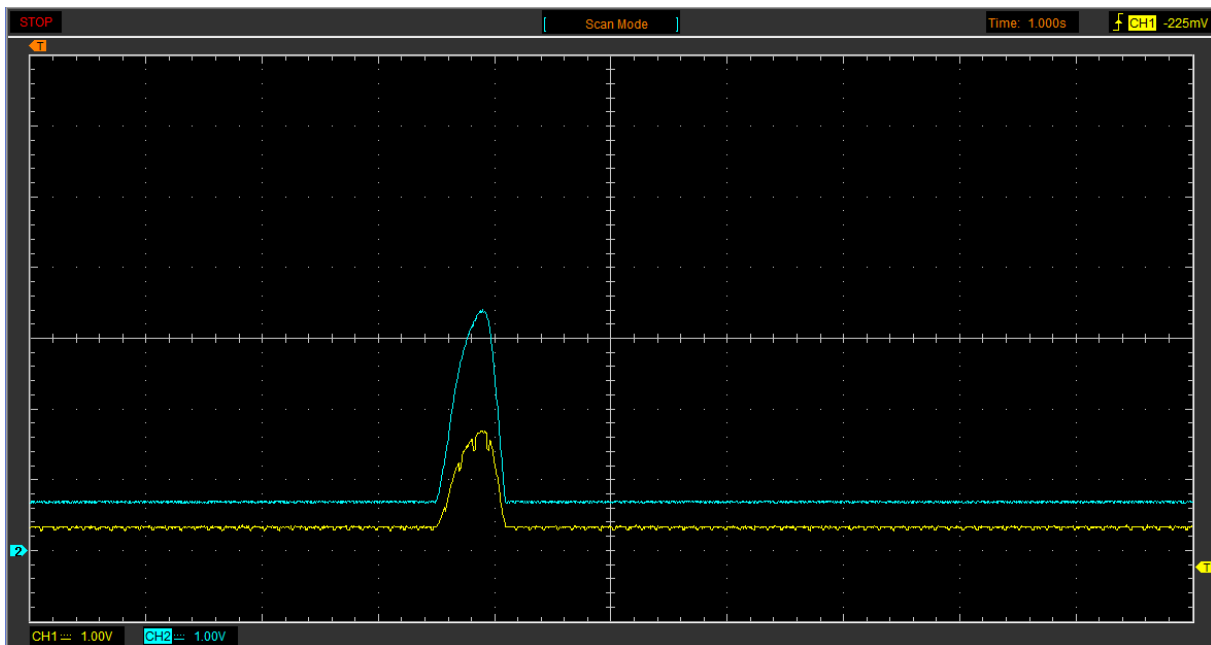


Figura 61. Oscilograma del sensor APP a 1500rpm con el osciloscopio Hantek



Figura 62. Oscilograma del sensor APP a 2500rpm con el osciloscopio OTC

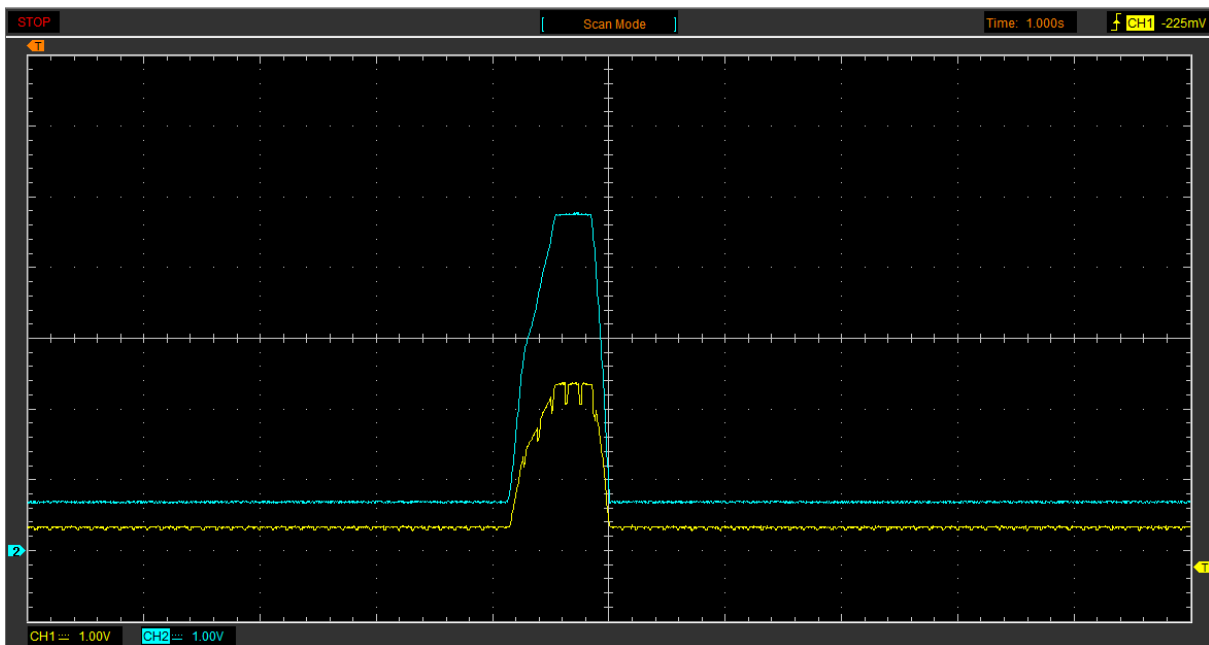


Figura 63. Oscilograma del sensor APP a 2500rpm con el osciloscopio Hantek

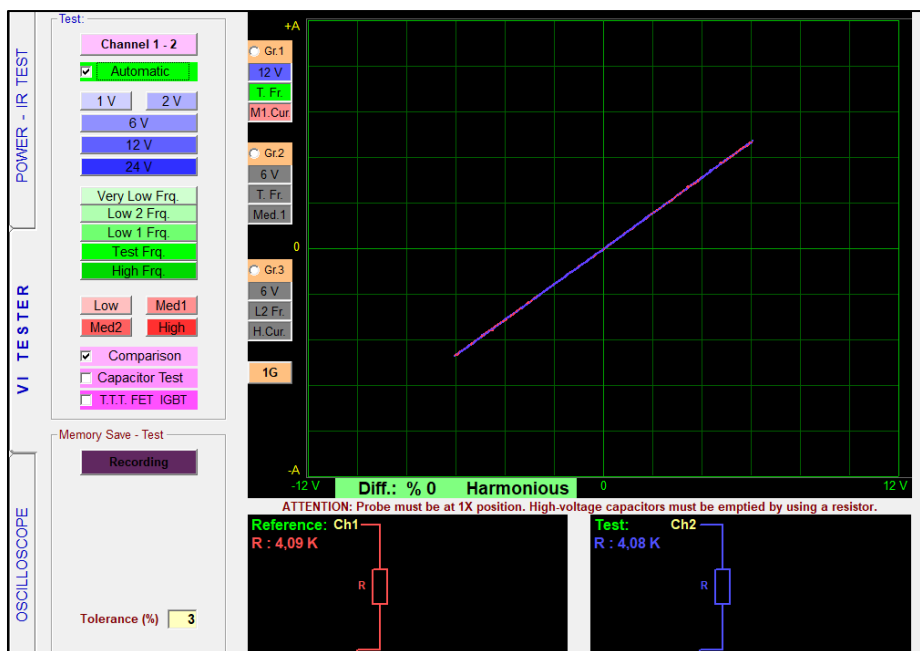


Figura 64. Diagrama del circuito equivalente del sensor APP entre los terminales de tierra y alimentación 1

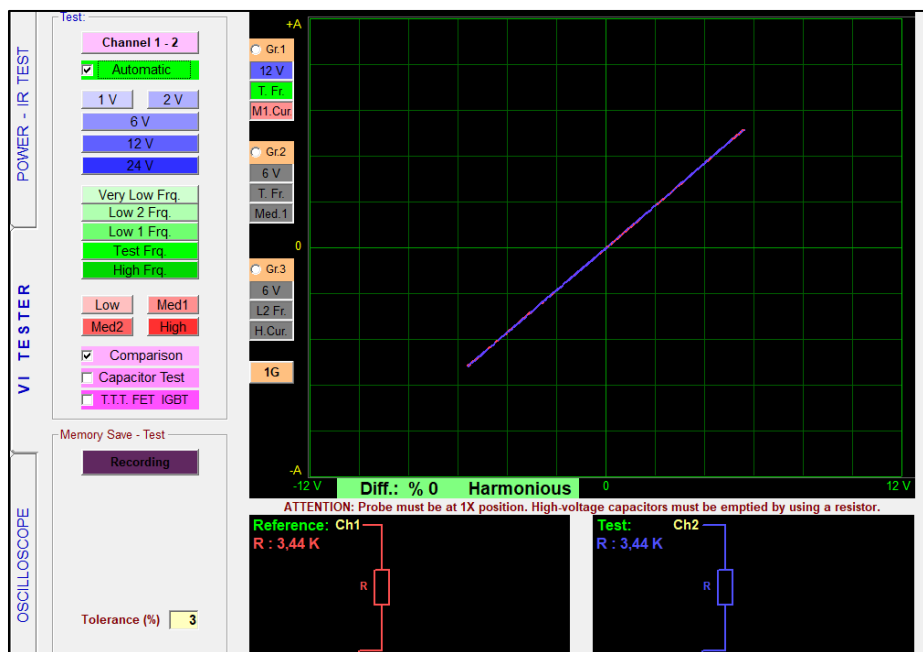


Figura 65. Diagrama del circuito equivalente del sensor APP entre los terminales de tierra y alimentación 2

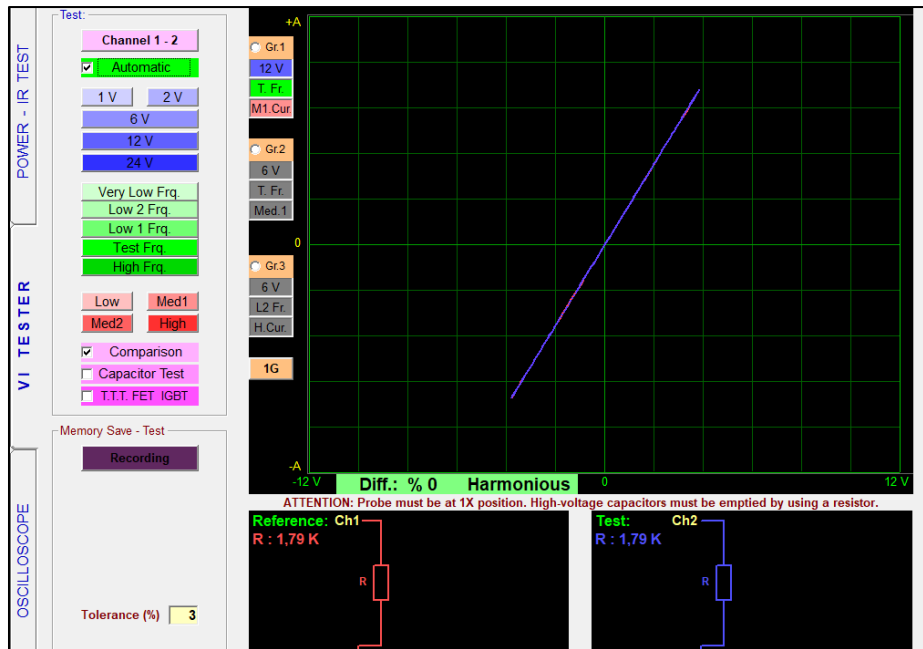


Figura 66. Diagrama del circuito equivalente del sensor APP entre los terminales de tierra y señal 1

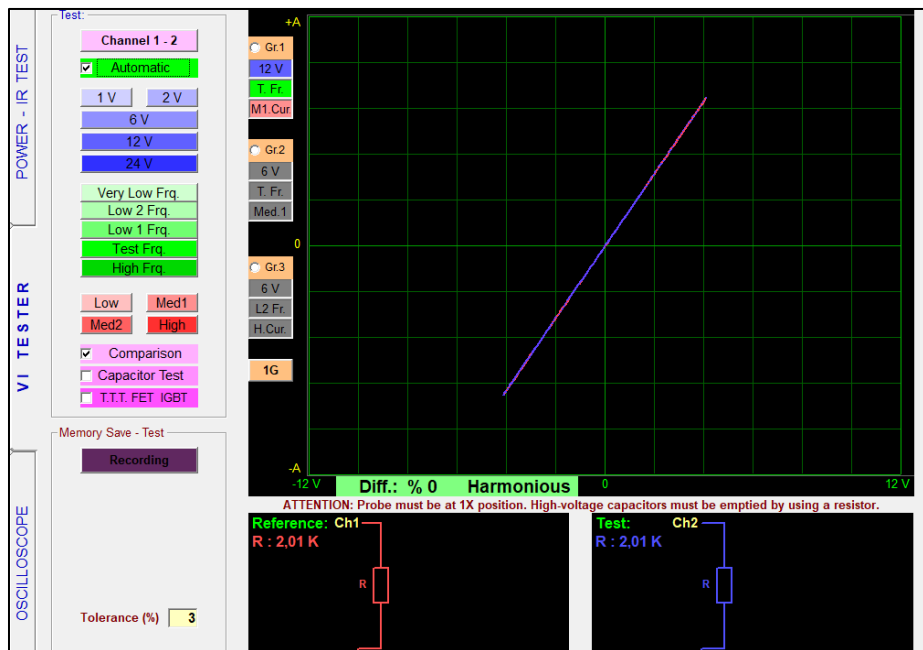


Figura 67. Diagrama del circuito equivalente del sensor APP entre los terminales de tierra y señal 2

4.2. Sensor MAF+IAT

A continuación, se van a describir los datos obtenidos para el sensor MAF+IAT, en la figura 68 se pueden observar los colores de los cables y el socket de conexión, en la tabla 30 se pueden observar los pines de conexión, en la tabla 31 se pueden observar los valores de voltaje, en la tabla 32 se pueden observar los valores de temperatura, en la figura 69 se observa la gráfica de los valores de temperatura, en las figuras de la 70 a la 78 se observan los oscilogramas generados con los osciloscopios OTC y Hantek, en la figura 79 se observa el código generado, en la tabla 33 se describe el código generado, en las figuras de la 80 a la 83 se observan los diagramas del circuito equivalente.

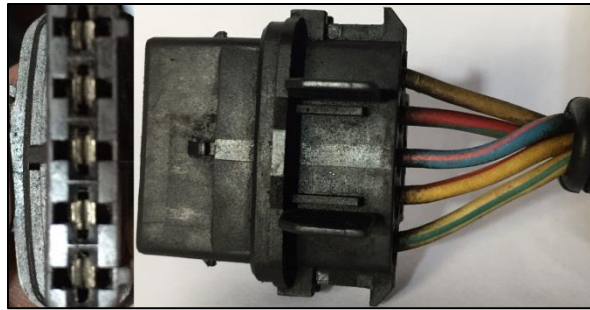


Figura 68. Colores de cables y socket del sensor MAF+IAT

Tabla 30

Pines de conexión del sensor MAF+IAT

ECU	Sensor
PIN 87	Alimentación MAF
PIN 97	Alimentación IAT
PIN 86	Señal IAT
PIN 89	Señal MAF
PIN 88	Masa

Tabla 31*Valores de voltaje del sensor MAF+IAT*





Cables	Voltajes			Imagen
Alimentación MAF	12.39v			
Alimentación IAT	5.00v			
Masa	0.00v			
Señal MAF	Ralentí	1500rpm	2500rpm	
		1.94v	2.34v	

Tabla 32*Valores de temperatura del sensor IAT*

Temperatura	Voltaje
34°C	2,03v
32°C	2,12v
36°C	1,93v
40°C	1,76v

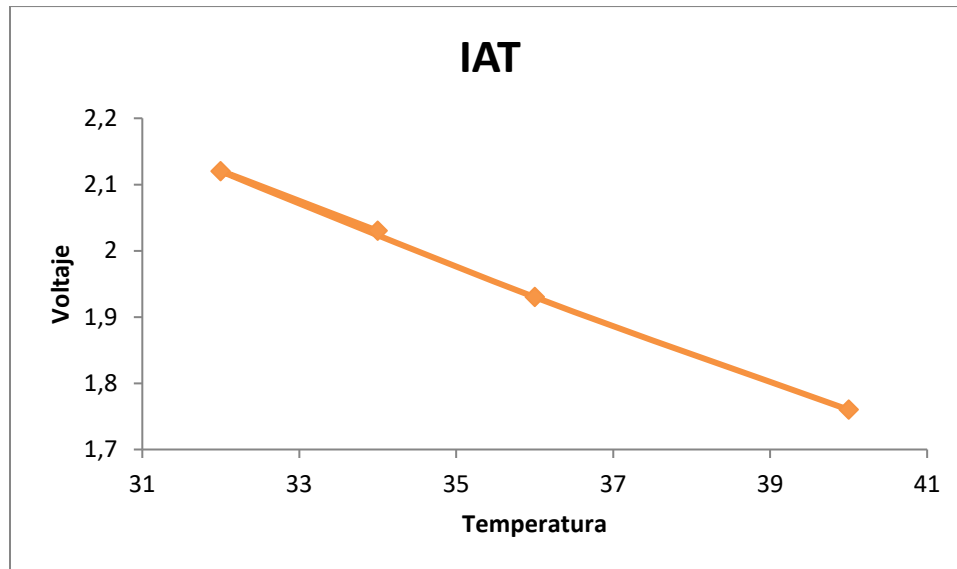


Figura 69. Valores de temperatura del sensor IAT

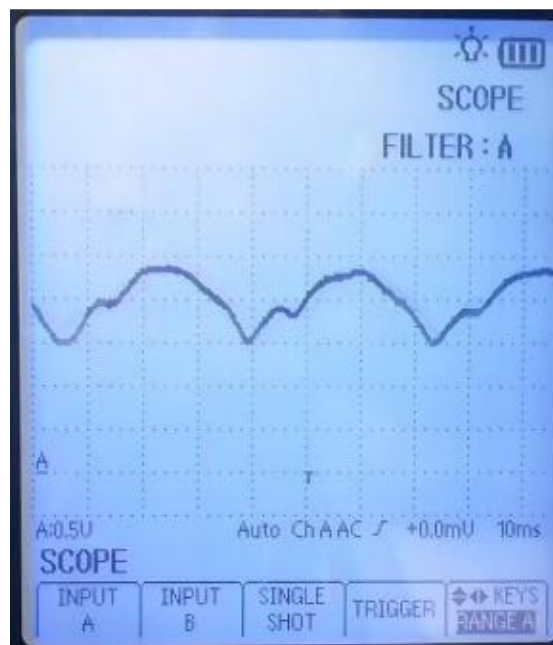


Figura 70. Oscilograma del sensor MAF a ralentí con el osciloscopio OTC

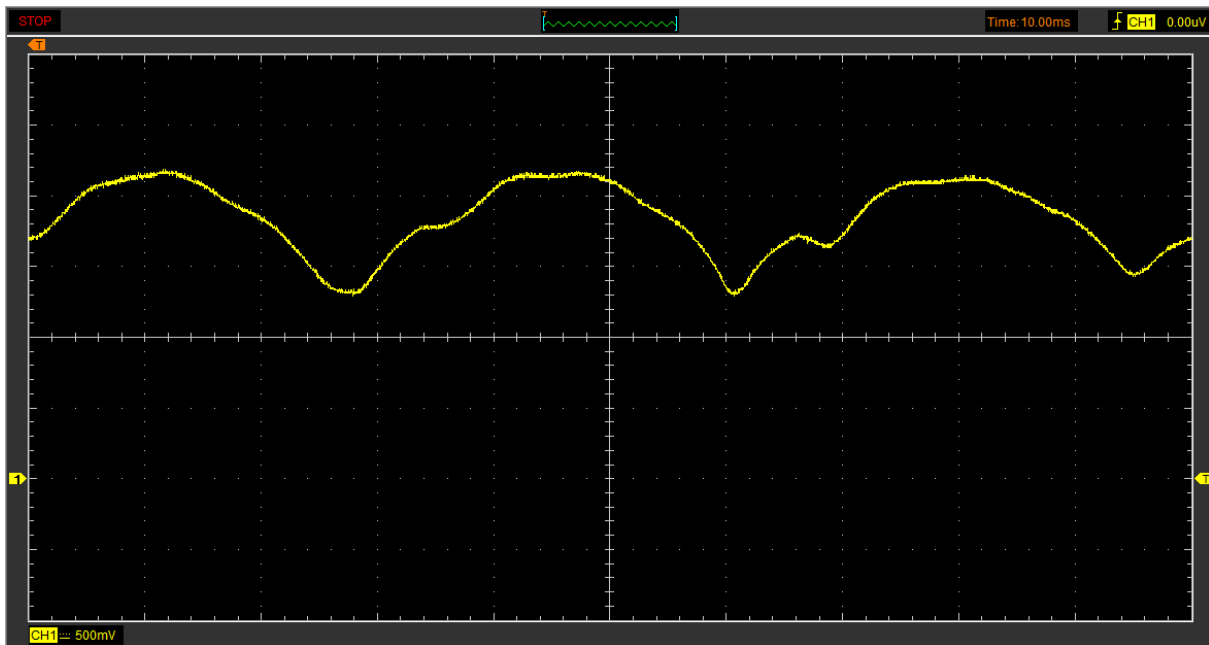


Figura 71. Oscilograma del sensor MAF a ralentí con el osciloscopio Hantek

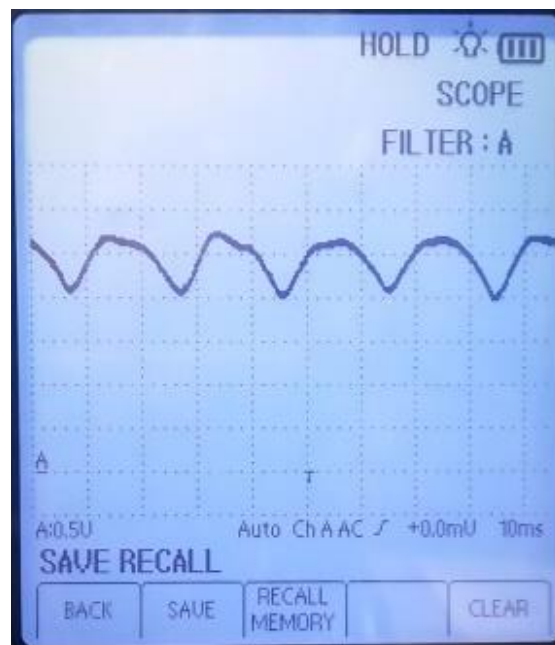


Figura 72. Oscilograma del sensor MAF a 1500rpm con el osciloscopio OTC

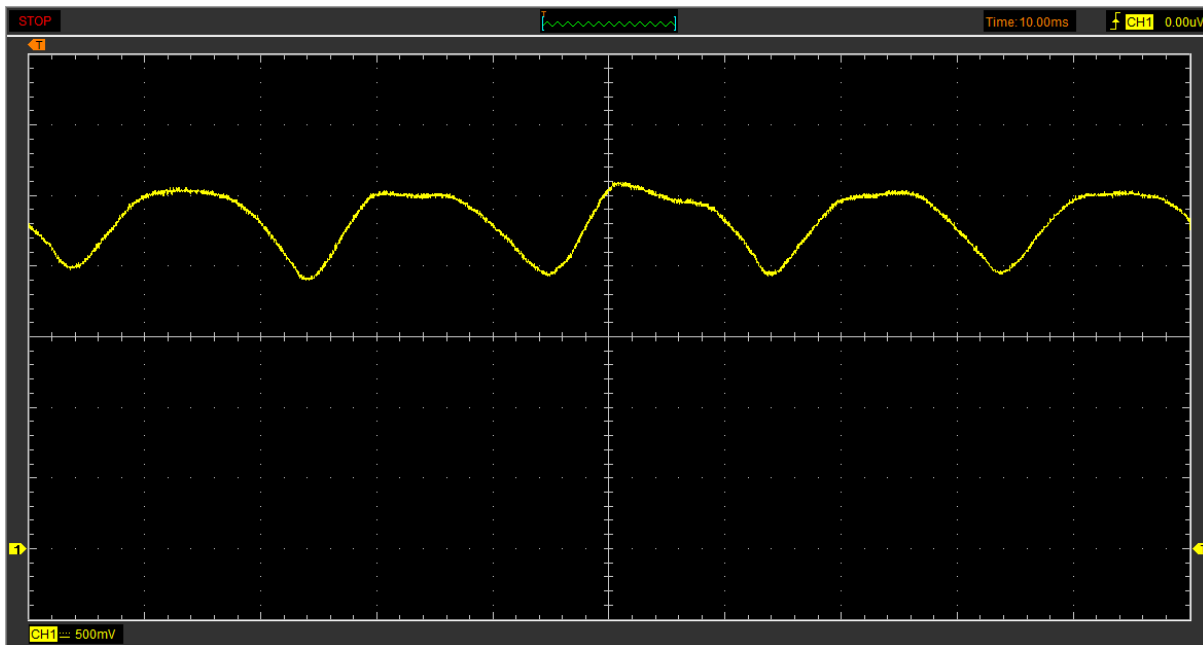


Figura 73. Oscilograma del sensor MAF a 1500rpm con el osciloscopio Hantek

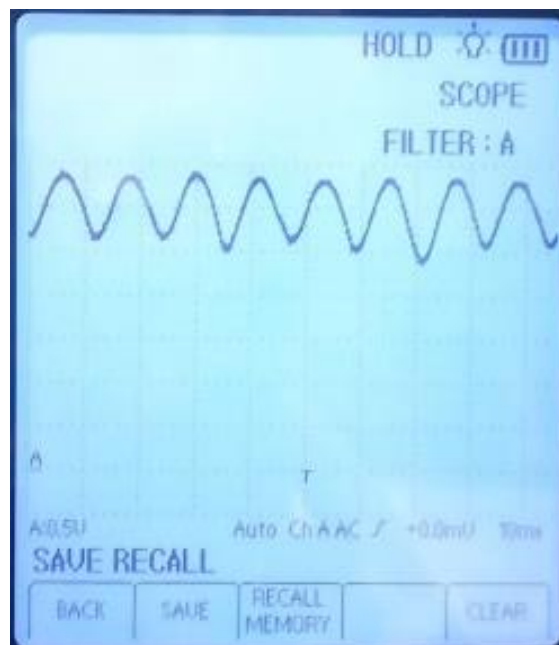


Figura 74. Oscilograma del sensor MAF a 2500rpm con el osciloscopio OTC

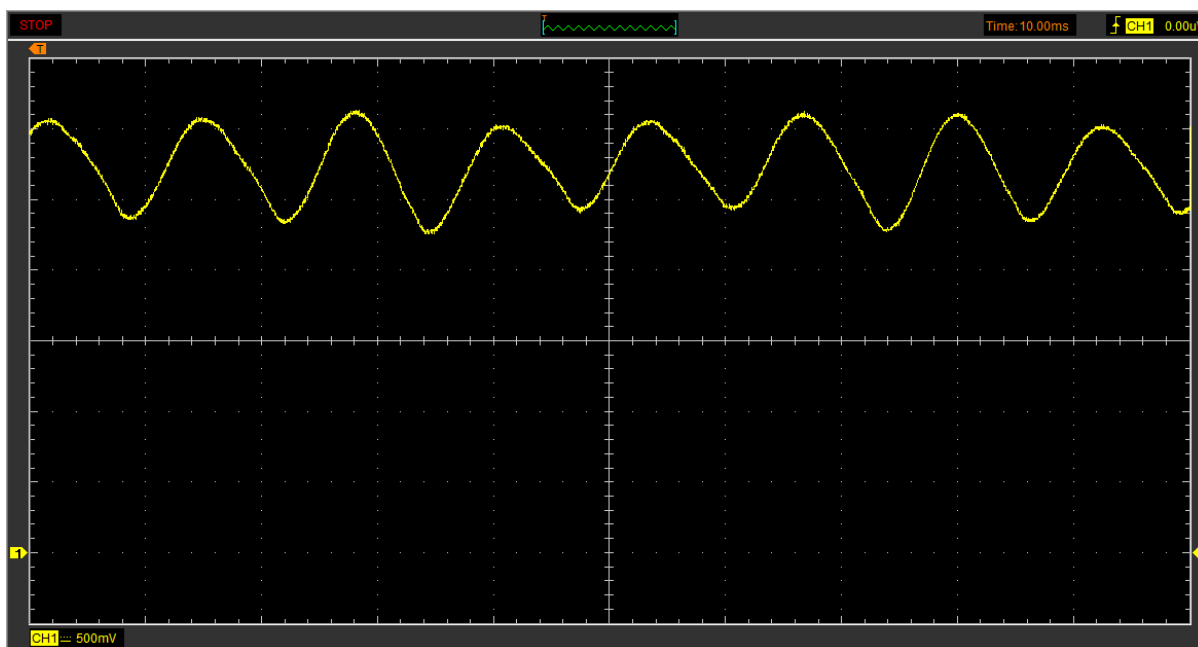


Figura 75. Oscilograma del sensor MAF a 2500rpm con el osciloscopio Hantek



Figura 76. Oscilograma del sensor IAT a 32°C con el osciloscopio OTC

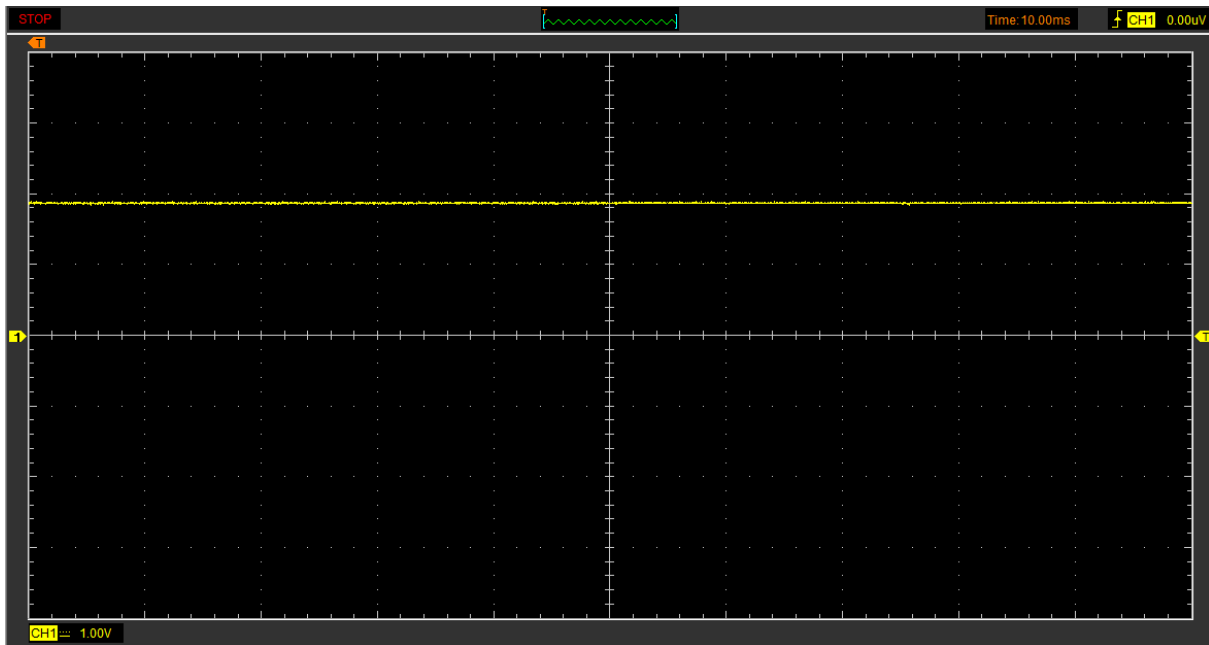


Figura 77. Oscilograma del sensor IAT a 36°C con el osciloscopio Hantek

codigo de falla pendiente		
Código	Descripcion	Estado
P0102	Air flow sensor volume signal low Air leaks af air flow sensor.	Faulty wiring and connections.Faulty air flow sensor

Subir Pag Bajar Pag Imprimir Ayuda Atrás

Figura 78. DTC del sensor MAF+IAT

Tabla 33

Descripción del DTC del sensor MAF+IAT

Código	Descripción	Estado
P0102	Entrada de baja tensión del circuito de flujo de masa (MAF)	Cableado y conexiones defectuosas. Sensor de flujo de aire defectuoso.

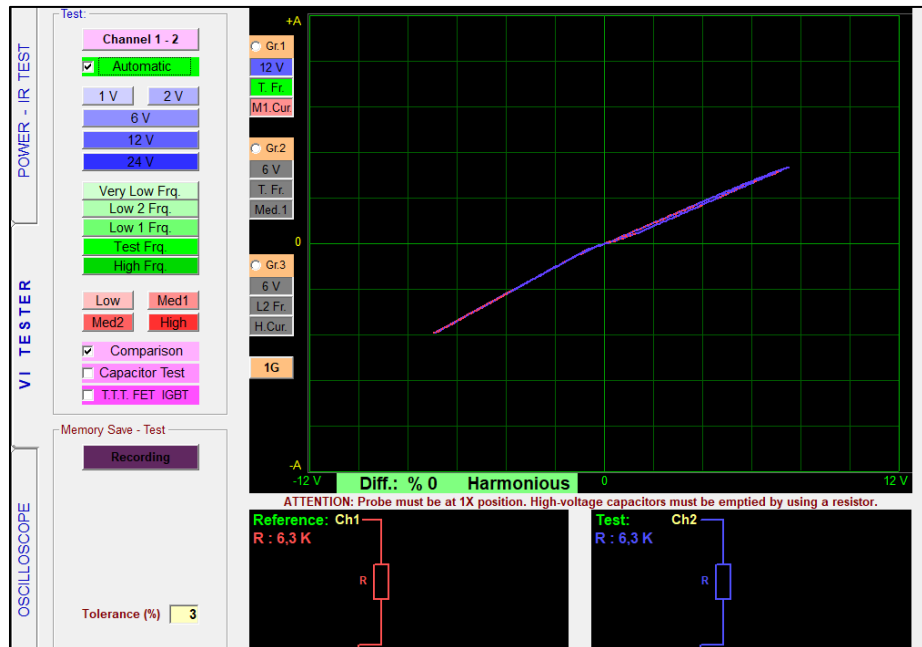


Figura 79. Diagrama del circuito equivalente del sensor IAT entre los terminales de tierra y alimentación

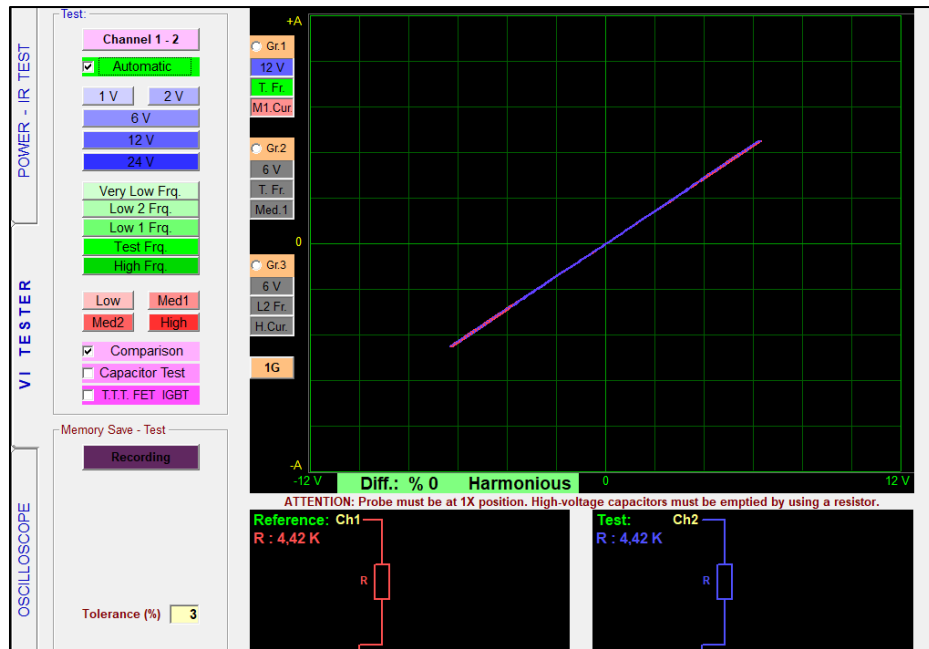


Figura 80. Diagrama del circuito equivalente del sensor IAT entre los terminales de tierra y señal

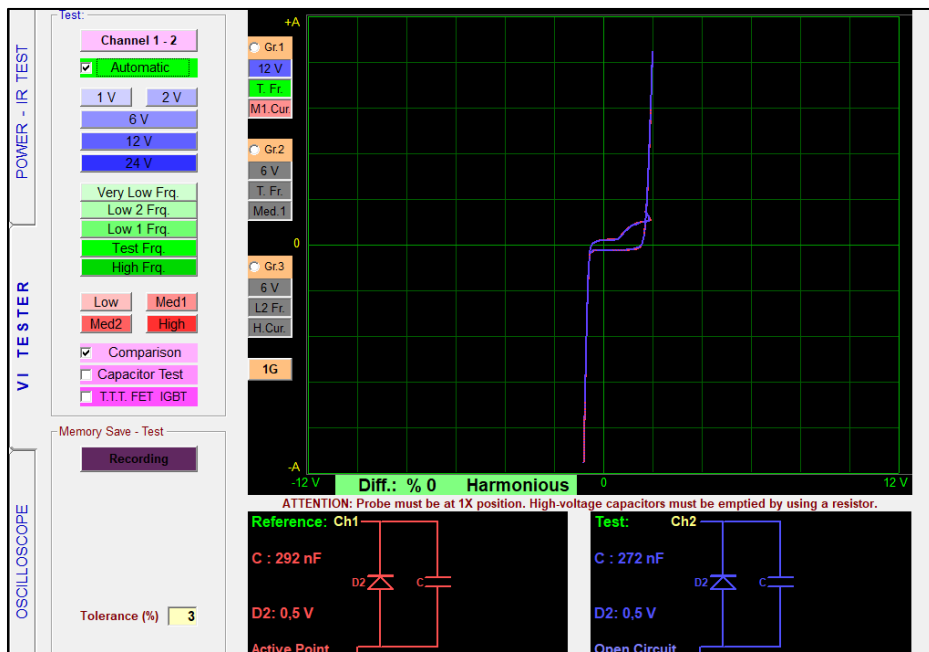


Figura 81. Diagrama del circuito equivalente del sensor MAF entre los terminales de tierra y alimentación

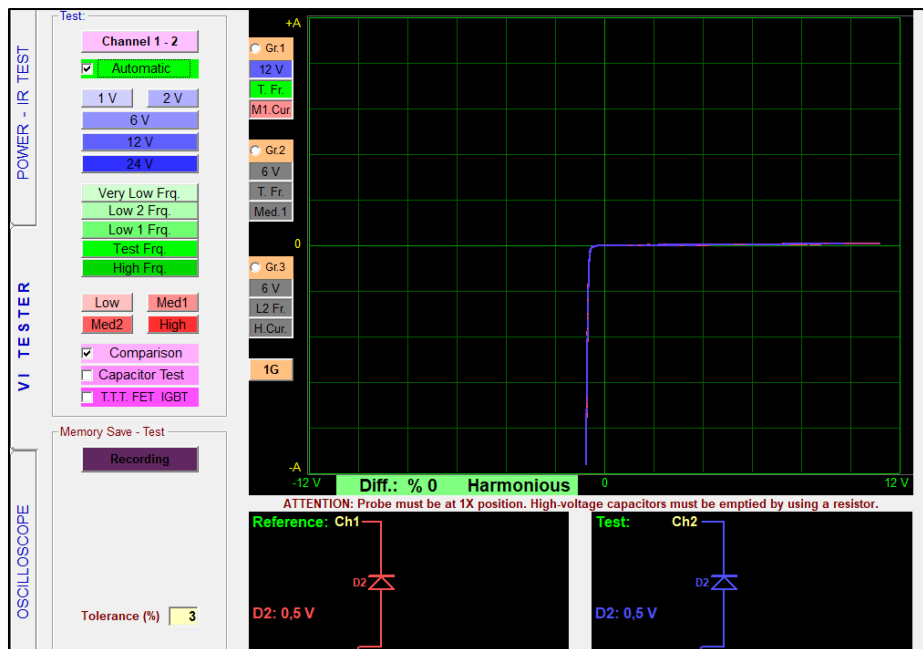


Figura 82. Diagrama del circuito equivalente del sensor MAF entre los terminales de tierra y señal

4.3. Sensor FRP

A continuación, se van a describir los datos obtenidos para el sensor FRP, en la figura 84 se pueden observar los colores de los cables y el socket de conexión, en la tabla 34 se pueden observar los pines de conexión, en la tabla 35 se pueden observar los valores de voltaje, en las figuras de la 85 a la 90 se observan los oscilogramas generados con los osciloscopios OTC y Hantek, en la figura 91 se observa el código generado, en la tabla 36 se describe el código generado, en las figuras de la 92 a la 93 se observan los diagramas del circuito equivalente.

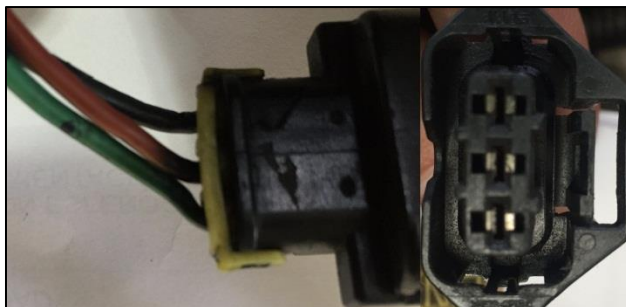


Figura 83. Colores de cables y socket del sensor FRP

Tabla 34

Pines de conexión del sensor FRP

ECU	Sensor
PIN 90	Alimentación
PIN 92	Masa
PIN 91	Señal

Tabla 35

Valores de voltaje del sensor FRP




Cables	Voltajes			Imagen
Alimentación	4.99v			
Masa	0.00v			
Señal	Ralentí	1500rpm	2500rpm	
		1.41v	1.57v 2.20v	



Figura 84. Oscilograma del sensor FRP a ralentí con el osciloscopio OTC

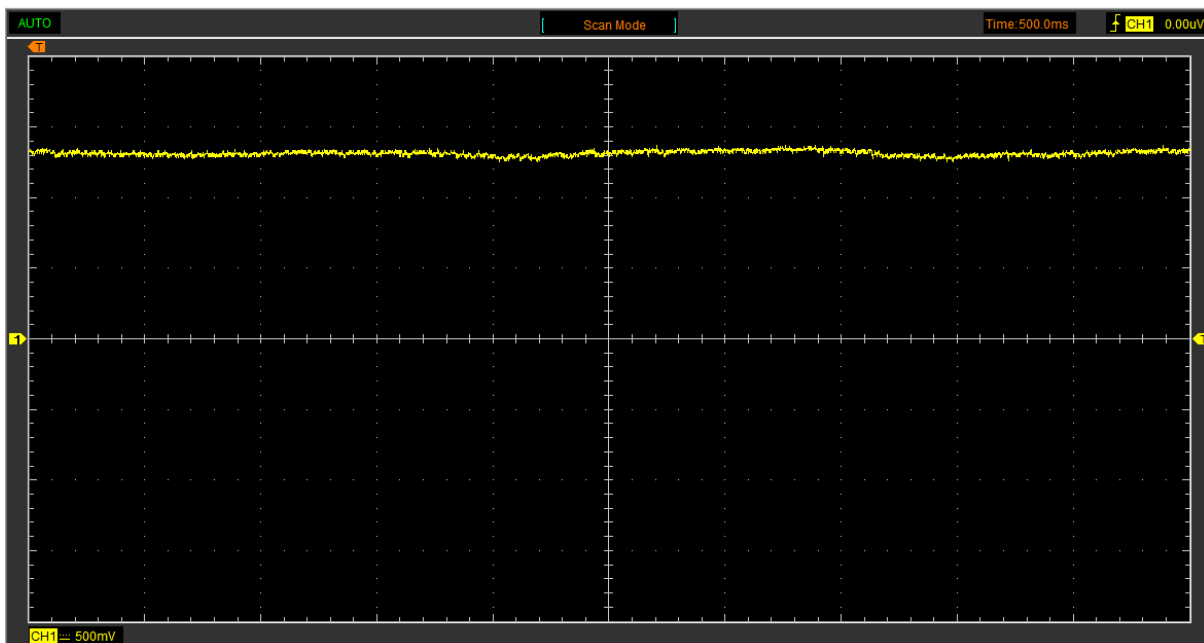


Figura 85. Oscilograma del sensor FRP a ralentí con el osciloscopio Hantek



Figura 86. Oscilograma del sensor FRP a 1500rpm con el osciloscopio OTC

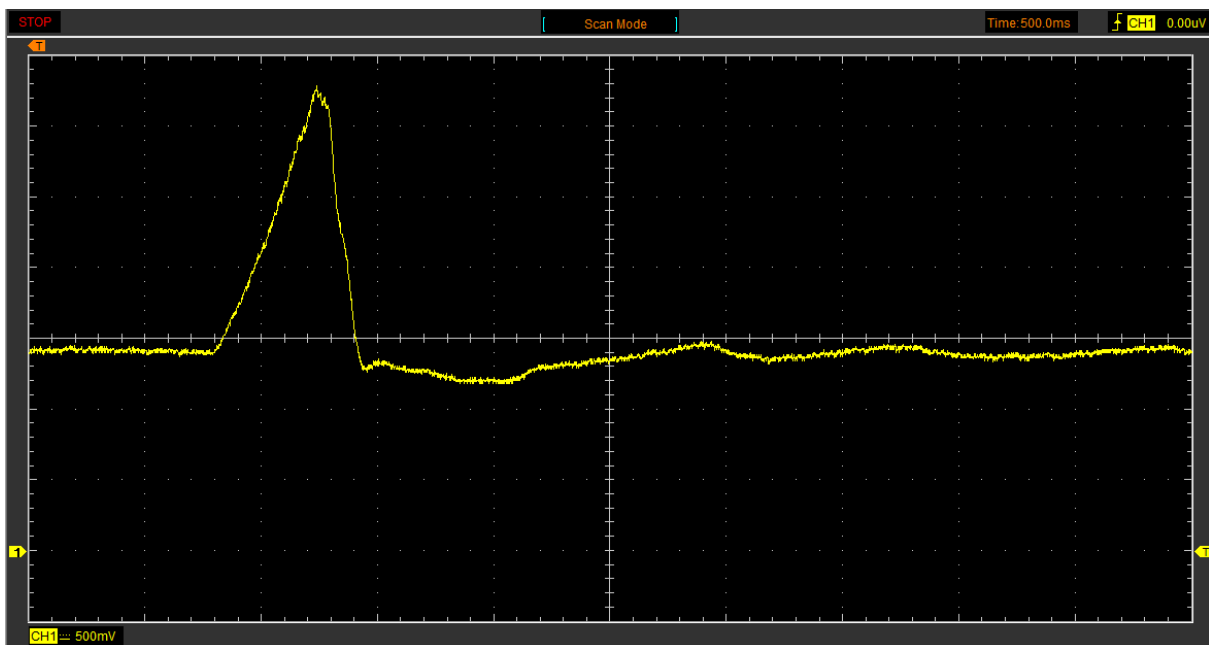


Figura 87. Oscilograma del sensor FRP a 1500rpm con el osciloscopio Hantek



Figura 88. Oscilograma del sensor FRP a 2500rpm con el osciloscopio OTC

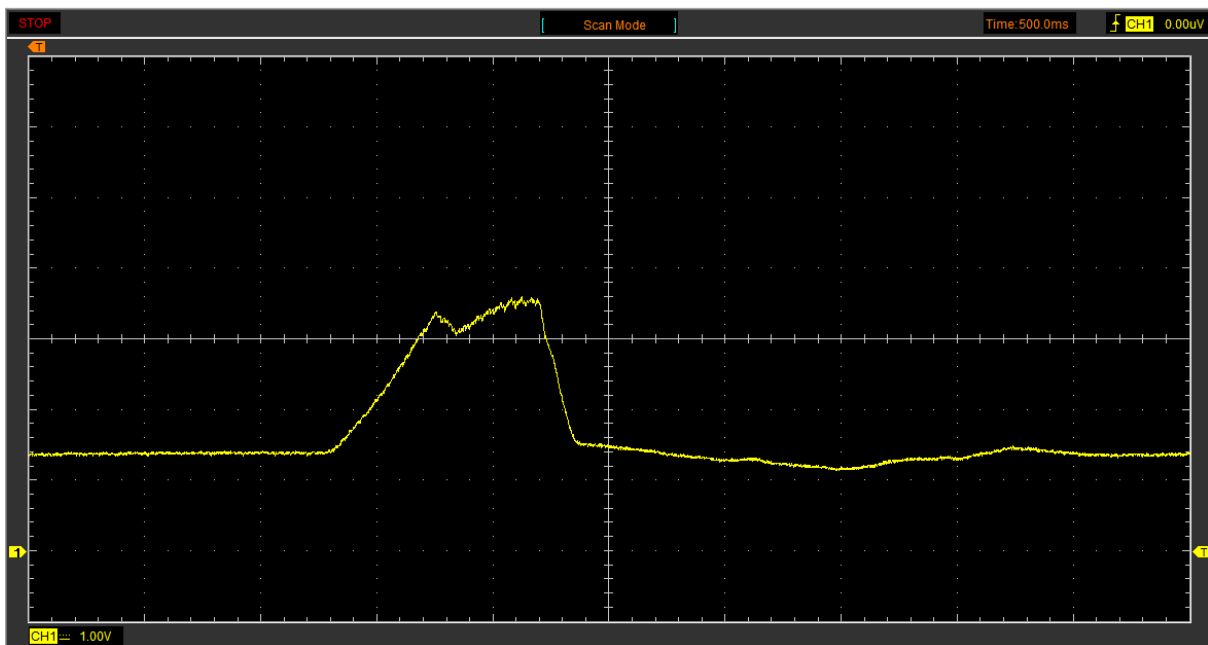


Figura 89. Oscilograma del sensor FRP a 2500rpm con el osciloscopio Hantek

Leer códigos de falla presentes		
Código	Descripcion	Estado
P0193	Fuel rail pressure sensor signal high Sensor1	Fuel leaks.Faulty fuel pressure regulator.Faulty wiring and connections.Faulty fuel pump.Faulty injectors.Faulty fuel pressure sensor

Subir Pag Bajar Pag Imprimir Ayuda Atrás

Figura 90. DTC del sensor FRP

Tabla 36

Descripción del DTC del sensor FRP

Código	Descripción	Estado
P0193	Circuito alto del sensor de presión del conducto de combustible	Fugas de combustible. Regulador de presión de combustible defectuoso. Cableado y conexiones defectuosas. Bomba de combustible defectuosa. Inyectores defectuosos. Sensor de presión de combustible defectuoso.

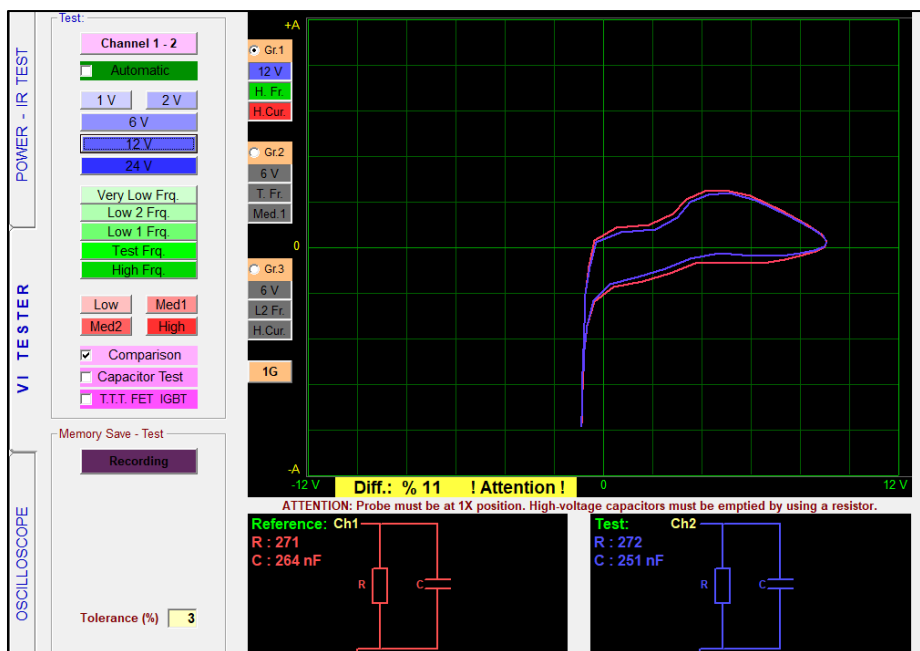


Figura 91. Diagrama del circuito equivalente del sensor FRP entre los terminales de tierra y alimentación

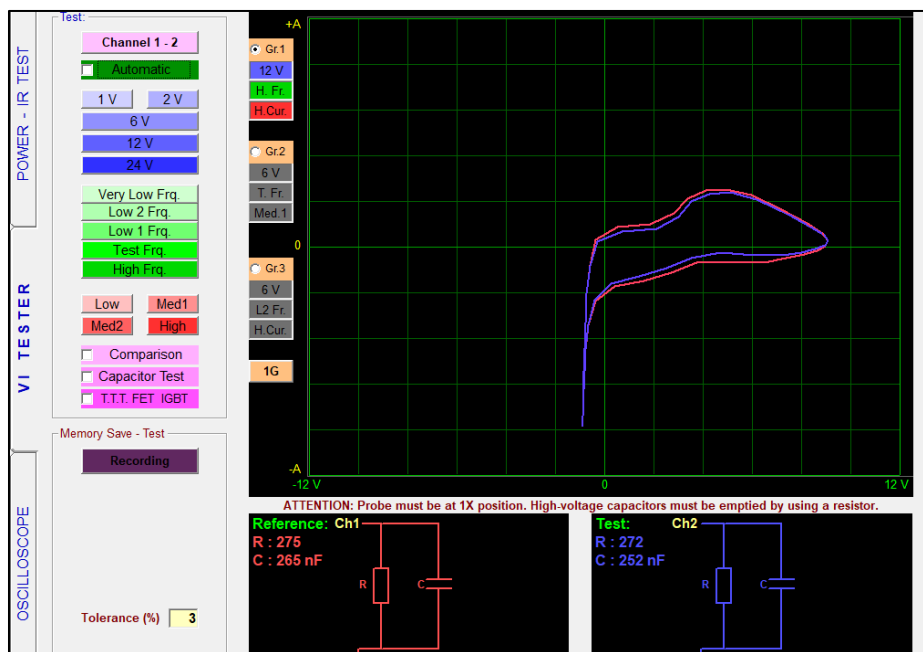


Figura 92. Diagrama del circuito equivalente del sensor FRP entre los terminales de tierra y señal

4.4. Sensor FTS

A continuación, se van a describir los datos obtenidos para el sensor FTS, en la figura 94 se pueden observar los colores de los cables y el socket de conexión, en la tabla 37 se pueden observar los pines de conexión, en la tabla 38 se pueden observar los valores de voltaje, en la tabla 39 se pueden observar los valores de temperatura, en la figura 95 se observa la gráfica de los valores de temperatura, en las figuras de la 96 a la 97 se observan los oscilogramas generados con los osciloscopios OTC y Hantek, en la figura 98 se observa el código generado, en la tabla 40 se describe el código generado, en la figura 99 se observa el diagrama del circuito equivalente.



Figura 93. Colores de cables y socket del sensor FTS

Tabla 37

Pines de conexión del sensor FTS

ECU	Sensor
PIN 82	Alimentación y Señal
PIN 83	Masa

Tabla 38*Valores de voltaje del sensor FTS*


Cables	Voltajes	Imagen
Masa	0.00v	

Tabla 39*Valores de temperatura del sensor FTS*

Temperatura	Voltaje
-3°C	3,07v
5°C	2,30v
13°C	1,82v
17°C	1,56v

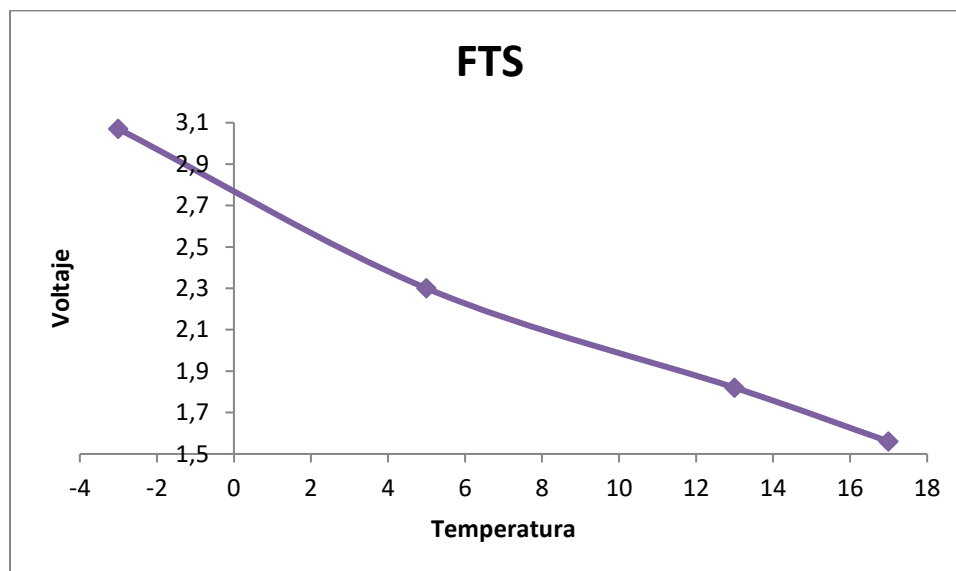
**Figura 94.** Valores de temperatura del sensor FTS



Figura 95. Oscilograma del sensor FTS a 17°C con el osciloscopio OTC

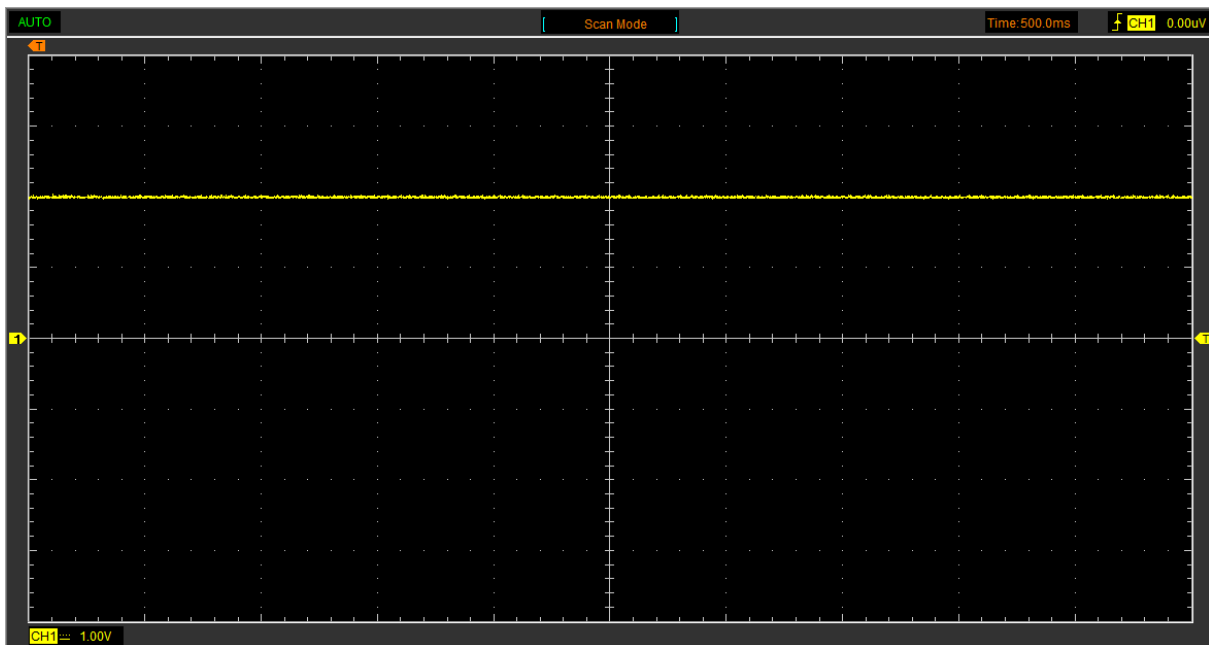


Figura 96. Oscilograma del sensor FTS a 7°C con el osciloscopio Hantek

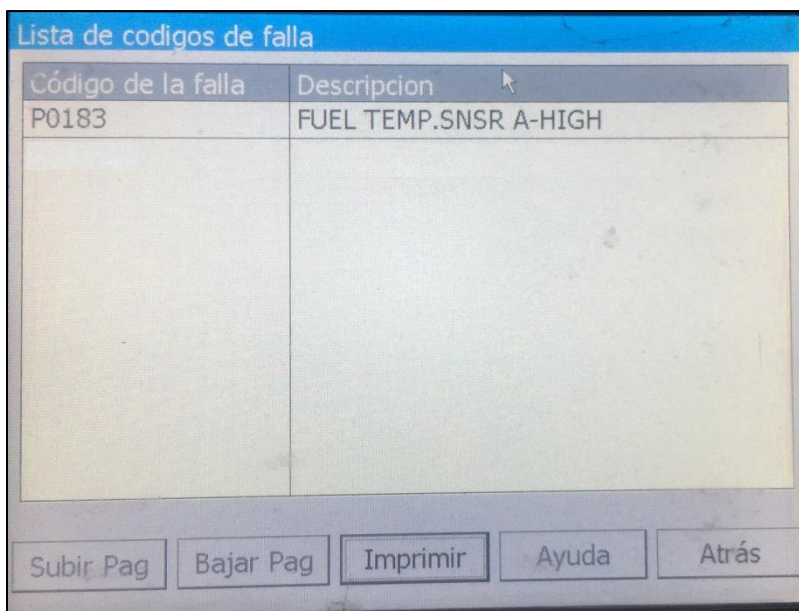


Figura 97. DTC del sensor FTS

Tabla 40

Descripción del DTC del sensor FTS

Código	Descripción
P0183	Sensor de temperatura del combustible a entrada alta del circuito

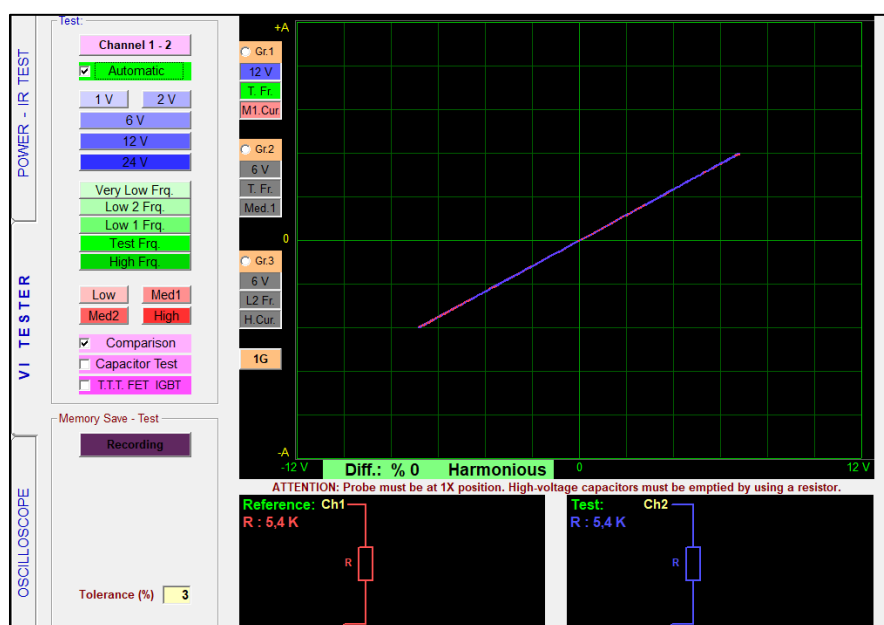


Figura 98. Diagrama del circuito equivalente del sensor FTS

4.5. Sensor CKP

A continuación, se van a describir los datos obtenidos para el sensor CKP, en la figura 100 se pueden observar los colores de los cables y el socket de conexión, en la tabla 41 se pueden observar los pines de conexión, en la tabla 42 se pueden observar los valores de voltaje, en las figuras de la 101 a la 106 se observan los oscilogramas generados con los osciloscopios OTC y Hantek, en la figura 107 se observa el código generado, en la tabla 43 se describe el código generado, en la figura 108 se observa el diagrama del circuito equivalente.

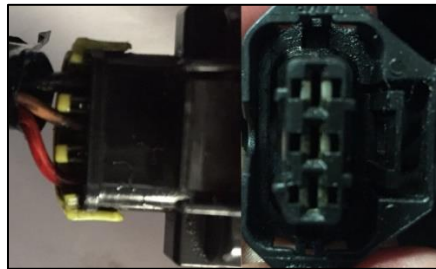


Figura 99. Colores de cables y socket del sensor CKP

Tabla 41

Pines de conexión del sensor CKP

ECU	Sensor
PIN 99	Alimentación y Señal 1
PIN 100	Alimentación y Señal 2
PIN 101	Masa



Tabla 42

Valores de voltaje del sensor CKP

Cables	Voltajes	Imagen
Masa	0.00v	

CONTINÚA



Alimentación y Señal 1	Ralentí	1500rpm	2500rpm	
	2.51v	2.03v	2.52v	
Alimentación y Señal 2	Ralentí	1500rpm	2500rpm	
	2.51v	2.03v	2.52v	

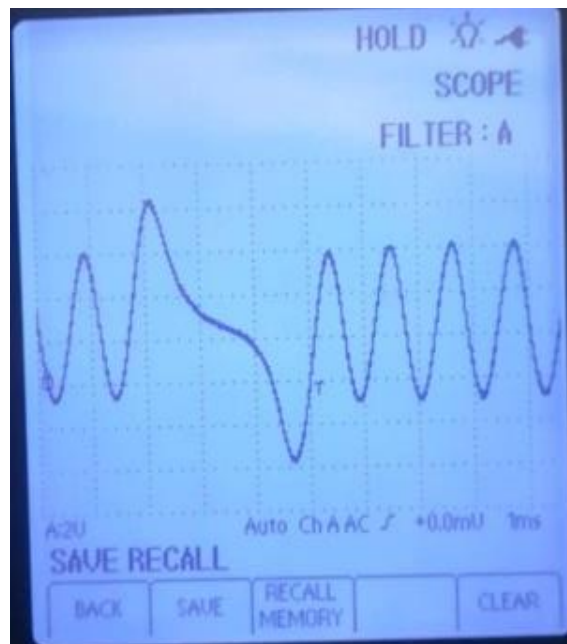


Figura 100. Oscilograma del sensor CKP a ralentí con el osciloscopio OTC

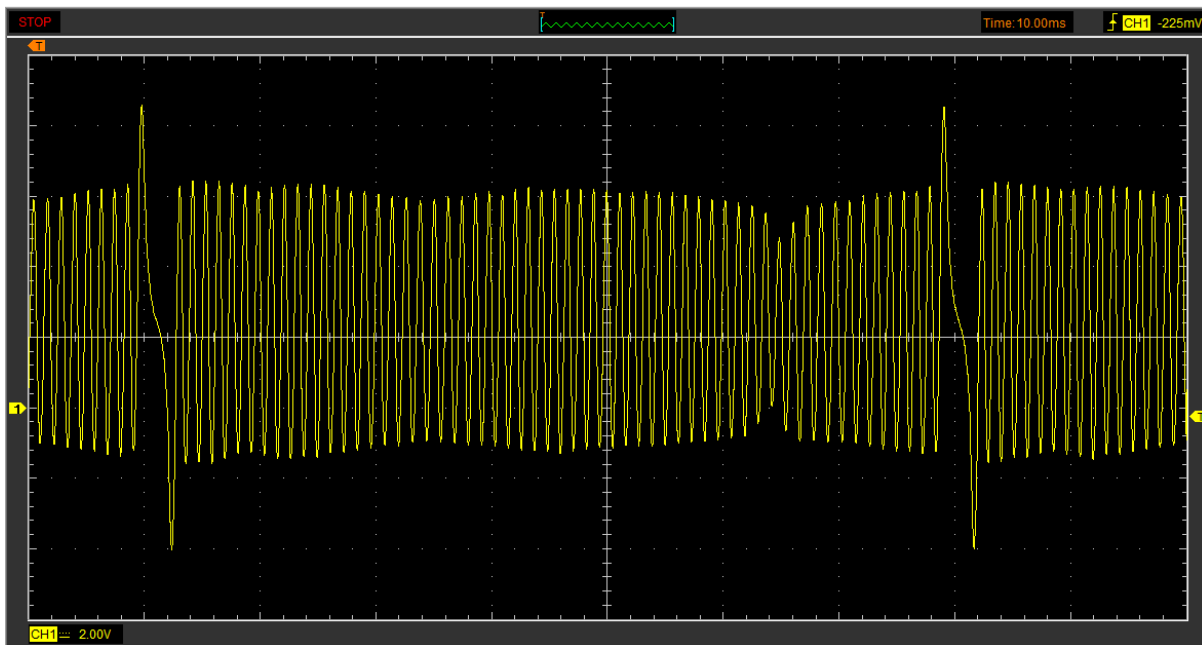


Figura 101. Oscilograma del sensor CKP a ralentí con el osciloscopio Hantek

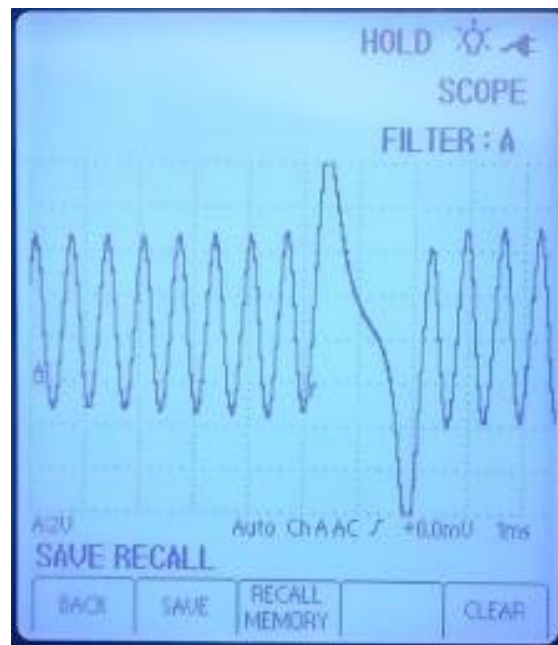


Figura 102. Oscilograma del sensor CKP a 1500rpm con el osciloscopio OTC

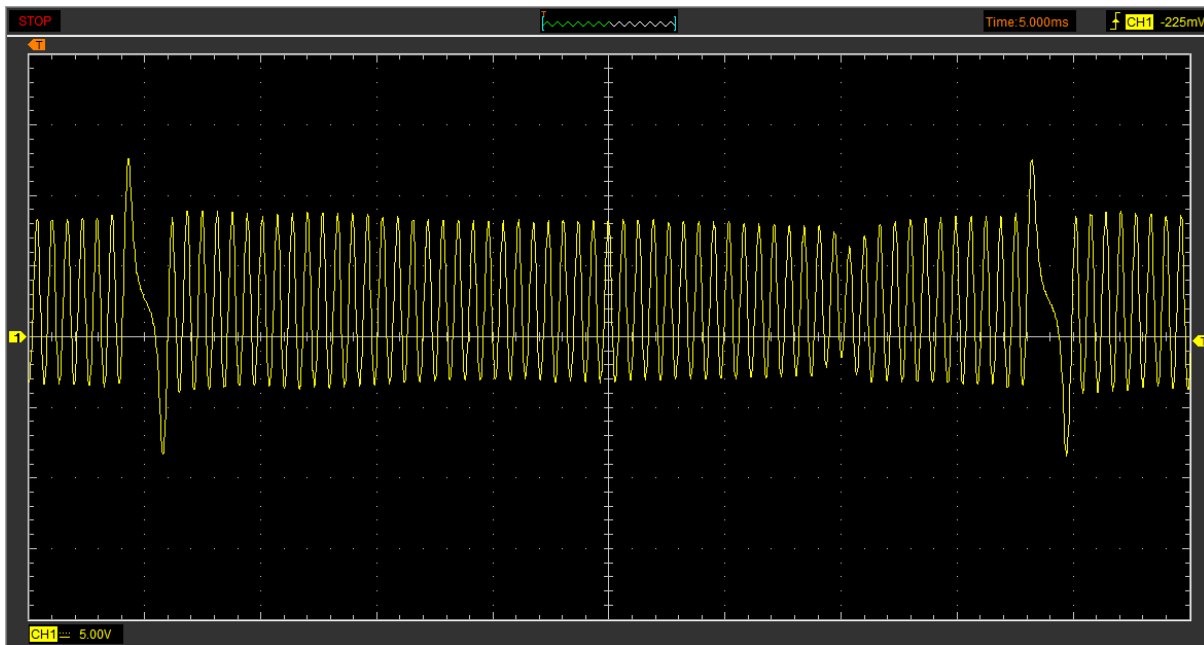


Figura 103. Oscilograma del sensor CKP a 1500rpm con el osciloscopio Hantek

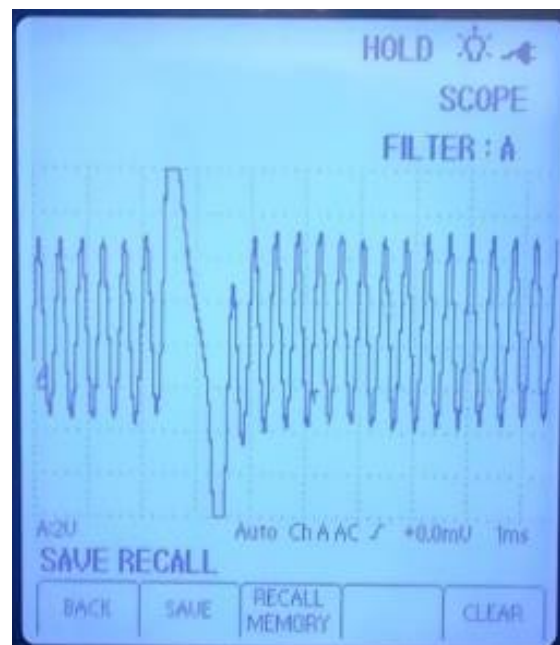


Figura 104. Oscilograma del sensor CKP a 2500rpm con el osciloscopio OTC

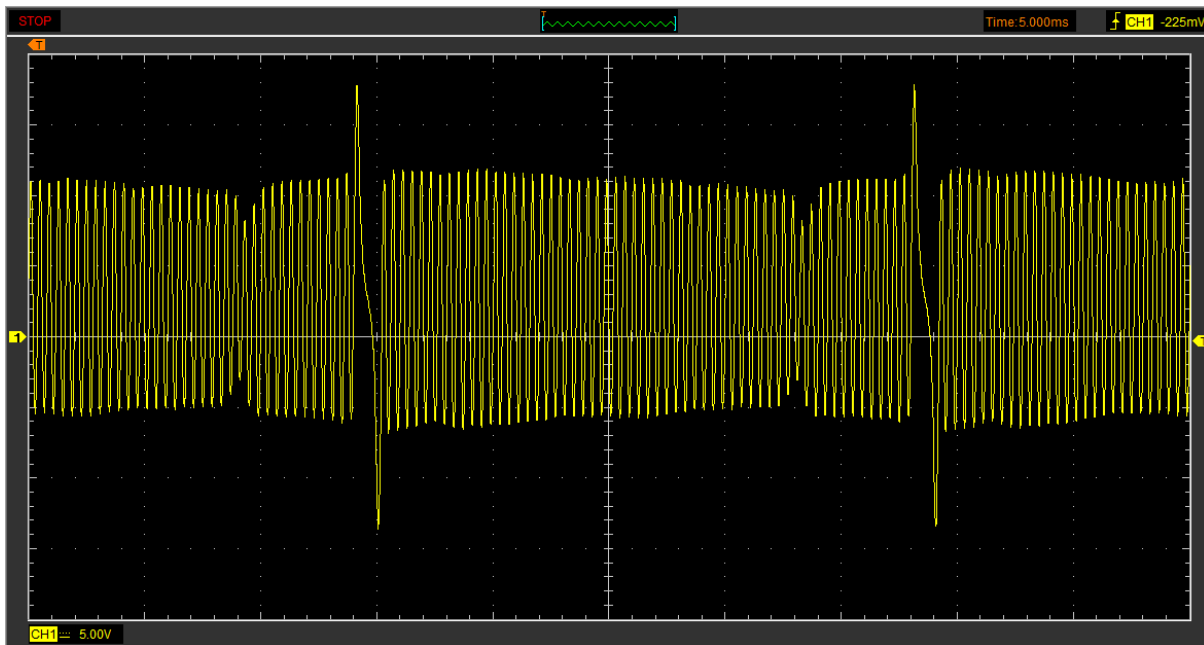


Figura 105. Oscilograma del sensor CKP a 2500rpm con el osciloscopio Hantek

Código de la falla	Descripción
P0336	CRANKSHAFT P.SNSR-ABNORMAL

Subir Pag Bajar Pag Imprimir Ayuda Atrás

Figura 106. DTC del sensor CKP

Tabla 43

Descripción del DTC del sensor CKP

Código	Descripción
P0336	Sensor de posición del cigüeñal a rango/rendimiento del circuito

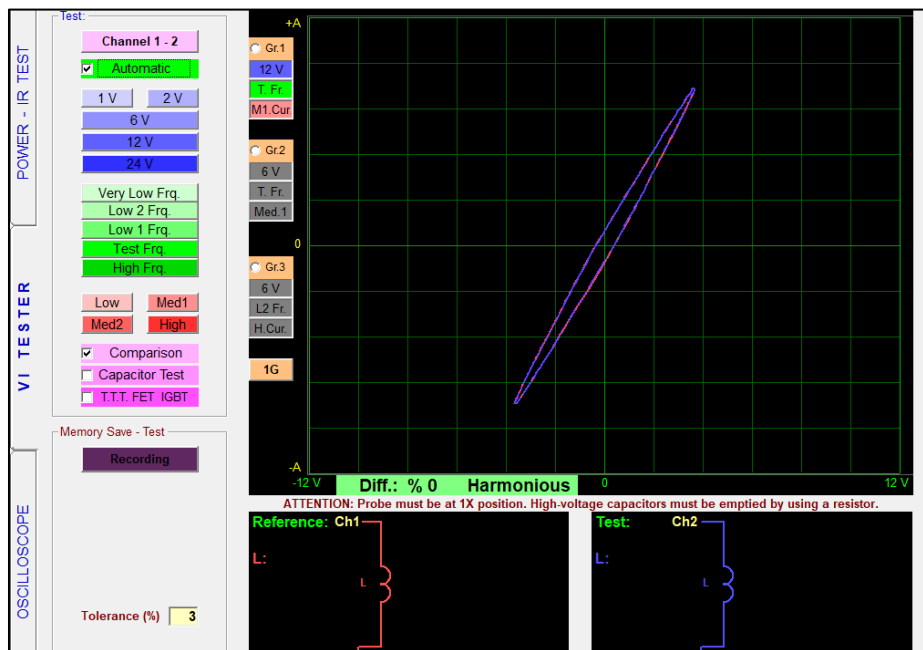


Figura 107. Diagrama del circuito equivalente del sensor CKP entre los terminales de señal 1 y señal 2

4.6. Sensor CMP

A continuación, se van a describir los datos obtenidos para el sensor CMP, en la figura 109 se pueden observar los colores de los cables y el socket de conexión, en la tabla 44 se pueden observar los pines de conexión, en la tabla 45 se pueden observar los valores de voltaje, en las figuras de la 110 a la 115 se observan los oscilogramas generados con los osciloscopios OTC y Hantek, en la figura 116 se observa el código generado, en la tabla 46 se describe el código generado, en las figuras de la 117 a la 118 se observan los diagramas del circuito equivalente.

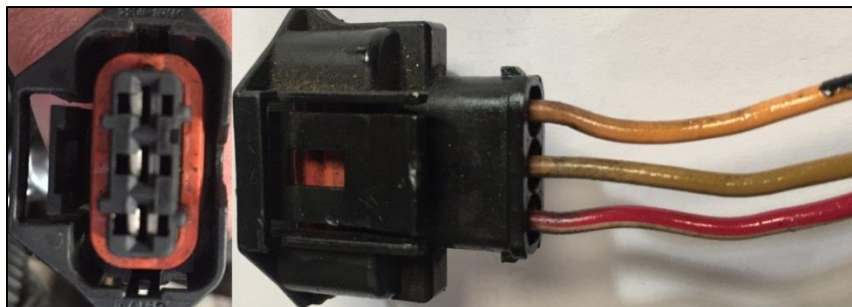


Figura 108. Colores de cables y socket del sensor CMP




Tabla 44

Pines de conexión del sensor CMP

ECU	Sensor
PIN 4	Alimentación
PIN 103	Señal
PIN 104	Masa

Tabla 45

Valores de voltaje del sensor CMP

Cables	Voltajes			Imagen
Alimentación	12.46v			
Masa	0.00v			
Señal	Ralentí	1500rpm	2500rpm	
	0 – 12 v	0 – 12 v	0 – 12 v	
	7.64VRMS	7.70VRMS	7.74VRMS	

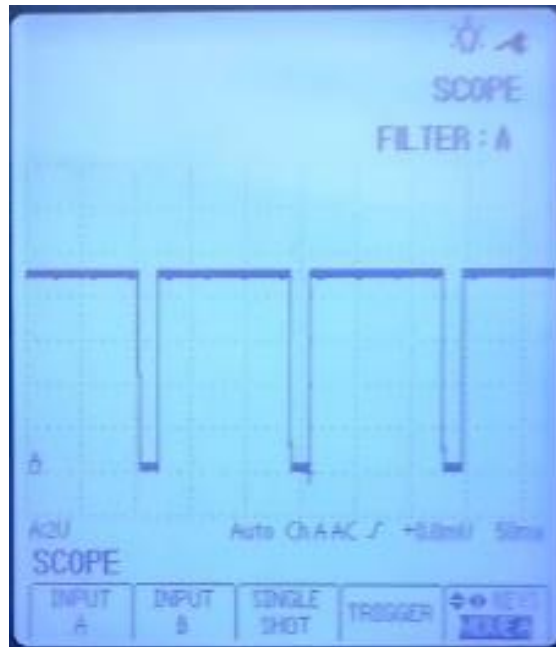


Figura 109. Oscilograma del sensor CMP a ralentí con el osciloscopio OTC

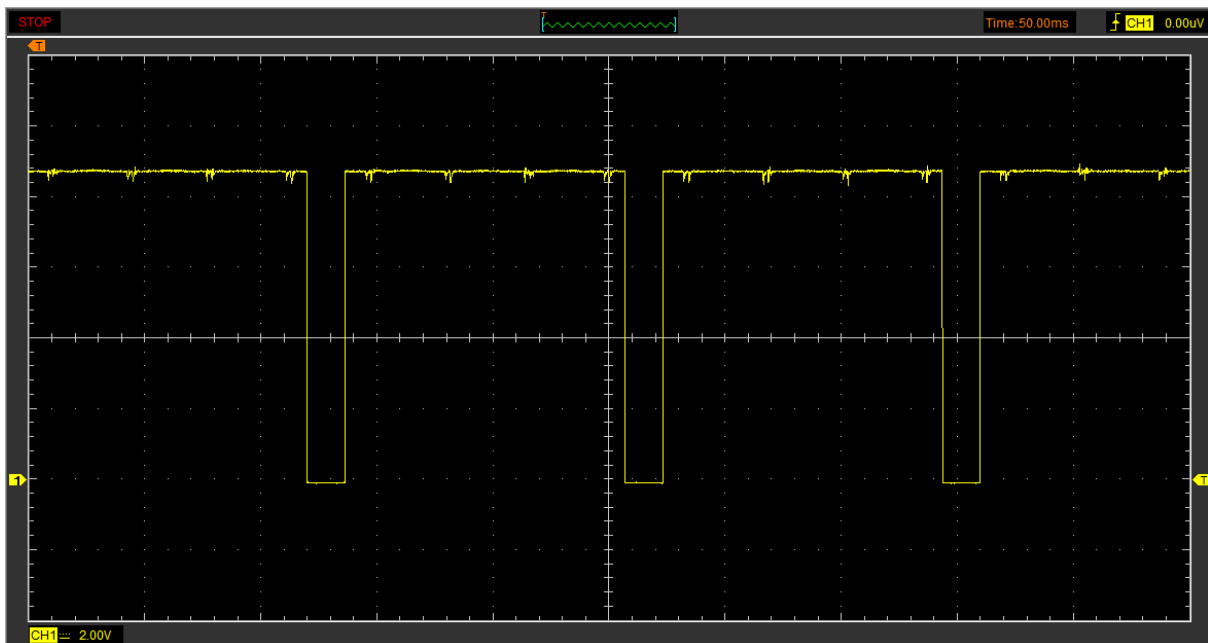


Figura 110. Oscilograma del sensor CMP a ralentí con el osciloscopio Hantek

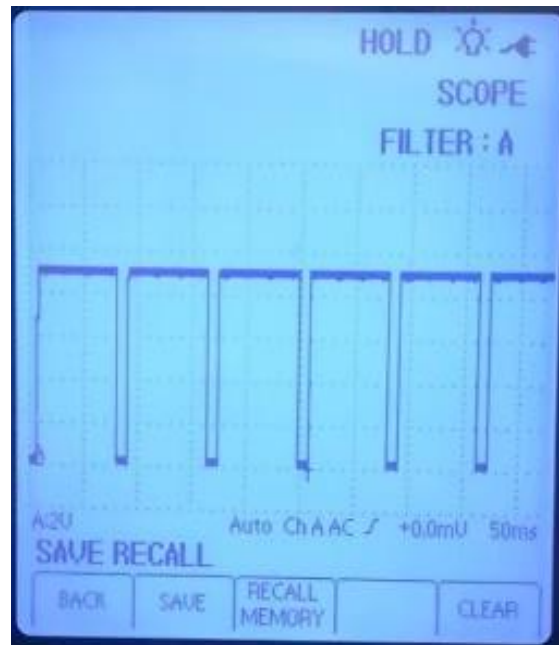


Figura 111. Oscilograma del sensor CMP a 1500rpm con el osciloscopio OTC

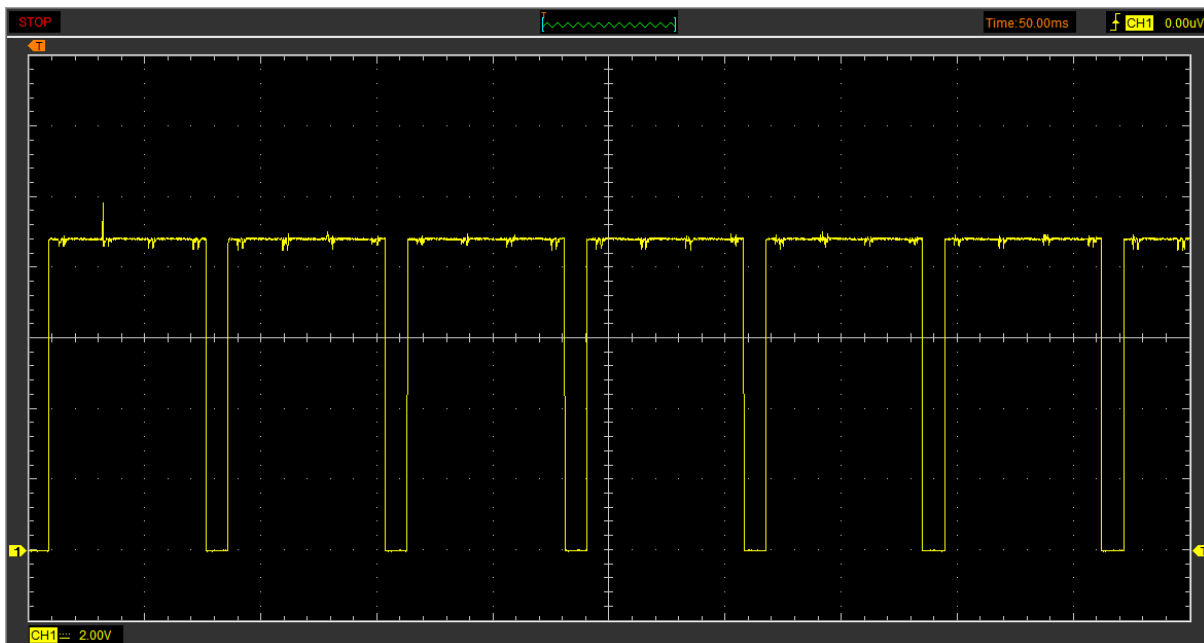


Figura 112. Oscilograma del sensor CMP a 1500rpm con el osciloscopio Hantek

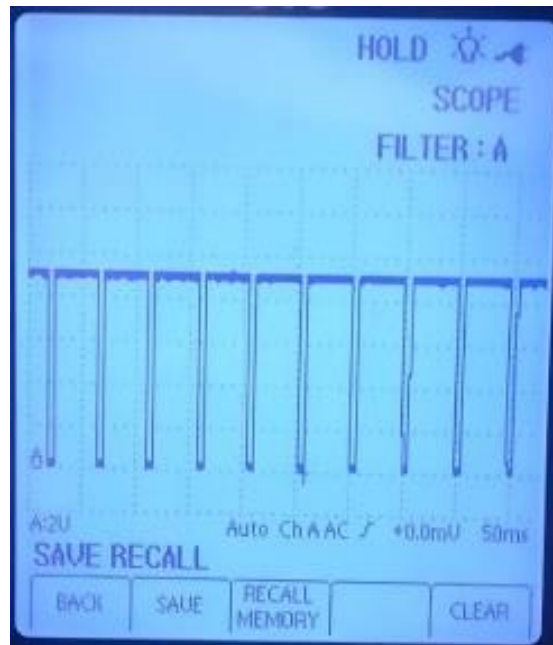


Figura 113. Oscilograma del sensor CMP a 2500rpm con el osciloscopio OTC

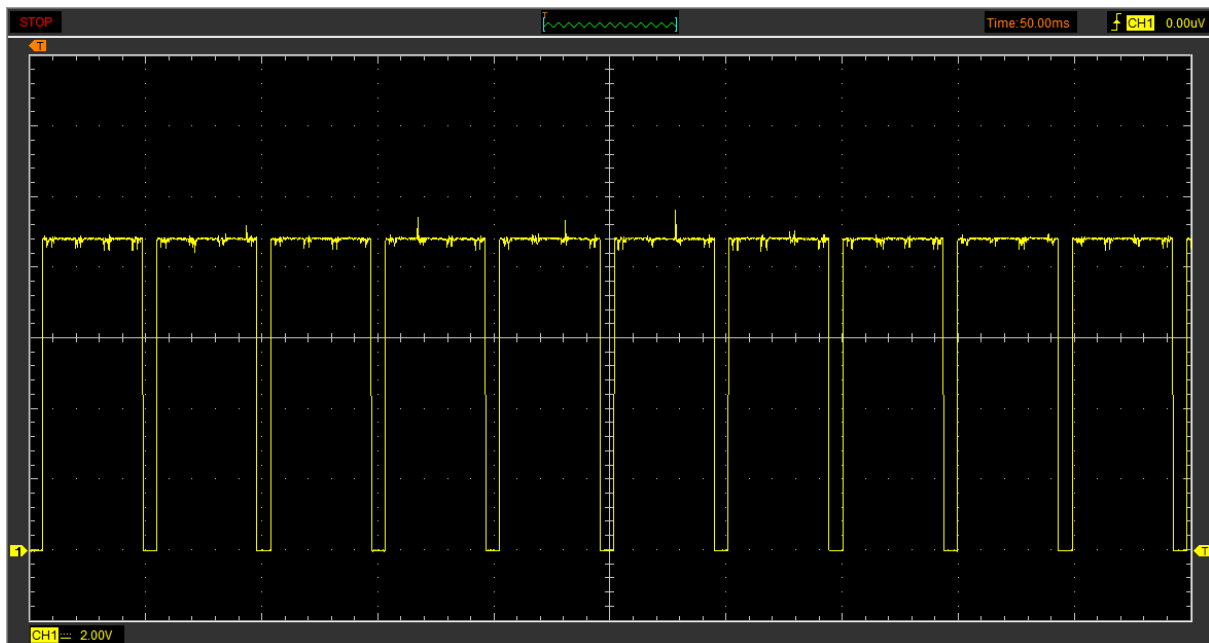


Figura 114. Oscilograma del sensor CMP a 2500rpm con el osciloscopio Hantek

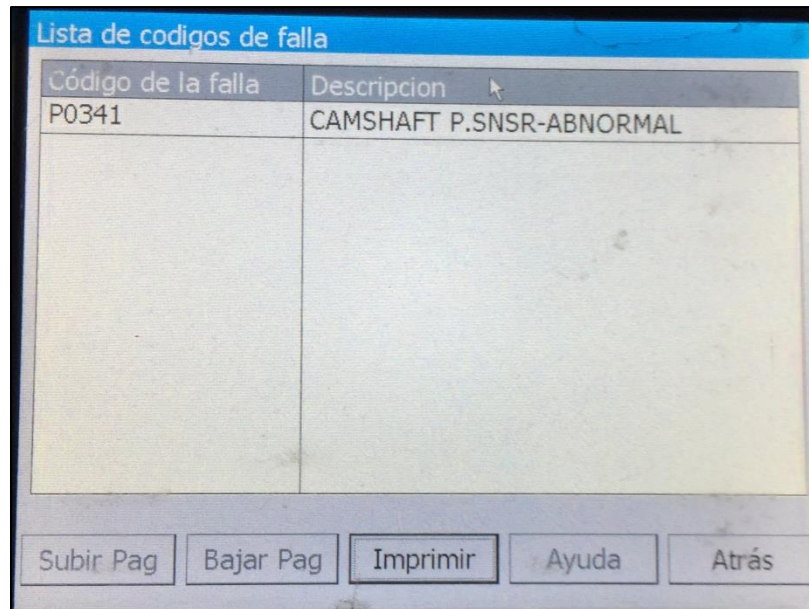


Figura 115. DTC del sensor CMP

Tabla 46

Descripción del DTC del sensor CMP

Código	Descripción
P0341	Rango/Rendimiento del sensor de posición del árbol de levas

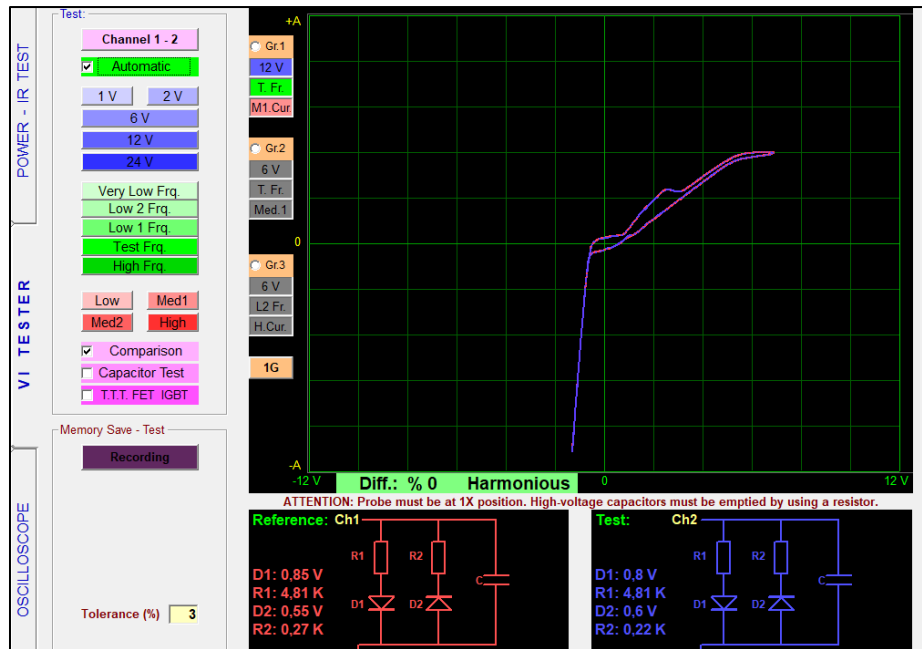


Figura 116. Diagrama del circuito equivalente del sensor CMP entre los terminales de tierra y alimentación

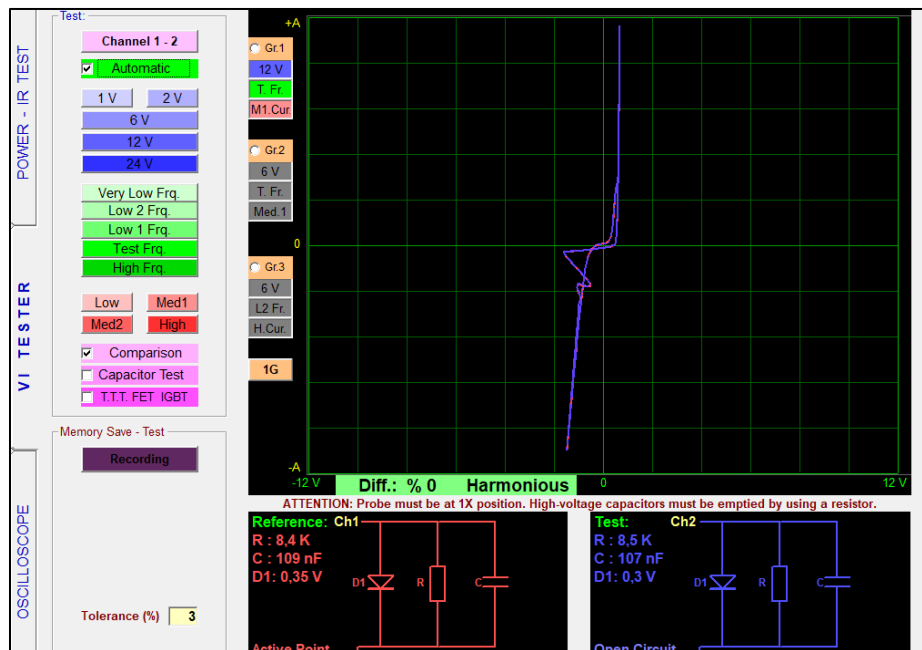


Figura 117. Diagrama del circuito equivalente del sensor CMP entre los terminales de tierra y señal

4.7. Sensor ECT

A continuación, se van a describir los datos obtenidos para el sensor ECT, en la figura 119 se pueden observar los colores de los cables y el socket de conexión, en la tabla 47 se pueden observar los pines de conexión, en la tabla 48 se pueden observar los valores de voltaje, en la tabla 49 se pueden observar los valores de temperatura, en la figura 120 se observa la gráfica de los valores de temperatura, en las figuras de la 121 a la 122 se observan los oscilogramas generados con los osciloscopios OTC y Hantek, en la figura 123 se observa el código generado, en la tabla 50 se describe el código generado, en la figura 124 se observa el diagrama del circuito equivalente.

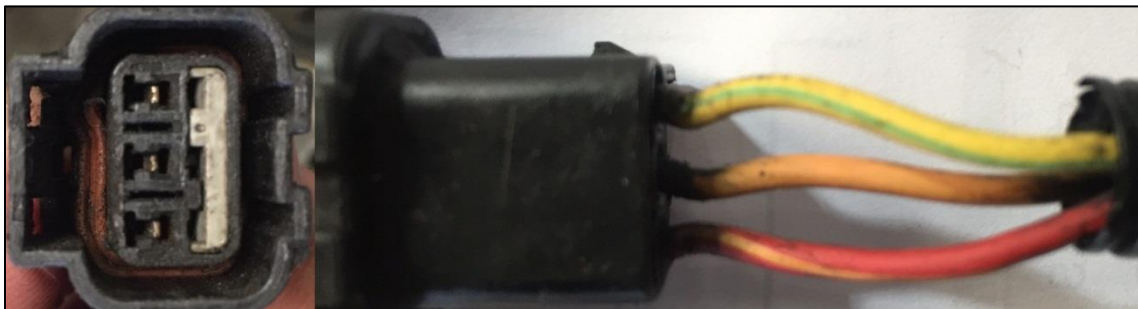


Figura 118. Colores de cables y socket del sensor ECT

Tabla 47

Pines de conexión del sensor ECT

ECU	Sensor
PIN 84	Alimentación y Señal 1
PIN 2	Alimentación y Señal 2
PIN 85	Masa

Tabla 48*Valores de voltaje del sensor ECT*


Cables	Voltajes	Imagen
Masa	0.00v	

Tabla 49*Valores de temperatura del sensor ECT*

Temperatura	Voltaje 1	Voltaje 2
37°C	3,12v	9,11v
76°C	1,48v	6,80v
92°C	1,12v	5,26v
96°C	1,03v	4,87v

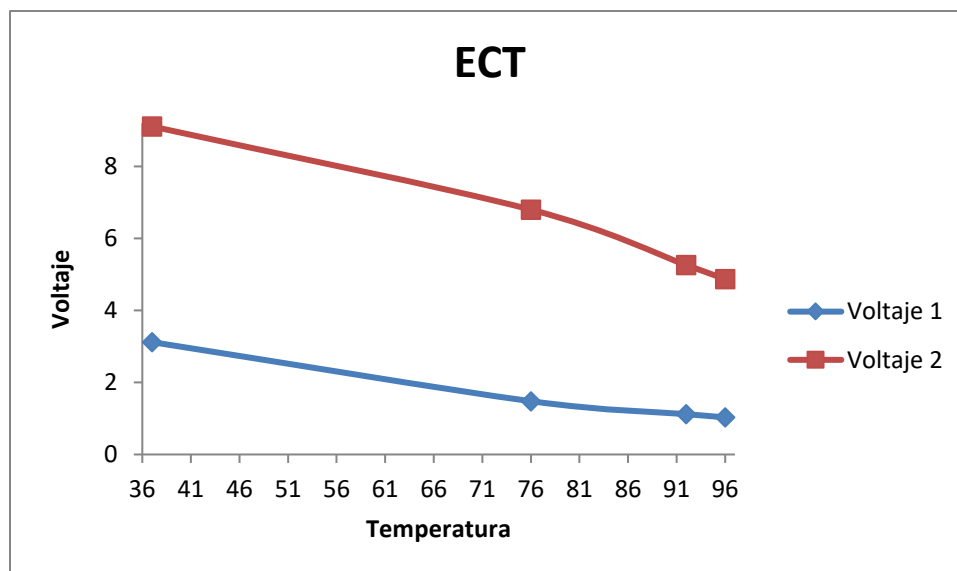
**Figura 119.** Valores de temperatura del sensor ECT



Figura 120. Oscilograma del sensor ECT a 90°C con el osciloscopio OTC

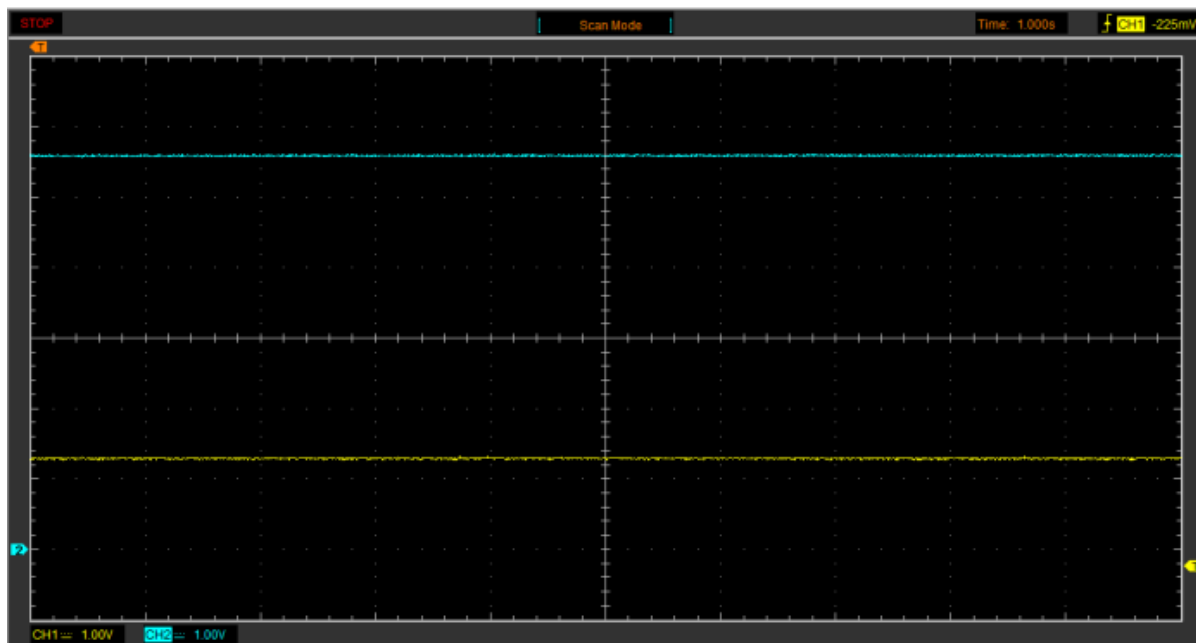


Figura 121. Oscilograma del sensor ECT a 90°C con el osciloscopio Hantek

codigo de falla pendiente		
Código	Descripcion	Estado
P0118	Coolant temperature sensor signal high Sensor1	Faulty wiring and connections. Faulty coolant temperature sensor

Subir Pag Bajar Pag Imprimir Ayuda Atrás

Figura 122. DTC del sensor ECT

Tabla 50

Descripción del DTC del sensor ECT

Código	Descripción	Estado
P0118	Entrada alta del circuito del sensor de temperatura del refrigerante del motor.	Cableado y conexiones defectuosas. Sensor de temperatura del refrigerante defectuoso.

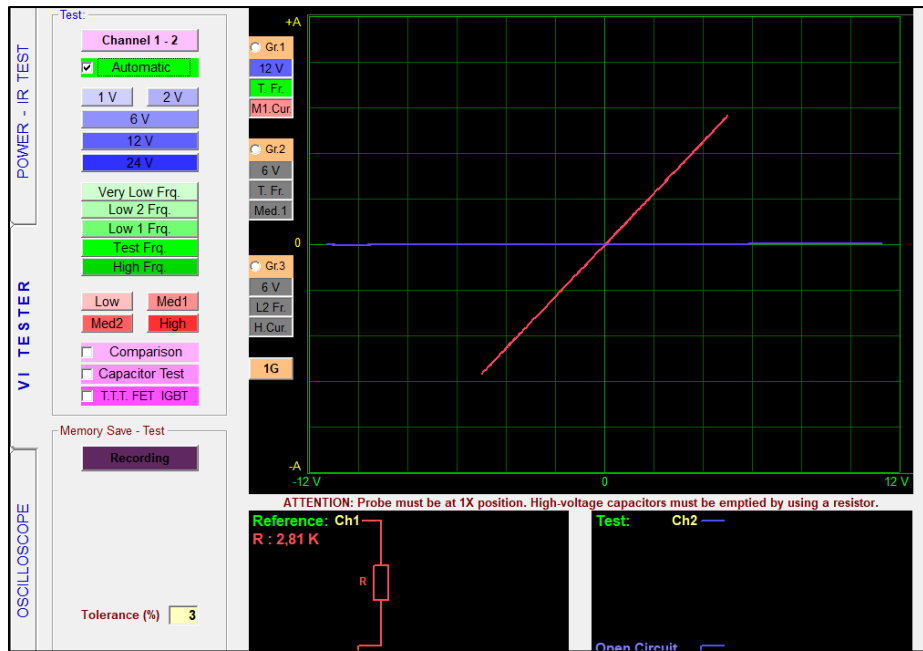


Figura 123. Diagrama del circuito equivalente del sensor ECT entre los terminales de tierra y señal

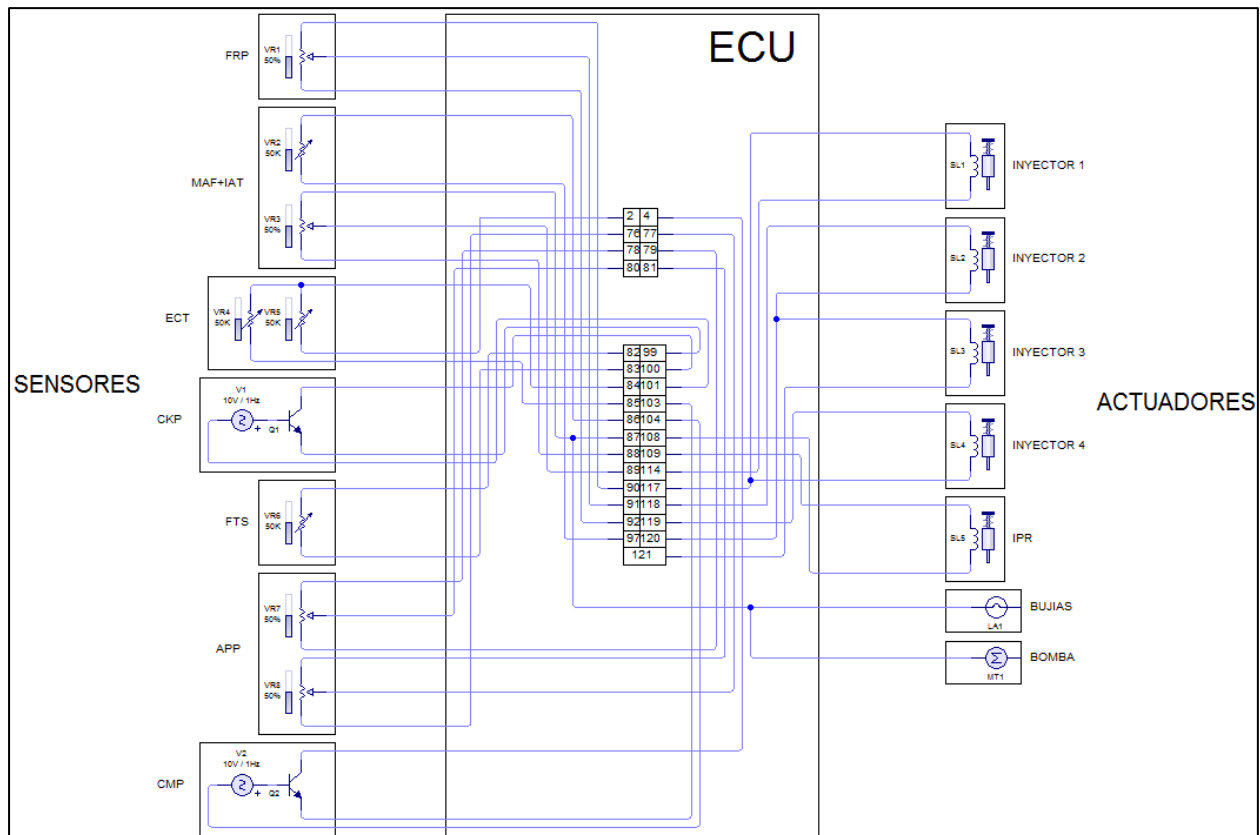


Figura 124. Diagrama eléctrico de sensores y actuadores del motor Kia 2.0L tipo D4EA

CAPÍTULO V

5. MARCO ADMINISTRATIVO

5.1. Recursos

Para la realización de la investigación, se llevó a cabo la utilización óptima de los recursos, entre ellos se detallan recursos humanos, tecnológicos, materiales y financieros.

5.1.1. Recursos humanos

El desarrollo de la investigación “Análisis de desempeño del sistema de control electrónico del sistema CRDI del motor Kia 2.0l Tipo D4ea”, fue realizada por las siguientes personas:

Tabla 51

Colaboradores de la investigación

ORD.	NOMBRE	DETALLE	CARRERA/DEPARTAMENTO
1	Sr. Oscar Erazo	Investigador	Ingeniería Automotriz
2	Sr. Jefferson Sisalema	Investigador	Ingeniería Automotriz
3	Msc. Luis Mena	Director	Ciencias Energía y Mecánica
4	Msc. Germán Erazo	Colaborador	Ciencias Energía y Mecánica

5.1.2. Recursos tecnológicos

En la investigación se utilizó varios recursos tecnológicos, los cuales permitieron el desarrollo de la misma y los que se detallan a continuación:

Tabla 52*Recursos tecnológicos*

ORD.	NOMBRE
1	Osciloscopio
2	Scanner Automotriz
3	Multímetro
4	Detector de imágenes
5	Computadora
6	Celular

5.1.3. Recursos materiales

Los recursos materiales utilizados para el desarrollo de la investigación son:

Tabla 53*Recursos materiales*

ORD.	NOMBRE
1	Motor Kia 2.0l Tipo D4ea
2	Cigarrillera de auto
3	Combustible
4	Fuente de alimentación

5.2. Análisis de costos de la investigación

Para el desarrollo de la investigación se consideran costos realizados, tales como, costos de materiales y equipos necesarios para la obtención de datos en las pruebas, construcción del banco de pruebas, costo del motor, costo de pruebas para la obtención de los parámetros de funcionamiento del motor.

5.2.1. Costo de la construcción del banco de pruebas

Para la construcción del banco de pruebas es necesario la adquisición de materiales, a continuación, se detalla los elementos requeridos:

Tabla 54*Costo de la construcción del banco de pruebas*

Descripción	Cantidad	Valor U. \$	Valor Total \$
Motor Kia 2.0l Tipo D4ea	1	6000	6000
Tubos metálicos	7	15	105
Electrodos	5lb	3	15
Ruedas	5	6	30
Pintura	¼gl	28	7
Thinner	2lt	1.50	3
Laca	½gl	40	20
Pernos	24	0.50	12
Cauchos	4	1.5	6
Madera	1	32	32
Borneras	50	0.10	5
Batería	1	75	75
Manguera de Admisión	1	24	24
Manguera de la tapa válvulas	1	15	15
Filtro de aire	1	13	13
Fibra de vidrio	1m ²	5	5
Resina	¼gl	3	3
Sikaflex	1	12	12
Taipe	6	1	6
Disco de desbaste	1	5	5
Brocas	2	1.50	3
Estilete	1	1	1
Alicate	1	6	6
Seguros de inyectores	4	0.50	2
Lijas	8	1	8
Bisagras	2	1.50	3
Interruptor	1	2	2
Banda de accesorios	1	10	10
Pegamento instantáneo	5	0.50	2.50
Brocha	1	2	2
Guaípe	10	0.25	2.50
Cadena	1m	3	3
Aldaba	1	4.50	4.50
Cigarrillera de auto	1	5	5
Refrigerante	1gl	5	5
Pegamento blanco	1/4gl	4	1
Depósito de combustible	1	2	2
		TOTAL	6455.50

5.2.2. Costo de las pruebas

En costo de las pruebas se presentará tanto el combustible como el transporte:

Tabla 55*Costo de las pruebas*

Descripción	Cantidad	Valor U. \$	Valor Total \$
Combustible (Diesel)	10 gl,	1.05	10.50
Motor de arranque	1	35	35
		TOTAL	45.50

5.2.3. Costo total de la investigación

Además de los gastos ya mencionados anteriormente, se deben añadir gastos de movilización, recursos utilizados en el desarrollo de la investigación:

Tabla 56*Costo total de la investigación*

Descripción	Valor \$
Construcción del banco de pruebas	6455.50
Pruebas	45.50
Costo de movilización	300
Alimentación	200
Costo de movilización del banco	60
Otros	135
Total	7196

CONCLUSIONES

- Se investigó en bases digitales como Google académico, Scribd, Science Direct, Dialnet, Manuales Kia, Manuales Bosch, repositorio digital. Las cuales permitieron desarrollar la investigación.
- Se implementó un banco didáctico que permite al estudiante obtener un conocimiento claro en la manipulación de componentes que intervienen en el control de inyección electrónica CRDI, así como manejo de herramientas modernas para el correcto diagnóstico de los sistemas del motor Kia 2.0l Tipo D4ea perteneciente al vehículo.
- Se realizó el protocolo de pruebas para analizar el funcionamiento de los diferentes sensores del sistema de control electrónico del sistema CRDI a diferentes revoluciones.
- Se realizó las pruebas de funcionamiento de los sensores del sistema de control electrónico del sistema CRDI a diferentes regímenes del motor: a ralentí, a 1500 rpm y a 2500 rpm.
- Se obtuvo los valores del voltaje de cada sensor tanto voltaje de masa, de referencia y de señal.
- Se procedió a obtener los parámetros de funcionamiento de los sensores de temperatura usando el Scanner y multímetro automotriz se obtuvieron los valores de temperatura con respecto a los de voltaje.
- Se procedió a obtener los parámetros de funcionamiento de los sensores de presión usando el Scanner y multímetro automotriz se obtuvieron los valores de presión con respecto a los de voltaje.

- Se obtuvieron las curvas de funcionamiento de cada sensor del sistema de control electrónico del sistema CRDI con la ayuda de equipos de diagnóstico automotriz usando el osciloscopio y comparando las curvas con el simulador de osciloscopio para computadora y el manual del fabricante.
- Se procedió a hacer un diagnóstico de imágenes de cada sensor con la ayuda del generador de imágenes, el cual nos muestra si el sensor es una resistencia, un potenciómetro, un condensador.
- Se analizaron los datos resultantes de cada una de las pruebas de los sensores del sistema de control electrónico del sistema CRDI y se obtuvieron los parámetros de funcionamiento de cada sensor.
- En este tipo de motores el sensor CKP (sensor de posición del cigüeñal) y CMP (sensor de posición del árbol de levas) es de diferente tipo, el sensor CMP es de efecto Hall y el CKP es inductivo.
- El sensor CKP por ser inductivo debe tener dos cables, pero en esta ocasión este sensor es de tres cables por lo que el tercer cable es de blindaje aterrizado.
- Los sensores de temperatura normalmente son de dos cables, pero en este motor tenemos un sensor de temperatura del refrigerante ECT de tres cables el cual un cable es señal para el encendido del ventilador.

RECOMENDACIONES

- Poner en funcionamiento el banco de pruebas cada periodo de tiempo para evitar problemas internos en el motor.
- Antes de utilizar el banco revisar los niveles de aceite, refrigerante y combustible, y comprobar el voltaje de batería el cual como mínimo debe estar en 11,5 voltios.
- Después de utilizar el banco desconectar el borne negativo de la batería, para evitar la descarga de la misma.
- Desconectar el borne negativo de la batería, antes de manipular los circuitos eléctricos para evitar daños en sensores, actuadores, sistemas de control de inyección y encendido o ECM.
- Realizar la calibración e instalación correcta de las herramientas de exploración y medición para obtener datos confiables.
- Durante el funcionamiento del motor evitar la colocación de elementos extraños alrededor de los electroventiladores.
- Antes de encender el vehículo ver si hay presión en el riel de combustible y si están funcionando los sensores CKP y CMP caso contrario el motor no encenderá.
- Para proceder al diagnóstico de imágenes con el generador de imágenes se recomienda desconectar la batería para no tener problemas con el generador de imágenes.
- Al momento de la medición de los voltajes se recomienda leer el documento para poder saber qué tipo de valor se va a obtener y no colocar datos erróneos en las prácticas.

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 Pozo, B. D., & Vaca Rosero, G. D. (2013). *MÓDULO DIDÁCTICO DE LA BOMBA DE INYECCIÓN DE ALTA PRESIÓN COMMON-RAIL DE LA CAMIONETA VOLKSWAGEN AMAROK 4x2*. Ibarra: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.
- Barros Fajardo, L. F., & Pulla Morocho, C. O. (Enero de 2016). *Repositorio Digital - EPN*. Recuperado el 11 de Abril de 2019, de Repositorio Digital - EPN: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/15360/1/CD-7056.pdf>
- Batallas Espinosa, J. A. (09 de Noviembre de 2017). *Repositorio Digital USFQ*. Recuperado el 10 de Abril de 2019, de Repositorio Digital USFQ: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7011/1/133495.pdf>
- Bosch, R. (2005). *Sistemas de inyección diesel por acumulador Common Rail*. Reverte.
- Braun, R., Pumarino, M., & Tolvett, S. (2006). *MOTORES DIESEL: TECNOLOGÍAS PARA SU FUTURO*. Santiago: Universidad de Chile.
- Bustillos Chicaiza, H. F., & Simbaña Quinsasamín, F. D. (09 de Febrero de 2018). *Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. Recuperado el 16 de Abril de 2019, de Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14025/1/T-ESPEL-MAI-0615.pdf>

- Casanova Jiménez, A. R. (2014). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTAL PARA UN PROCEDIMIENTO DE DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN EN TALLER DE SISTEMAS CRDI BOSCH CP1 Y CP3 APLICADOS A LA LINEA KIA*. Latacunga: UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE.
- Cóndor Robalino, M. R., & Allaica Tzetzta, C. W. (2014). *DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DEL SISTEMA COMMON RAIL*. Latacunga: UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS-ESPE.
- Coral de la Cadena, F. A. (2013). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES DE VEHÍCULOS A DIESEL CRDI PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ*. Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Criollo Jadan, O. R., & Matute Bravo, H. M. (2014). *DIAGNÓSTICO DE FALLOS EN LA COMBUSTIÓN PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA ALTERNATIVOS DIESEL POR ANÁLISIS DE VIBRACIONES*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Cueva Bedón, J. L., & Zuñiga Peñafiel, R. G. (29 de Junio de 2016). *Repositorio Institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Recuperado el 11 de Abril de 2019, de Repositorio Institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5923/1/65T00203.pdf>
- García Estrella, D. A., & Logroño Karolys, P. M. (28 de Julio de 2016). *Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. Recuperado el 09 de Abril de 2019, de Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas

Armadas ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11749/1/T-ESPEL-MAI-0552.pdf>

Garófalo Guzmán, A. R. (Abril de 2017). *Repositorio Digital UIDE*. Recuperado el 17 de Abril de 2019, de Repositorio Digital UIDE: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1930/1/T-UIDE-138.pdf>

Gil, H. (2002). *Sistemas de inyección diesel*. Grupo Planeta (GBS).

Granda Lomas, R. P., & Estevez Montesdeoca, S. (2014). *MÓDULO DIDÁCTICO DE LOS INYECTORES DEL SISTEMA COMMON RAIL DE LA CAMIONETA VOLKSWAGEN AMAROK*. Ibarra: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.

Kia, M. (2005). *COMMON RAIL-Delphi Manual de Entrenamiento de Servicio*. Santiago: Kia Motors.

Lema Vega, F. D., & López Solano, J. L. (15 de Febrero de 2016). *Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte*. Recuperado el 10 de Abril de 2019, de Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7462/1/04%20MAUT%20007%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

Montalvo, H., Reascos, S., & Pavón, R. (Octubre de 2017). *Repositorio Digital UIDE*. Recuperado el 18 de Abril de 2019, de Repositorio Digital UIDE: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2510/1/T-UIDE-1799.pdf>

Morán Vega, C. H., & Passo Guamangate, M. R. (06 de Junio de 2016). *Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. Recuperado el 09 de Abril de 2019, de Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12412/1/T-ESPEL-MAI-0549.pdf>

- Noboa Pazmiño, J. S., & Vargas Caspi, D. A. (23 de Agosto de 2017). *Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. Recuperado el 10 de Abril de 2019, de Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13435/1/T-ESPEL-MAI-0608.pdf>
- Ortiz Sanmartín, H. F. (2014). *Análisis del sistema de inyección directa Common Rail en un motor Man*. Cuenca: UNIVERSIDAD DEL AZUAY.
- Salinas Carvajal, D. A., & Villavicencio Ramos, J. D. (2013). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN MECÁNICA DE UN BANCO PARA LA COMPROBACIÓN DE INYECTORES DIESEL: DENSO, DELPHI Y BOSCH DEL SISTEMA CRDI*. Latacunga: UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE.
- Tigre Sangurima, M. O., & Villa Cayambe, N. M. (2015). *REPOTENCIACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES PARA VEHÍCULOS A DIESEL CRDI PARA EL LABORATORIO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ*. Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores ERAZO ESPINOZA OSCAR EDUARDO y SISALEMA IBARRA JEFFERSON NAPOLEON.

En la ciudad de Latacunga a los 19 del mes de junio de 2019.

Aprobado por:


Ing. Luis Mena

DIRECTOR DEL PROYECTO


Ing. Danilo Zambrano

DIRECTOR DE LA CARRERA


Ab. Darwin Albán

SECRETARIO ACADEMICO

