

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**ANÁLISIS DE FALLAS DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE
COMBUSTIBLE DE UN MOTOR HYUNDAI SANTA FE 2.0 CRDi
BASADO EN CURVAS DE OSCILOSCOPIO**

**TÉSIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MÁSTER (MSc) EN
SISTEMAS AUTOMOTRICES**

LAURO FERNANDO BARROS FAJARDO
lbarros@ups.edu.ec

CHRISTIAN OMAR PULLA MOROCHO
cpulla@ups.edu.ec

DIRECTOR: MSc. ING. JORGE ENRIQUE MARTINEZ CORAL
jmartinezcoral@gmail.com

Quito, ENERO 2016

DECLARACIÓN

Nosotros, Lauro Fernando Barros Fajardo y Christian Omar Pulla Morocho, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

.

Lauro Fernando Barros Fajardo

Christian Omar Pulla Morocho

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Lauro Fernando Barros Fajardo y Christian Omar Pulla Morocho, bajo nuestra supervisión.

MSc. Ing. Jorge Enrique Martínez Coral
DIRECTOR DE TESIS

MSc. Ing. Iván Zambrano Orejuela
CO-DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer sinceramente a aquellas personas que compartieran sus conocimientos con nosotros; como los docentes nacionales y extranjeros de la Escuela Politécnica Nacional y de la Universidad Politécnica Salesiana; para hacer posible la conclusión de esta tesis.

Especialmente agradecemos a nuestro director al Ing. Jorge Martínez Coral, por su amistad incondicional y su asesoría profesional; siempre dispuesta aún en la distancia.

Al Ing. Iván Zambrano por sus ideas y recomendaciones respecto a esta investigación, y por haber dirigido con liderazgo esta maestría.

De igual manera al Ing. Ángel Portilla, por sus opiniones y criterios valiosos que fortalecieron el desarrollo de esta investigación.

A todas las personas y amigos que estuvieron acompañándonos desde el inicio de la maestría, hasta su culminación.

A todos mil Gracias por su colaboración.

DEDICATORIA

A Dios, razón de mi existencia, por permitirme llegar a este momento tan emotivo de mi vida profesional.

A mis Padres, por ser el pilar más importante en mi vida, por esa muestra de amor, apoyo brindado día a día.

A mi esposa por su muestra de amor, confianza y apoyo brindado en los momentos necesarios.

A mis hijos Ashley y Brian son los seres más importantes en mi vida y el pilar fundamental para cumplir esta meta.

Lauro

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen, razón de mi existencia, por permitirme llegar a este momento tan emotivo de mi carrera.

A mis dos amores Jhoana y Micaela, los seres más importante en mi vida, por su muestra de amor, confianza y apoyo brindado en los momentos necesarios.

A mis padres Julio e Inés, por su apoyo incondicional, sus esfuerzos y consejos brindados día tras día.

A mi hermano Paulo y mi tía Filomena por sus muestras de motivación y apoyo mientras más lo necesitaba.

A toda mi familia que son el pilar fundamental para cumplir esta meta.

Christian

RESUMEN

En el presente trabajo; se describe el análisis de fallas del sistema de alimentación de combustible de alta y baja presión en un motor Hyundai Santa Fe 2.0 CRDi; basado en curvas de osciloscopio; cuando el motor se encuentra en condiciones normales de funcionamiento y cuando se han simulado fallos característicos en los sensores y actuadores de dicho sistema.

Se inicia presentando los fundamentos teóricos, el principio de funcionamiento y los componentes del sistema de inyección Common Rail (CRDi); los cuales corresponden al circuito de baja presión, alta presión de combustible y control electrónico. Se expone las fallas más frecuentes que pueden presentarse en el sistema de alimentación de combustible.

Los procedimientos experimentales utilizados para este trabajo, empiezan a partir de un ciclo experimental y una fase de comprobación. Dentro de ésta se describe las características del motor de pruebas correspondiente a un banco didáctico CRDi. Se exponen los equipos empleados en el diagnóstico, las condiciones y el ambiente de investigación.

Para proceder a describir las pruebas estáticas; se generó un protocolo establecido en base a los requerimientos que establece el manual del fabricante del motor.

Finalmente; se analiza y compara los oscilogramas obtenidos; en condiciones normales de funcionamiento con los oscilogramas con generación de falla tanto de los sensores y actuadores que forman parte del sistema de alimentación de combustible CRDi.

PRESENTACIÓN

La presente investigación permite generar una guía práctica basada en oscilogramas obtenidas por osciloscopio, para analizar las fallas en los componentes eléctricos que intervienen en el sistema de alimentación de combustible de un motor Hyundai Santa Fe 2.0 CRDi.

El aporte de información al área de investigación automotriz; permite obtener además una guía de diagnóstico práctico que servirá como base para futuros estudios y que pueda ser aplicado al área técnica de diagnóstico. De esta manera se incurre a la eficiencia de trabajo para la resolución de problemas que se presentan en la actualidad; referentes al mantenimiento y vida útil de los vehículos con este sistema de alimentación.

Para desarrollar el ciclo de investigación experimental, se establece el problema, la hipótesis, las pruebas y análisis de resultados, verificando las variables fundamentales de trabajo, optimizando así los recursos en el área de diagnóstico.

En ésta investigación se realizan pruebas estáticas, las cuales permiten captar el comportamiento de trabajo de los principales sensores y actuadores del sistema de alimentación de combustible del motor CRDi, tomando en cuenta diferentes consideraciones, como son: rpm del motor, lugar de experimentación, la presión atmosférica y temperatura de funcionamiento del motor.

Para la adquisición y registro de datos, se utilizan equipos de diagnóstico modernos; como: multímetro automotriz, scanner y osciloscopio. Las pruebas y mediciones realizadas, se estructuran en base a un protocolo establecido para garantizar su repetitividad, asegurando que la presente investigación, sea de gran aporte al sector automotriz y que sirva como punto de referencia para nuevas investigaciones.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN	vi
PRESENTACIÓN	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS	xix
CAPÍTULO I	1
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	1
1.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN COMMON RAIL “CRDi”.....	1
1.1.1 EL SISTEMA COMMON RAIL	1
1.1.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN COMMON RAIL	2
1.1.3 VENTAJAS Y BENEFICIOS DEL SISTEMA COMMON RAIL	3
1.1.4 SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO.....	3
1.1.4.1 La unidad de control del motor (ECM).....	3
1.1.4.2 Sensores.....	4
1.1.4.3 Actuadores.....	5
1.1.5 SISTEMAS UTILIZADOS EN LA ACTUALIDAD.....	6
1.2 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE COMMON RAIL	7
1.2.1 CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN	7
1.2.2 CIRCUITO DE ALTA PRESIÓN	8
1.3 BANCO DIDÁCTICO CRDi DIESEL	9
1.3.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:	9
1.4 FALLAS MÁS COMUNES EN EL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR CRDI	11

1.4.1	CUADRO DE FALLAS DEL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR HYUNDAI SANTA FE CRDi 2.0	11
1.4.2	VARIABLES O ELEMENTOS DEL SISTEMA DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE CRDi, QUE PUDEN ANALIZARSE CON EL OSCILOSCOPIO AUTOMOTRIZ PARA EL DIAGNÓSTICO DE FALLAS ..	12
CAPÍTULO II.....		13
PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES		13
2.1	INTRODUCCIÓN.....	13
2.2	CICLO BÁSICO DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL	14
2.3	EXPERIMENTACIÓN.....	15
2.3.1	MOTOR DE PRUEBAS	16
2.3.2	LUGAR DE EXPERIMENTACIÓN.....	17
2.3.3	EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO	18
2.3.3.1	Escáner automotriz Carman VG 64	18
2.3.3.1.1	Características Generales del Carman VG 64.	19
2.3.3.2	Osciloscopio automotriz FINEST 1006	20
2.3.3.2.1	Características Generales del Osciloscopio FINEST 1006.	20
2.3.3.3	Multímetro automotriz ES 597IR.....	21
2.3.3.3.1	Características Generales del Multímetro ES 597IR.....	21
2.4	PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	22
2.4.1	PRUEBAS PRELIMINARES.....	22
2.4.2	PRUEBAS ESTÁTICAS	23
2.4.2.1	Protocolo de pruebas estáticas.....	23
2.5	CONDICIONES MECANICAS:	24
2.5.1	INSPECCION DE PARAMETROS ESTABLECIDOS POR EL FABRICANTE.....	26
2.5.1.1	Verificación de la Tensión de la batería.....	26
2.5.1.2	No registrar código de fallas DTC	27
2.5.1.3	Prueba de presión de funcionamiento de la bomba eléctrica en el circuito de baja presión.	28
2.5.1.4	Prueba de presión residual en el circuito de baja presión.	29
2.5.1.5	Presión en el retorno de combustible	30
2.5.1.6	Prueba del volumen de combustible suministrado por los inyectores con el escáner automotriz.....	31
2.5.1.7	Prueba de compresión de los cilindros con el escáner automotriz.....	32
2.6	VARIABLES PARA LA GENERACIÓN DE FALLAS	33
2.6.1	FORMATOS Y TABLAS.....	35

2.7	OBTENCIÓN DE OSCILOGRAMAS DE LOS SENSORES Y ACTUADORES DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE CRDi	36
2.7.1	MEDICIONES Y OSCILOGRAMAS; EN CONDICIONES NORMALES DE FUNCIONAMIENTO Y CON GENERACIÓN DE FALLO EN SENSORES... 36	
2.7.1.1	Sensor de presión del riel o Rail Pressure Sensor (RPS)	36
2.7.1.1.1	Funcionamiento	36
2.7.1.1.2	Pines	38
2.7.1.1.3	Mediciones y Datos obtenidos.....	39
2.7.1.1.4	Formas de onda en condición normal de funcionamiento.....	41
2.7.1.1.5	Falla Propuesta	42
2.7.1.1.6	Formas de onda en condiciones de fallo.....	45
2.7.1.2	Sensor de Temperatura del Combustible o Fuel Temperature Sensor (FTS) 46	
2.7.1.2.1	Funcionamiento	46
2.7.1.2.2	Pines	47
2.7.1.2.3	Mediciones y datos obtenidos	48
2.7.1.2.4	Formas de onda en condición normal de funcionamiento.....	52
2.7.1.2.5	Falla propuesta.....	53
2.7.1.2.6	Formas de onda en condiciones de fallo.....	54
2.7.2	MEDICIONES Y OSCILOGRAMAS; EN CONDICIONES NORMALES DE FUNCIONAMIENTO Y CON GENERACIÓN DE FALLO EN ACTUADORES.....	55
2.7.2.1	Regulador de Presión del Riel o Rail Pressure Regulator (RPR).....	55
2.7.2.1.1	Funcionamiento	55
2.7.2.1.2	Pines	55
2.7.2.1.3	Mediciones y Datos obtenidos.....	56
2.7.2.1.4	Formas de onda en condición normal de funcionamiento.....	57
2.7.2.1.5	Falla Propuesta	58
2.7.2.1.6	Formas de onda en condiciones de fallo.....	58
2.7.2.2	inyector INJ (Injector).....	59
2.7.2.2.1	Funcionamiento	59
2.7.2.2.2	Pines	60
2.7.2.2.3	Mediciones y Datos obtenidos.....	61
2.7.2.2.4	Formas de onda en condición normal de funcionamiento.....	62
2.7.2.2.5	Falla Propuesta	63
2.7.2.2.6	Formas de onda en condiciones de fallo.....	63
2.7.2.3	Bomba eléctrica de combustible	64
2.7.2.3.1	Funcionamiento	64

2.7.2.3.2 Pines	64
2.7.2.3.3 Mediciones y Datos obtenidos.....	65
2.7.2.3.4 Formas de onda en condición normal de funcionamiento.....	65
2.7.2.3.5 Falla Propuesta	66
2.7.2.3.6 Formas de onda en condiciones de fallo.....	66
CAPÍTULO III	68
ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LOS OSCILOGRAMAS.....	68
3.1 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LOS OSCILOGRAMAS OBTENIDOS, GENERADOS POR FALLOS EN LOS SENSORES.....	68
3.1.1 FALLO GENERADO EN LOS SENSORES Y COMPORTAMIENTO DE OSCILOGRAMAS EN LAS OTRAS VARIABLES.....	68
3.1.1.1 Fallo del Sensor RPS y comportamiento del sensor FTS.....	68
3.1.1.2 Fallo del Sensor RPS y comportamiento del sensor RPR.....	71
3.1.1.3 Fallo del Sensor RPS y comportamiento del oscilograma del Inyector.....	74
3.1.1.4 Fallo del Sensor RPS y comportamiento en la bomba eléctrica de alimentación de combustible.....	77
3.1.1.5 Fallo del Sensor FTS y comportamiento del sensor RPS.....	79
3.1.1.6 Fallo del Sensor FTS y comportamiento de la válvula reguladora de presión de combustible del riel	81
3.1.1.7 Fallo del Sensor FTS y comportamiento del inyector.....	83
3.1.1.8 Fallo del Sensor FTS y comportamiento de la bomba de combustible.....	85
3.2 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LOS OSCILOGRAMAS OBTENIDOS, GENERADOS POR FALLO EN LOS ACTUADORES.....	86
3.2.1 FALLO GENERADO EN LOS ACTUADORES Y COMPORTAMIENTO EN LAS OTRAS VARIABLES.....	86
3.2.1.1 Fallo de la válvula reguladora de presión (DVR) y comportamiento del sensor RPS.....	86
3.2.1.2 Fallo de la válvula reguladora de presión (DVR) y comportamiento del sensor de temperatura de combustible (FTS)	87
3.2.1.3 Fallo de la válvula reguladora de presión (DVR) y comportamiento del Inyector.....	88
3.2.1.4 Fallo de la válvula reguladora de presión (DVR) y comportamiento de la bomba eléctrica.....	89
3.2.1.5 Fallo del inyector (IJ) y comportamiento del sensor RPS.....	90
3.2.1.6 Fallo del inyector (IJ) y comportamiento del sensor FTS.....	92
3.2.1.7 Fallo del inyector y comportamiento de la válvula reguladora de presión. ...	94
3.2.1.8 Fallo del inyector y comportamiento de la bomba eléctrica de alimentación de combustible	96

3.2.1.9 Fallo de la bomba eléctrica de combustible y comportamiento de los sensores y actuadores.....	96
3.3 GENERACIÓN DE UNA GUÍA DE DIAGNÓSTICO DE LOS SENSORES Y ACTUADORES DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE CRDi, BASADO EN CURVAS DE OSCILOSCOPIO.....	97
CAPÍTULO IV	100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
4.1 CONCLUSIONES.....	100
4.2 RECOMENDACIONES	101
4.3 PROPUESTAS.....	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
ANEXOS	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Sistema Common Rail BOSCH	2
Figura 1.2 - Unidad de Control del Motor Santa Fe CRDI 2.0 (ECM).....	4
Figura 1.3 - Disposición de la Unidad de Mando y los sensores del sistema CRDI.....	5
Figura 1.4 - Principales actuadores del sistema CRDI.....	6
Figura 1.5 - Circuito de Inyección Common Rail	7
Figura 1.6 - Circuito de baja presión.....	8
Figura 1.7 - Circuito de Alta Presión.....	8
Figura 1.8 - Vista Superior del banco de diagnóstico Santa Fe CRDi	10
Figura 1.9 - Vista Frontal del banco de diagnóstico Santa Fe CRDi.....	10
Figura 2.1 - Ciclo básico de investigación experimental de Carles Riba Romeva.....	14
Figura 2.2 - Ciclo básico de investigación experimental utilizada por los autores	15
Figura 2.3 - Banco de Diagnostico CRDi Diésel.....	17
Figura 2.4 - Vista interna del Taller de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca	17
Figura 2.5 - Ubicación del lugar de experimentación	18
Figura 2.6 - Escáner automotriz CARMAN VG 64.....	19
Figura 2.7 - Osciloscopio automotriz FINEST 1006.....	20
Figura 2.8 - Multímetro automotriz ES 597IR	21
Figura 2.9 - Inspecciones previas a la obtención de oscilogramas en el motor Santa Fe CRDi.....	25
Figura 2.10 - Medición de la tensión de la batería con el multímetro.....	26
Figura 2.11 - Ingreso al menú de diagnóstico de códigos de falla - Escáner Carman VG ..	27
Figura 2.12 - Visualización con el Escáner, donde no se registra códigos de falla (DTC). 27	
Figura 2.13 - Ubicación del manómetro.....	28
Figura 2.14 - Prueba de sobrepresión	28
Figura 2.15 - Forma de obturar la tubería de combustible con una pinza.....	29
Figura 2.16 - Prueba de presión residual	29
Figura 2.17 - Conexión del manómetro entre la tubería de retorno de la bomba y el filtro de combustible	30
Figura 2.18 - Valores de Presión medidas en el retorno de combustible	30

Figura 2.19 - Resultados finales de la prueba del volumen de inyección de combustible. .	31
Figura 2.20 - Promedio final de revoluciones del motor por cada cilindro.....	32
Figura 2.21 - Resultados de encuesta de los elementos del sistema de alimentación de combustible CRDi, comúnmente reemplazados en concesionarios y laboratorios.....	34
Figura 2.22 - Ubicación del Sensor RPS en la riel	37
Figura 2.23 - Diagrama voltaje de salida en función de la Presión del Riel (RPS).....	37
Figura 2.24 - Esquema eléctrico del Sensor de Presión del Riel (RPS)	38
Figura 2.25 - Conexión de los puntales del multímetro en el RPS.....	39
Figura 2.26 - Voltaje de señal del RPS obtenido en ralentí (850 rpm).....	40
Figura 2.27 - Presión del combustible en la riel a 850 rpm registrado por el escáner.	40
Figura 2.28 - Valores obtenidos del voltaje de salida del RPS en condiciones normales. .	41
Figura 2.29 - Oscilograma del RPS en condiciones normales: (Izquierda) en ralentí y (Derecha) a 1500 rpm.....	41
Figura 2.30 - Oscilograma del RPS condiciones normales: (Izquierda) a 2500 rpm y (Derecha) a 3000 rpm.....	42
Figura 2.31 - Potenciómetro utilizado para la variación de la señal de salida del RPS.	42
Figura 2.32 - Voltaje de salida del RPS medido por el multímetro variando el Potenciómetro.....	43
Figura 2.33 - Valores de presión de combustible con un voltaje de señal igual a 1.44V	43
Figura 2.34 - Valores de presión de combustible con un voltaje de señal igual a 1.037V ..	44
Figura 2.35 - Valores de presión de combustible con un voltaje de señal igual a 1.037V ..	44
Figura 2.36 - Forma de onda del RPS en condición de fallo en ralentí.....	45
Figura 2.37 - Código de falla (DTC) generado por el RPS	46
Figura 2.38 - Ubicación del Sensor de Temperatura del combustible.....	46
Figura 2.39 - Variación de la resistencia y voltaje en función de la temperatura del FTS..	47
Figura 2.40 - Esquema eléctrico del Sensor de Temperatura del Combustible.....	47
Figura 2.41 - Medición de la resistencia del sensor de temperatura de combustible	48
Figura 2.42 - Valores de voltaje y resistencia del FTS a 20°C.....	49
Figura 2.43 - Temperatura registrado por el Escáner Carman VG en el sensor FTS.....	50
Figura 2.44 - Gráfica de la Variación del voltaje en función de la temperatura.	50
Figura 2.45 - Gráfica de la Variación de la resistencia en función de la temperatura.....	51

Figura 2.46 - Oscilogramas en condición normal del FTS: (Izquierda) en ralentí y (Derecha) 1500 rpm	52
Figura 2.47 - Oscilogramas en condición normal del FTS: (Izquierda) 2500 rpm y (Derecha) 3000 rpm	52
Figura 2.48 - Temperatura del FTS a 1.8°C registrado por el escáner en condición de falla.....	53
Figura 2.49 - Código de falla del sensor FTS en el scanner automotriz	53
Figura 2.50 - Forma de onda en condición de fallo del FTS: (Izquierda) en ralentí y (Derecha) a 1500 rpm.....	54
Figura 2.51 - Forma de onda en condición de fallo del FTS: (Izquierda) a 2500 rpm y (Derecha) a 3000 rpm.....	54
Figura 2.52 - Regulador de Presión	55
Figura 2.53 - Esquema eléctrico del Regulador de Presión del Riel	56
Figura 2.54 - Conector del Regulador de Presión del Riel.....	57
Figura 2.55 - Oscilograma del RPR condiciones normales: (Izquierda) a 850 rpm y (Derecha) a 1500 rpm.....	57
Figura 2.56 - Oscilograma del RPR condiciones normales: (Izquierda) a 2500 rpm y (Derecha) a 3000 rpm.....	58
Figura 2.57 - Oscilograma del RPR con fallo “High”: (Izquierda) en ralentí y (Derecha) a 1500 rpm	59
Figura 2.58 - Disposición de los Inyectores de Combustible CRDi en el Motor Hyundai Santa Fe 2.0	60
Figura 2.59 - Esquema eléctrico de la conexión de los inyectores (CRDi).....	61
Figura 2.60 - Oscilograma Inyector N° 1 condición normal: (Izquierda) en ralentí y (Derecha) a 1500 rpm.....	62
Figura 2.61 - Oscilograma Inyector N° 1 condición normal: (Izquierda) a 2500 rpm y (Derecha) a 3000 rpm.....	62
Figura 2.62 - Oscilograma que indica la desconexión del Inyector N° 1 en ralentí	63
Figura 2.63 - Código de falla del inyector en el scanner	63
Figura 2.64 - Ubicación de la bomba eléctrica de alimentación de combustible.	64
Figura 2.65 - Conector eléctrico de la Bomba de alimentación.	64
Figura 2.66 - Cables de alimentación y masa de la bomba eléctrica de combustible	65

Figura 2.67 - Conexión del osciloscopio en la bomba de alimentación de combustible eléctrica.	65
Figura 2.68 - Oscilograma en condición normal de funcionamiento de la Bomba de Alimentación Eléctrica.	66
Figura 2.69 - Oscilograma en condición de fallo de la Bomba de Alimentación Eléctrica.	66
Figura 2.70 - Código de falla de la bomba de alimentación de combustible en el scanner.	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 - Ventajas del Sistema Common Rail.....	3
Tabla 1.2 - Presiones máximas de combustible en sistemas Common Rail típicos	6
Tabla 1.3 - Especificaciones del Banco CRDi	9
Tabla 1.4 - Cuadro General de fallas del Sistema de alimentación de combustible para el Motor Hyundai Santa Fe CRDi	12
Tabla 2.1 - Especificaciones del motor CRDi.....	16
Tabla 2.2 - Valores de tensión de batería	26
Tabla 2.3 - Valores obtenidos de la Prueba de Presión de funcionamiento	28
Tabla 2.4 - Valores obtenidos de la Prueba de Presión Residual	29
Tabla 2.5 - Valores obtenidos de la Prueba de Presión de Retorno.....	30
Tabla 2.6 - Valores permisibles de presión de compresión del motor	32
Tabla 2.7 - Variables obtenidas de las encuestas.....	34
Tabla 2.8 - Formato para toma de datos en condiciones normales de funcionamiento del motor.....	35
Tabla 2.9 - Pines del Sensor de presión del riel.....	38
Tabla 2.10 - Valores Referenciales del Sensor RPS.....	39
Tabla 2.11 - Tabla de valores obtenidos en condiciones normales de funcionamiento.	41
Tabla 2.12 - Pines del sensor de temperatura de combustible.....	47
Tabla 2.13 - Especificaciones Técnicas del Sensor FTS	48
Tabla 2.14 - Valores de Voltajes, temperaturas y resistencia.....	49
Tabla 2.15 - Pines del Regulador de Presión del Riel	55
Tabla 2.16 - Especificaciones Técnicas del Regulador de Presión	56
Tabla 2.17 - Valores de la resistencia del regulador de presión RPR	57
Tabla 2.18 - Pines de conexión de los inyectores.....	60
Tabla 2.19 - Especificaciones del Inyector de Combustible Hyundai Santa Fe 2.0 CRDi .	61
Tabla 2.20 - Valores medidos de la resistencia de los inyectores	61
Tabla 3.1 - Comportamiento del oscilograma del sensor FTS en ralentí; con fallo generado en el sensor RPS a 1.037V.....	68
Tabla 3.2 - Comportamiento del oscilograma del sensor FTS en ralentí; con fallo generado en el sensor RPS a 1.3V.....	69

Tabla 3.3 - Comportamiento del oscilograma del sensor RPR en ralentí; con fallo generado en el sensor RPS a 1.037V	71
Tabla 3.4 - Comportamiento del oscilograma del sensor RPR en los distintos regímenes; con fallo generado en el sensor RPS a 1.3V.....	72
Tabla 3.5 - Comportamiento del oscilograma del inyector en ralentí; con fallo generado en el sensor RPS a 1.037V	74
Tabla 3.6 - Comportamiento del oscilograma del inyector en los distintos regímenes; con la falla generado en el sensor RPS a 1.3V.....	75
Tabla 3.7 - Comportamiento del oscilograma de la bomba de combustible en ralentí; con fallo generado en el sensor RPS a 1.037V.....	77
Tabla 3.8 - Comportamiento del oscilograma de la bomba de combustible en ralentí; con fallo generado en el sensor RPS a 1.3v.	78
Tabla 3.9 - Comportamiento del oscilograma del sensor RPS en los distintos regímenes; con fallo generado en el sensor FTS.....	79
Tabla 3.10 - Comportamiento del oscilograma de la válvula reguladora de presión de combustible en los distintos regímenes; con fallo generado en el sensor FTS.	81
Tabla 3.11 - Comportamiento del oscilograma del inyector en los distintos regímenes; con fallo generado en el sensor FTS.	83
Tabla 3.12 - Comportamiento del oscilograma de la bomba de combustible en ralentí; con fallo generado en el sensor FTS a 0.3V.....	85
Tabla 3.13 - Comportamiento del oscilograma del sensor RPS en los distintos regímenes; con fallo generado en el la válvula DVR.....	86
Tabla 3.14 - Comportamiento del oscilograma del sensor FTS en ralentí; con fallo generado en el la válvula DVR.....	87
Tabla 3.15 - Comportamiento del oscilograma del inyector en ralentí; con fallo generado en el la válvula DVR.....	88
Tabla 3.16 - Comportamiento del oscilograma de la bomba eléctrica, en ralentí; con fallo generado en el la válvula DVR.....	89
Tabla 3.17 - Comportamiento del oscilograma del sensor RPS en los distintos regímenes; con fallo generado en el inyector.....	90
Tabla 3.18 - Comportamiento del oscilograma del sensor FTS en los distintos regímenes; con la falla generado en el inyector.	92

Tabla 3.19 - Comportamiento del oscilograma de la válvula reguladora de presión de combustible en los distintos regímenes; con fallo generado en el inyector.....	94
Tabla 3.20 - Comportamiento del oscilograma de la bomba de combustible en los distintos regímenes; con fallo generado en el inyector.	96
Tabla 3.21 - Guía de Diagnóstico para Sensores y Actuadores del Sistema de Alimentación de Combustible CRDi.....	97

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Diagramas de la ECM del motor Hyundai Santa Fe CRDi 2.0.....	104
ANEXO 2: Comunicación de la ECM con el escáner Carman VG	110
ANEXO 3: Valores de referencia y equivalencias para las pruebas del circuito de baja presión de combustible y compresión del motor	114
ANEXO 4: Test para la comparación de la cantidad de combustible inyectado a los cilindros del motor.....	115
ANEXO 5: Test para la medición de compresión del motor.....	117
ANEXO 6: Encuesta para la determinación de variables.....	121
ANEXO 7: Cuadro de fallas comunes del Motor Hyundai Santa Fe CRDI 2.0 ocasionado por las variables de estudio del Sistema de alimentación de combustible	123
ANEXO 8: Datos iniciales en condiciones normales de funcionamiento del motor.	124
ANEXO 9: Sockets y arnés de conexión de los sensores y actuadores considerados en la investigación.....	125
ANEXO 10: Abreviaturas utilizadas en la investigación	127

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN COMMON RAIL “CRDi”.

1.1.1 EL SISTEMA COMMON RAIL

El sistema de Common Rail o de conducto común es un sistema electrónico de inyección de combustible para motores diésel de inyección directa en el que el gasóleo (Diésel) es aspirado directamente del depósito de combustible a una bomba de alta presión, y esta a su vez lo envía a un conducto común para todos los inyectores y a alta presión desde cada uno de ellos a su cilindro.¹

El desarrollo de la gestión electrónica en los sistemas de inyección de combustible, han permitido incorporar en la actualidad; la inyección diésel en vehículos livianos, que comúnmente estaban destinados para vehículos pesados.

El motor de combustión interna de encendido por compresión; se basa en una reacción química espontánea la cual es activada por el ingreso del combustible a alta presión en una cámara de combustión que se encuentra llena de aire comprimido a una temperatura superior a 500°C, con lo cual se logra una combinación efectiva produciéndose la combustión.

En un sistema Common Rail, la generación de presión y el control de la inyección están separados, generalmente este sistema trabaja con presiones de hasta 1800 bar.

¹ BOSCH. (Edición 2005). *Sistema de Inyección Diésel por Acumulador Common Rail*.

1.1.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN COMMON RAIL

El Sistema de Inyección Diésel Common Rail (CRDi) o también conocido como “Riel o Conducto Común”, es un sistema de inyección de alta presión de mando electrónico, capaz de generar volumen y presión; de acuerdo a los diferentes regímenes de trabajo; almacenando la alta presión de inyección en el riel.

En este tipo de sistemas, se tiene uno o dos inyecciones piloto (para reducir el ruido de la combustión), una principal (para aportar la potencia) y una post inyección (que permite reducir la contaminación), por lo tanto el sistema de alimentación CRDi tiene inyecciones múltiples. El esquema general del sistema Common Rail puede apreciarse en la Figura 1.1.

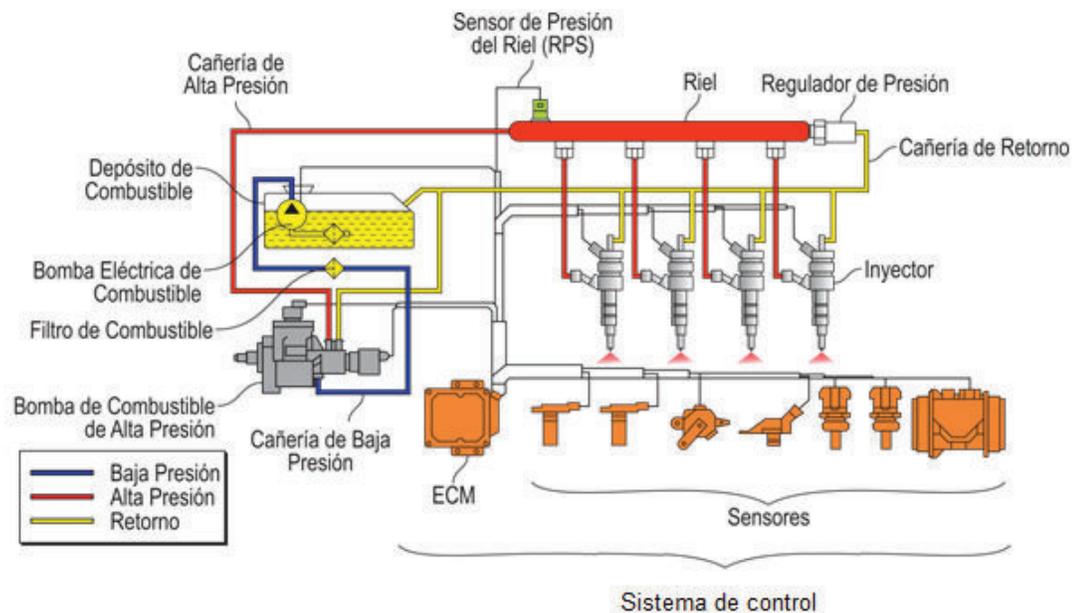


Figura 1.1 - Sistema Common Rail BOSCH ²

² BOSCH, R. (2005). *Manual de la Técnica del Automóvil*. Cuarta Edición.

1.1.3 VENTAJAS Y BENEFICIOS DEL SISTEMA COMMON RAIL

Independientemente de las marcas fabricantes de los sistemas Common Rail, estos presentan diversas ventajas y beneficios, que pueden verse estructurados en la Tabla 1.1

Tabla 1.1 - Ventajas del Sistema Common Rail.

VENTAJAS DEL SISTEMA COMMON RAIL
<ul style="list-style-type: none"> • La elevada presión de inyección, tiene una mejor atomización del combustible. • La presión de inyección puede variarse dentro de un rango muy amplio. • El momento de inyección y la cantidad de combustible inyectado, puede variarse libremente. • Posibilidad de producir múltiples inyecciones dentro del cilindro para mejorar la combustión. • Precisión en el avance y duración de la inyección. • Mayor rendimiento del motor • Reducción de material particulado. • Menor contaminación ambiental

1.1.4 SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO.

Es el encargado de variar la presión y cantidad de combustible inyectado a los cilindros; mediante la gestión de la unidad de control, los diferentes sensores y actuadores del motor.

1.1.4.1 La unidad de control del motor (ECM)

Procesa las señales eléctricas de entrada conforme a determinados procesos de cálculo matemáticos, para ser enviados a los actuadores. Los diagramas eléctricos de la ECM, se aprecian en el Anexo 1.

La ECM mostrada en la Figura 1.2, ajusta la mezcla aire-combustible lo más cerca posible a la relación teórica para minimizar las emisiones nocivas durante el funcionamiento del motor.



Figura 1.2 - Unidad de Control del Motor Santa Fe CRDI 2.0 (ECM)

1.1.4.2 Sensores

Transforman diversas magnitudes físicas en señales eléctricas para enviarlas a la unidad de control.

Los sensores del motor; mostrados en la Figura 1.3 son:

- Sensor de posición del cigüeñal (CKP).
- Sensor de posición del árbol de levas (CMP).
- Sensor de posición del pedal del acelerador (APS).
- Sensor de presión de sobrealimentación (BPS).
- Sensor de temperatura del aire (IAT).
- Sensor de temperatura del refrigerante (ECT).
- Sensor de temperatura del combustible (FTS).
- Sensor de la masa del aire (MAF).
- Sensor de presión en el Riel (RPS).

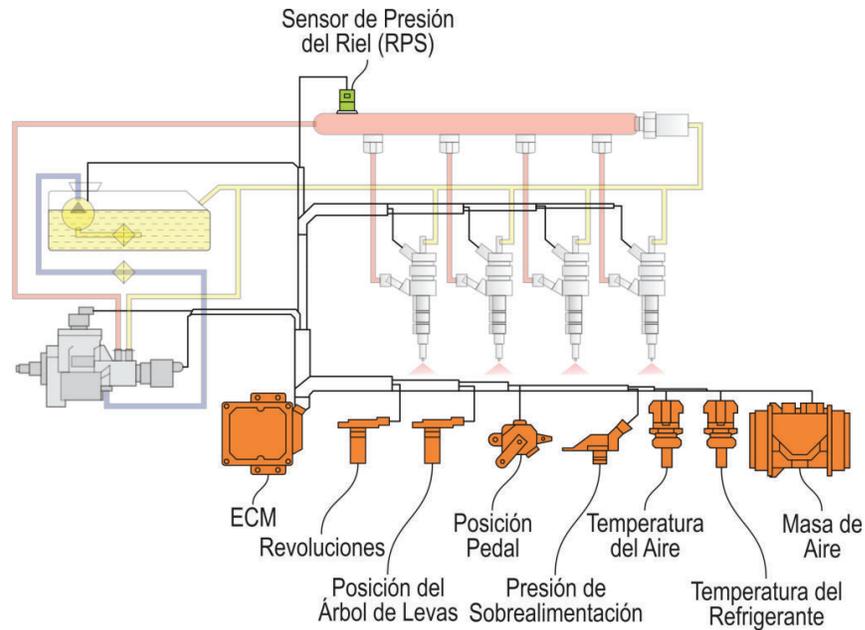


Figura 1.3 - Disposición de la Unidad de Mando y los sensores del sistema CRDI

1.1.4.3 Actuadores

Transforman las señales eléctricas de salida de la ECM en magnitudes mecánicas, permitiendo proporcionar y sincronizar la cantidad óptima de combustible mediante la inyección de acuerdo a las señales recibidas de la unidad de control.

Los actuadores del motor; mostrados en la Figura 1.4 son:

- Bomba eléctrica de combustible (EFP).
- Válvula reguladora de presión de combustible (PRV).
- Válvula del control del turbo
- Válvula de recirculación de gases de escape (EGR).
- Inyectores (IJ).
- Bujías de precalentamiento
- Electroventiladores

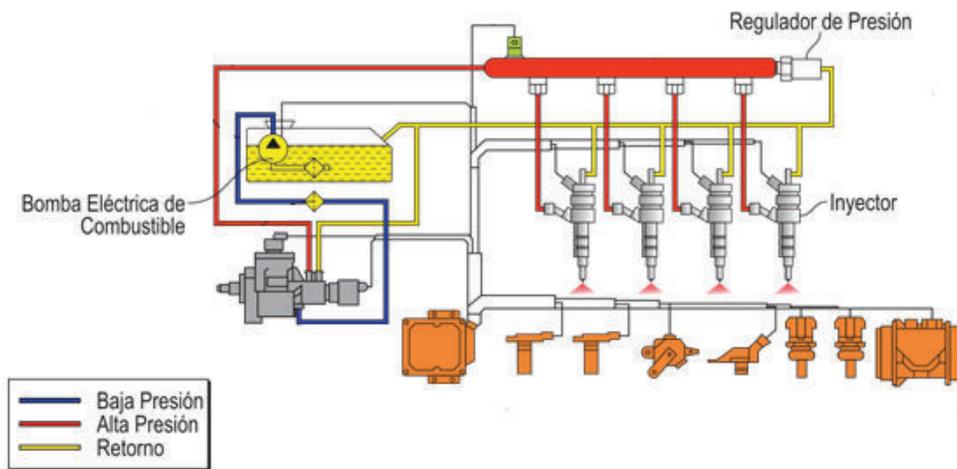


Figura 1.4 - Principales actuadores del sistema CRDI

1.1.5 SISTEMAS UTILIZADOS EN LA ACTUALIDAD

Actualmente existen varias marcas que fabrican componentes de los sistemas de inyección Common Rail, como son: Bosch, Denso, Delphi y Siemens.

Tabla 1.2 - Presiones máximas de combustible en sistemas Common Rail típicos³

MARCA	SISTEMA	PRESIÓN	
		bar	psi
Bosch	Generación 1	200 - 1350	2900 – 19580
	Generación 2	250 - 1600	3625 – 23206
	Generación 3	350 - 1950	5076 – 28282
Denso	Generación 1	300 - 1450	4351 – 21030
	Generación 2	400 - 1800	5801 – 26106
Delphi	Multec	200 - 2000	2900 – 29007
	Sistema CR actuación directa	500 - 1800	7251 - 26106

Cabe indicar que varios sistemas difieren en diseño, disposición de componentes y funciones específicas. Sin embargo, todos operan de manera similar.

³ BOSCH. (Edición 2005). *Sistema de Inyección Diésel por Acumulador Common Rail*.

1.2 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE COMMON RAIL

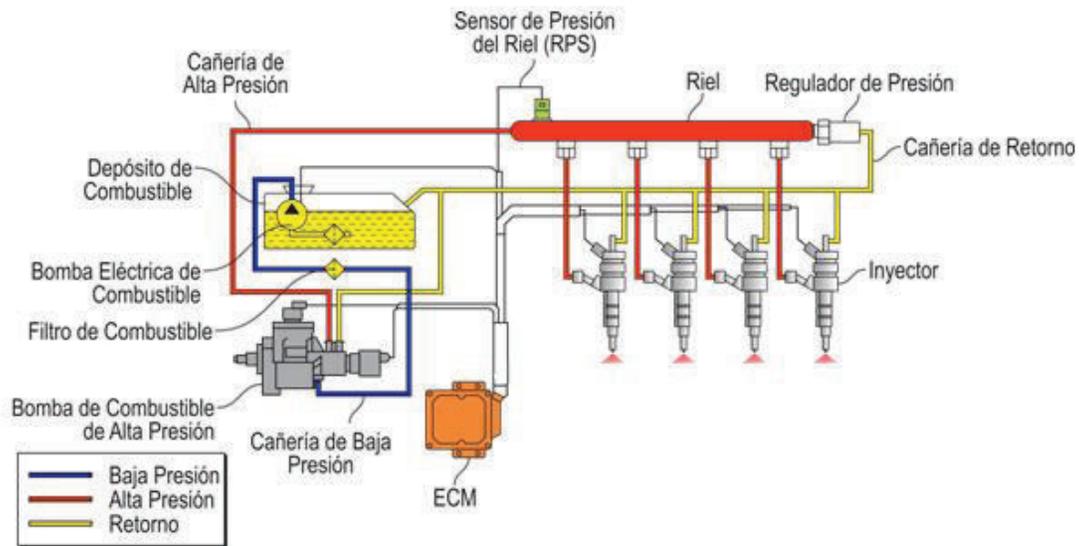


Figura 1.5 - Circuito de Inyección Common Rail

El sistema de alimentación de combustible Common Rail mostrado en la Figura 1.5, se divide en dos partes:

- Circuito de Baja Presión.
- Circuito de Alta Presión.

1.2.1 CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN

Es el responsable del suministro y transporte del combustible desde el depósito hasta la entrada de la bomba de alta presión.

El circuito de baja presión (Figura 1.6) está compuesto por:

- Depósito de combustible.
- Bomba eléctrica.
- Filtro de combustible.
- Tuberías de combustible de baja presión.
- Tuberías de retorno de combustible.

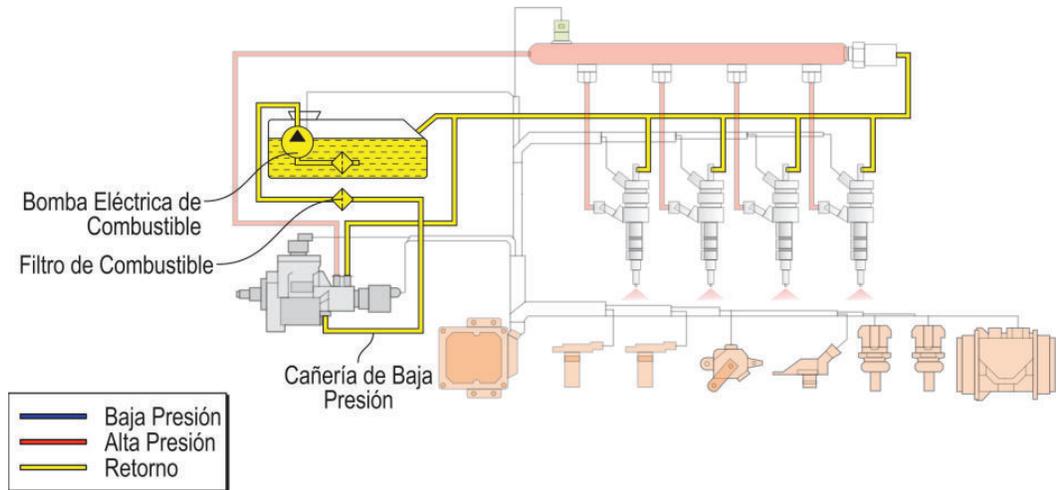


Figura 1.6 - Circuito de baja presión.

1.2.2 CIRCUITO DE ALTA PRESIÓN

Es el encargado de llevar el combustible con alta presión hasta los inyectores. El circuito de alta presión (Figura 1.7) se compone por:

- Bomba de alta presión (HPP).
- Válvula reguladora de presión de combustible (PRV).
- Cañerías de combustible de alta presión.
- Acumulador de presión o Riel.
- Sensor de presión del Riel (RPS).
- Inyectores.

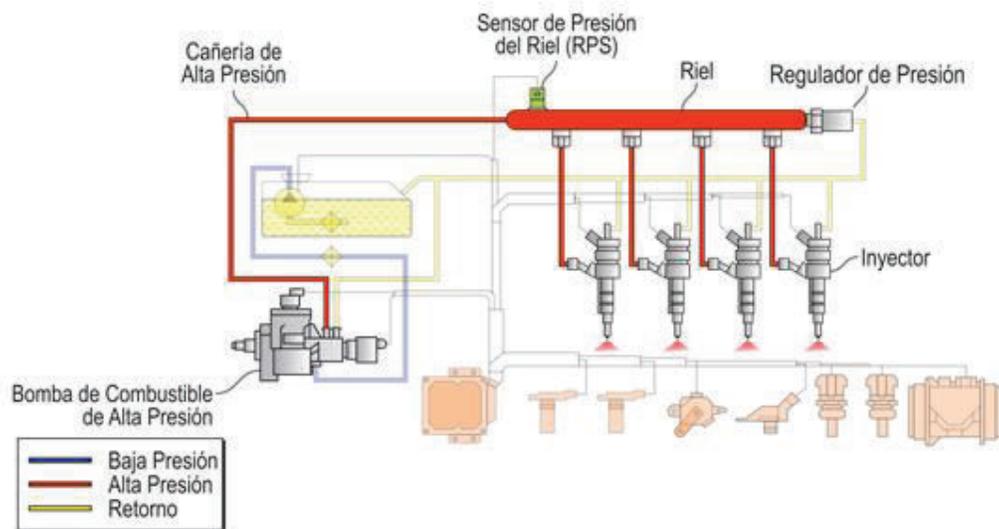


Figura 1.7 - Circuito de Alta Presión.

Todos estos componentes son los más utilizados en el sistema, y según el fabricante, estos pueden aumentar según el nivel de control y tecnología en el sistema.

1.3 BANCO DIDÁCTICO CRDi DIESEL

El motor de pruebas para esta investigación, es un banco didáctico CRDi de la marca Coreana DAE SUNG, que integra un motor Hyundai Santa Fe 2.0.

1.3.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

En la Tabla 1.3 se indican las especificaciones técnicas del banco didáctico del motor Hyundai Santa Fe CRDi 2.0.

Tabla 1.3 - Especificaciones del Banco CRDi⁴

Nombre del Equipo:	Banco Didáctico del motor Santa Fe 2.0 CRDi
Modelo:	G 120212
Dimensiones:	250×80×180 cm (L×W×H)
Peso:	250 Kg
Alimentación:	220 V 60 Hz

A continuación se muestra sus vistas superior y frontal (Figuras 1.8 y 1.9 respectivamente)

⁴ DAE-SUNG. (2011) *Banco de Diagnóstico CRDi Diésel Eng, y Sistema de Control A/T Modelo: G-120212*. Korea.



Figura 1.8 - Vista Superior del banco de diagnóstico Santa Fe CRDi



Figura 1.9 - Vista Frontal del banco de diagnóstico Santa Fe CRDi

1.4 FALLAS MÁS COMUNES EN EL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR CRDI.

Debido al deterioro de los elementos del sistema de inyección CRDi, originado por múltiples razones, como: calidad del 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.

1.4.1 CUADRO DE FALLAS DEL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR HYUNDAI SANTA FE CRDi 2.0

Las principales fallas que se producen en el sistema de alimentación de combustible del motor CRDi, con sus respectivas causas se aprecian en la tabla 1.4 descrita a continuación.

N°	FALLAS	VARIABLES	CAUSAS
1	Humo negro	Inyector	Desconexión eléctrica del inyector
2	Mayor opacidad		Resistencia interna del bobinado fuera de rango
3	Ralentí inestable		Caudal de retorno fuera de rango
4	Ruido del motor fuera del 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.
		Bomba eléctrica de combustible	Falta de corriente de alimentación
			Relé de la bomba averiado

			Fusible quemado
			Bomba eléctrica cortocircuitada
		Sensor de presión del riel	Baja presión de combustible en la riel
			Falta de señal de alimentación
			Sensor averiado
			Voltaje muy bajo de lo normal
			Cable del conector del sensor no deriva a masa
9	El motor se apaga	Regulador de presión del riel	Desconexión eléctrica del regulador
			Resistencia interna del regulador fuera de rango
10	Mayor caudal de inyección	Sensor de temperatura del combustible	Desconexión del sensor de combustible
11	Aumento de emisiones		Resistencia del sensor fuera de rango

Tabla 1.4 - Cuadro General de fallas del Sistema de alimentación de combustible para el Motor Hyundai Santa Fe CRDi 2.0⁵

1.4.2 VARIABLES O ELEMENTOS DEL SISTEMA DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE CRDi, QUE PUDEN ANALIZARSE CON EL OSCILOSCOPIO AUTOMOTRIZ PARA EL DIAGNÓSTICO DE FALLAS

A partir de la tabla anterior, se propone trabajar en los sensores (presión del riel, temperatura de combustible) y actuadores (inyectores, regulador de presión del riel y bomba eléctrica de combustible), debido a que son componentes eléctricos y electrónicos que son factibles analizar con el osciloscopio.

Los demás elementos como: cañerías, bomba de alta presión, filtro de combustible, no se consideran en el análisis con el osciloscopio.

⁵ HYUNDAI. (Noviembre de 2000). DIESEL ENGINE D4EA (BOSCH COMMON RAIL) - Shop Manual. Korea.

CAPÍTULO II

PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES

2.1 INTRODUCCIÓN

El siguiente estudio experimental se valida en base al manual del fabricante del Motor Hyundai Santa Fe CRDi 2.0, permitiendo con esto tomar las diferentes señales como son: la temperatura de combustible, la presión del riel, entre otros; que pueden influir notablemente en el rendimiento del motor CRDi, e inclusive pueden ser síntomas de anomalías en el funcionamiento del mismo.

La investigación experimental consiste en la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular. Es precisamente el investigador quien provoca una situación para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él, para controlar el aumento o disminución de esa variable y su efecto en las conductas observadas. El investigador maneja deliberadamente la variable experimental y luego observa lo que sucede en situaciones controladas.

En lo referente a esta investigación, el análisis de fallas en el sistema de alimentación de combustible de motores CRDi por osciloscopio, es un tema nuevo, y la información es muy limitada, por lo cual no existe documentación alguna o bibliografía desarrollada respecto al tema, esto se debe a que la mayoría de fabricantes, concesionarios realiza este tipo de análisis a nivel interno y para uso exclusivo de los mismos.

Para la presente experimentación, se consideraran las fallas que nos da el manual del fabricante para su análisis, las cuales se separa las que son factibles diagnosticar con el osciloscopio y las que no. Una de las técnicas propuestas para detectar ciertas anomalías en el sistema de alimentación de combustible de estos motores, es mediante análisis basado en la obtención de datos y señales, para lo cual se hace uso de ciertos instrumentos de medición, como:

- Osciloscopio FINEST 1006
- Multímetro automotriz ES 597IR
- Escáner Carman VG 64.

2.2 CICLO BÁSICO DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

Debido a la importancia en la actualidad sobre el diagnóstico en motores de combustión interna con sistemas de inyección CRDi, el presente estudio permite fomentar bases de juicio; para futuras investigaciones en la rama automotriz, con el fin de generar soluciones prácticas y alternativas en el diagnóstico de fallos de un motor diésel.

El ciclo básico de investigación experimental, utilizado se basa en el modelo de Carles Riba; tomado de su libro “Diseño concurrente”, mostrado en la Figura 2.1.

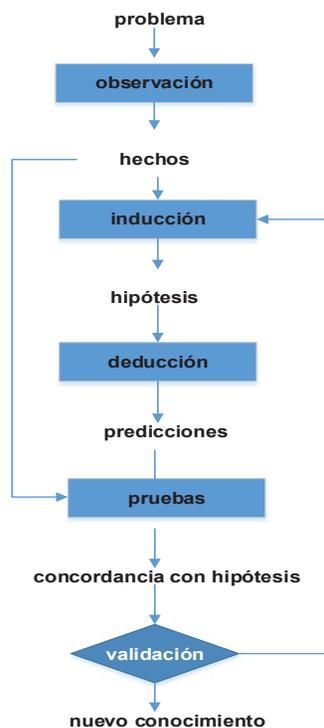


Figura 2.1 - Ciclo básico de investigación experimental de Carles Riba Romeva⁶

⁶ ROMEVA RIBA, Carles. (Abril 2002). En *Diseño Concurrente* (Primera Edición ed., pág. 76). Barcelona, España: Ediciones de la Universidad Politécnica de Cataluña.

Para el desarrollo del ciclo de investigación experimental, se debe comenzar por establecer el problema o la necesidad que se desea abordar, luego el planteamiento de la hipótesis, la realización de las pruebas, finalmente analizar los resultados obtenidos. Luego de la experimentación realizada se generará un nuevo conocimiento que sea aporte para futuras investigaciones.

En la Figura 2.2, se describe el ciclo básico de investigación experimental utilizado para la presente investigación, el mismo que es adaptado del modelo de Carles Riba.



Figura 2.2 - Ciclo básico de investigación experimental utilizada por los autores

2.3 EXPERIMENTACIÓN

Para el proceso de experimentación se toma en consideración: las características del motor, la ubicación geográfica, la precisión de los equipos de diagnóstico utilizado y el protocolo de pruebas, para permitir que esta investigación pueda ser repetible por cualquier persona en las mismas condiciones establecidas para este trabajo.

2.3.1 MOTOR DE PRUEBAS

El motor de pruebas para esta investigación, es un motor de combustión interna de encendido provocado CRDi de la marca Hyundai, modelo Santa Fe 2.0, el cual está constituido por un banco de estudio desarrollado por la empresa coreana DAE SUNG, diseñado para la preparación técnica y académica. Este equipo permite determinar señales características de sensores y actuadores del sistema de alimentación de combustible, durante un funcionamiento normal. Las especificaciones técnicas del motor CRDi se indican en la Tabla 2.1

Tabla 2.1 - Especificaciones del motor CRDi.⁷

ESPECIFICACIONES DEL HYUNDAI SANTA FE 2.0 CRDI	
Número de cilindros:	4
Cilindrada:	1991 cm ³
Diámetro del cilindro:	83 mm
Carrera:	92 mm
Relación de compresión:	17,7 : 1
Orden de inyección:	1- 3- 4- 2
Torque / rpm:	421 Nm/1800
Potencia máxima:	110,45 kW
Sistema CRDi:	Bosch

Una característica especial de este banco DAE SUNG, es la simulación de los fallos que es propia de este sistema y posee un tablero de control (Figura 2.3) para los elementos de estudio mencionados; como los sensores y actuadores que interactúan en el medio, para así poder determinar los diversos parámetros de funcionamiento del motor en función del régimen de giro.

⁷ HYUNDAI. (Noviembre de 2000). DIESEL ENGINE D4EA (BOSCH COMMON RAIL) - Shop Manual. Korea.



Figura 2.3 - Banco de Diagnostico CRDi Diésel

2.3.2 LUGAR DE EXPERIMENTACIÓN

La toma de mediciones se realiza en el Taller de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) Sede Cuenca (Figura 2.4).

Con el propósito de que las condiciones de experimentación y los resultados sean más reales.

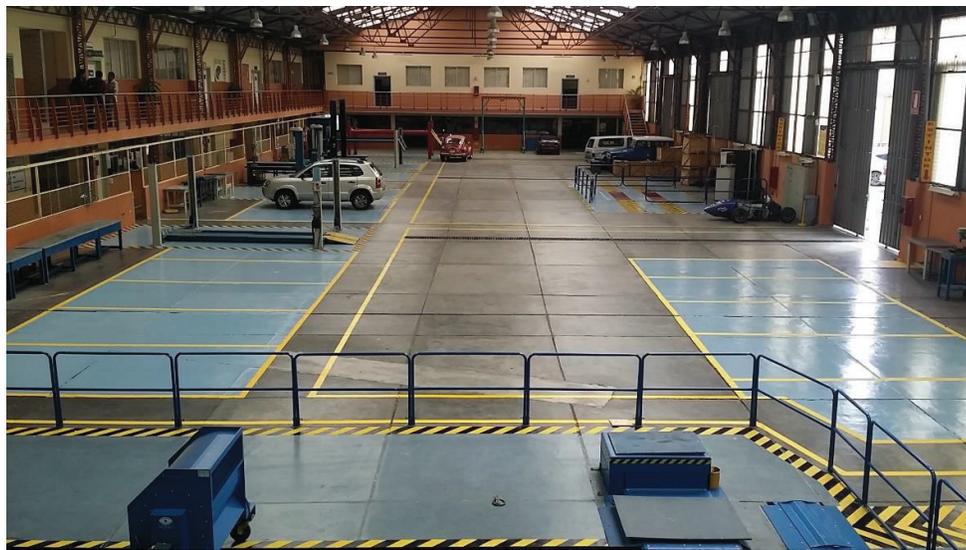


Figura 2.4 - Vista interna del Taller de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca

La ciudad de Cuenca, se encuentra a 2550 metros de altura sobre el nivel del mar, a una temperatura promedio de 20°C durante el día y a una presión atmosférica de 750hPa.⁸ (Figura 2.5)



Figura 2.5 - Ubicación del lugar de experimentación

2.3.3 EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO

2.3.3.1 Escáner automotriz Carman VG 64

Es un equipo de diagnóstico que se enlaza directamente con la red de comunicación del vehículo, comúnmente con un conector OBD II. Se utiliza para diagnosticar el vehículo a través de programas específicos para cada marca. (Ver Figura 2.6)

⁸ Datos tomados de: Agencia Espacial Civil Ecuatoriana. (s.f.). *Estación Climatológica Cuenca: EXA-ISS-4*. Recuperado el 10 de OCTUBRE de 2015, de <http://cue.exa.ec/>



Figura 2.6 - Escáner automotriz CARMAN VG 64

2.3.3.1.1 Características Generales del Carman VG 64.⁹

- ✓ Escáner multimarca para vehículos japoneses, coreanos, americanos, europeos, australianos y chinos.
- ✓ Protocolos: OBD I, OBD II CAN.
- ✓ Reprogramador de llaves (solamente Kia, Hyundai y Mazda).
- ✓ Diagnóstico de Motor, Transmisión, ABS, AIRBAG, ETC.
- ✓ Reprogramador de Inyectores Diésel.
- ✓ Capacidad de hasta 20 sensores en pantalla.
- ✓ Operación por menú y manual en español.
- ✓ Diagnóstico TPMS (Tire Pressure Monitor System).
- ✓ Escanea vehículos Diésel livianos.
- ✓ Función de lectura de códigos de falla con ayuda de referencia.
- ✓ Record de vuelo, opción de grabar los parámetros durante un recorrido para su posterior análisis.
- ✓ Operación en motores Gasolina y algunos Diésel (CRDi).
- ✓ Diagnostico OBD II Estándar, incluye todos los protocolos: SAE J180 (PWM, VPW), KWP 2000, ISO 9141-2, ISO 14230, SAJ1587.
- ✓ Incorpora diagnóstico para red CAN BUS.
- ✓ Osciloscopio de 4 canales.

⁹ CARMAN Ltd. (2011). *CARMAN*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2015, de <http://www.carmanscan.kr/en-us/>

- ✓ Salida de voltaje para activación de sensores.

2.3.3.2 Osciloscopio automotriz FINEST 1006

Es un instrumento que permite visualizar señales eléctricas y estimar sus diferentes parámetros: frecuencia, periodo, amplitud, valores máximos y mínimos. Se utiliza para ver gráficamente cómo las señales cambian con el tiempo, ya que cuenta con un eje vertical "Y", que representa el voltaje y un eje horizontal " X" que representa el tiempo (Figura 2.7).



Figura 2.7 - Osciloscopio automotriz FINEST 1006

2.3.3.2.1 Características Generales del Osciloscopio FINEST 1006.¹⁰

- ✓ Osciloscopio digital de dos canales 25Mhz
- ✓ Escáner codificador de OBD II genérico (solo motor)
- ✓ Menú de configuración automática de pantalla
- ✓ Analizador de ignición Primario y Secundario
- ✓ Prueba dinámica de compresión
- ✓ Gráficas de referencia para sensores y actuadores
- ✓ Multímetro gráfico

¹⁰ FINE INSTRUMENTS CORPORATION. (s.f.). *FINEST 1006 Automotive Scope/GMM/OBD II (EOBD) Code Reader*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2015, de http://www.finest.co.kr/html/pro_1006.html

- ✓ Menús de ayuda
- ✓ Batería interna recargable
- ✓ Accesorios especiales (puntas de prueba)
- ✓ Set de accesorios completo
- ✓ Pinzas amperimétricas
- ✓ Interfaz USB compatible para las actualizaciones de código y datos

2.3.3.3 Multímetro automotriz ES 597IR

Es un instrumento eléctrico portátil utilizado para medir directamente magnitudes eléctricas activas: como corrientes y tensiones o pasivas como: resistencias, capacidades y otras. Las medidas pueden realizarse para corriente continua o alterna y en varios márgenes de medida cada una. (Ver Figura 2.8)



Figura 2.8 - Multímetro automotriz ES 597IR

2.3.3.3.1 Características Generales del Multímetro ES 597IR¹¹

- ✓ Medición de Voltaje AC / DC
- ✓ Medición de Resistencia

¹¹ ELECTRONIC SPECIALTIES, Inc. (s.f.). *PROFESSIONAL HAND HELD TEST EQUIPMENT*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2015, de <http://www.esitest.com/597ir.html>

- ✓ Medición de Corriente AC / DC
- ✓ Incorpora Pirómetro de Temperatura en °F y °C
- ✓ Incorpora sonda para medición de temperatura: Termocupla tipo K en °F & °C
- ✓ Medición de RPM
- ✓ Función para Ancho de Pulso milisegundos
- ✓ Incorpora medidor para ángulo Dwell (directo)
- ✓ Medidor para Frecuencia (Hz)
- ✓ Medidor de Ciclo de trabajo
- ✓ Función para Capacitancia
- ✓ Función para Prueba de Diodos
- ✓ Función para medición de Continuidad

2.4 PROTOCOLO DE PRUEBAS

Este protocolo se establece con el fin de obtener un orden definido en los procedimientos; antes de iniciar cualquier tipo de prueba. Esto garantiza que el proceso a seguir en una prueba sea repetible y pueda ser realizado por cualquier persona en las mismas condiciones establecidas en la presente investigación.

Para esta experimentación, se realizan pruebas preliminares y estáticas

2.4.1 PRUEBAS PRELIMINARES

Las pruebas preliminares fueron realizadas para conocer el estado actual del Motor Hyundai Santa Fe CRDi, previo a las pruebas estáticas y poder confirmar si el mismo; se encuentra en las condiciones normales de funcionamiento, acorde a los parámetros recomendados en el manual del fabricante.

Estas pruebas; permiten verificar y optimizar las condiciones adecuadas para la experimentación, ayudando a definir y estandarizar los protocolos de pruebas para garantizar su repetitividad.

Para determinar si el motor Hyundai Santa Fe CRDi 2.0, está dentro de los parámetros permisibles y en condiciones normales de funcionamiento, este debe cumplir ciertas verificaciones.

1. Verificar el voltaje de alimentación de la batería ($V_{cc} > 12.6$ Voltios)¹²
2. No registrar código de fallas DTC
3. Cumplir la prueba de presión de alimentación de combustible
4. Cumplir la prueba de volumen de retorno de los inyectores con el escáner
5. Prueba de compresión de los cilindros con el escáner automotriz

2.4.2 PRUEBAS ESTÁTICAS

Para esta experimentación se establece únicamente una prueba estática, debido a que el motor de pruebas “Hyundai Santa Fe CRDi”, es un tipo de banco didáctico de aprendizaje. Y que por sus características; facilita la obtención de parámetros en condiciones normales de funcionamiento y con simulación de fallas.

En cuanto a la adquisición de los datos, se establece un formato de tabla, que permite facilitar la lectura, el análisis y mejor interpretación de los resultados.

2.4.2.1 Protocolo de pruebas estáticas

Para garantizar la repetibilidad de las mediciones obtenidas por los equipos de diagnóstico, es imprescindible elaborar un protocolo de pruebas estáticas, destinadas para este motor, ya que se trata de un banco didáctico estacionario.

A continuación se detalla el protocolo de pruebas estáticas:

¹² BOSCH. (2000). *Manual de Baterías Bosch*.

1. Confirmar datos geográficos del lugar de prueba.
2. Registrar hora de inicio de prueba
3. Poner la llave de encendido en ON y encender el motor
4. Estabilizar el motor en ralentí
5. Conectar el escáner y osciloscopio
6. Confirmar la temperatura del refrigerante del motor, mayor a 80 °C
7. Llenar el formato para toma de datos.
8. Subir las revoluciones del motor a 1500 rpm y estabilizar
9. Llenar el formato para toma de datos.
10. Subir las revoluciones del motor a 2500 rpm y estabilizar
11. Llenar el formato para toma de datos.
12. Subir las revoluciones del motor a 3000 rpm y estabilizar
13. Llenar el formato para toma de datos.
14. Volver a ralentí
15. Registrar los oscilogramas requeridos en las distintas revoluciones del motor.
16. Apagar el motor.
17. Repetir los pasos del protocolo creando fallas en los sensores y actuadores del sistema de alimentación de combustible.

2.5 CONDICIONES MECANICAS:

Antes de realizar las pruebas para la obtención de oscilogramas, se debe efectuar la preparación previa del motor ya que el mismo no es nuevo, con la finalidad de establecer si el motor está en condiciones normales o apropiadas de funcionamiento.

El diagrama de flujo de la Figura 2.9, muestra el procedimiento a seguir para la preparación de las condiciones mecánicas del motor.

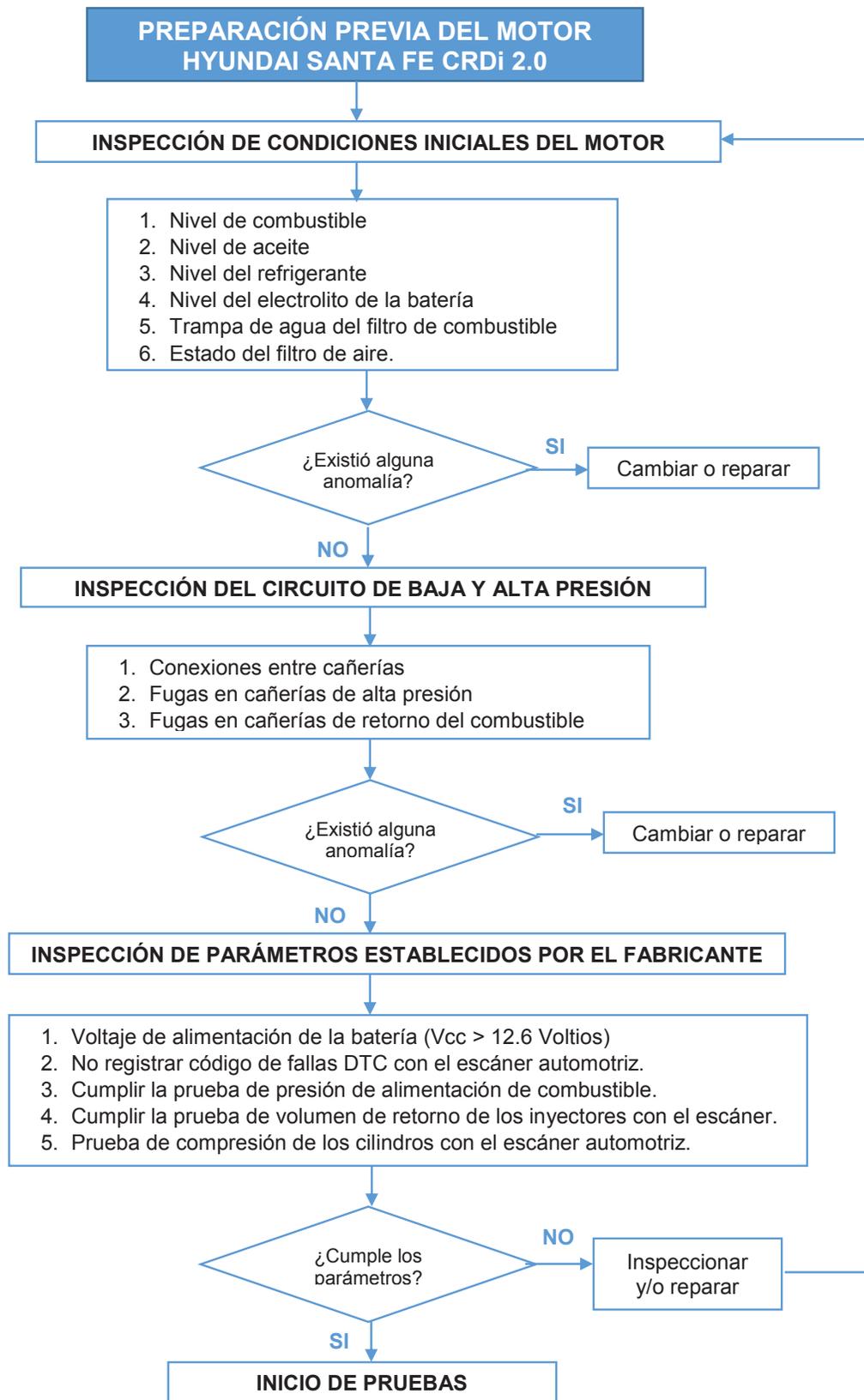


Figura 2.9 - Inspecciones previas a la obtención de oscilogramas en el motor Santa Fe CRDi

2.5.1 INSPECCION DE PARAMETROS ESTABLECIDOS POR EL FABRICANTE

2.5.1.1 Verificación de la Tensión de la batería

La medición de voltaje o tensión de la batería se realiza mediante el uso del multímetro automotriz. Con el selector en la posición de voltaje (DC), se conectan en paralelo los puntales del equipo a los bornes de la batería, es decir puntal rojo con borne positivo y puntal negro con borne negativo. (Ver Figura 2.10)



Figura 2.10 - Medición de la tensión de la batería con el multímetro.

Los valores de tensión de la batería recomendados por el fabricante y el valor medido se muestran en la Tabla 2.2

Tabla 2.2 - Valores de tensión de batería

	Especificación del Fabricante	Valor medido
Tensión de la Batería	12.6 V – 13V	12.87V

Verificación: Cumple No Cumple

2.5.1.2 No registrar código de fallas DTC

Con ayuda del escáner automotriz y el switch de encendido en la posición ON, se ingresa al menú de diagnóstico del motor (Figura 2.11 y 2.12), luego seleccionar la opción “DIAGNOSTIC TROUBLE CODES” para verificar que el motor no tenga registro de fallas, con lo cual se garantiza el funcionamiento en condiciones normales del motor. (Ver Anexo 2 para ingreso de la ECM con escáner Carman VG.)



Figura 2.11 - Ingreso al menú de diagnóstico de códigos de falla - Escáner Carman VG

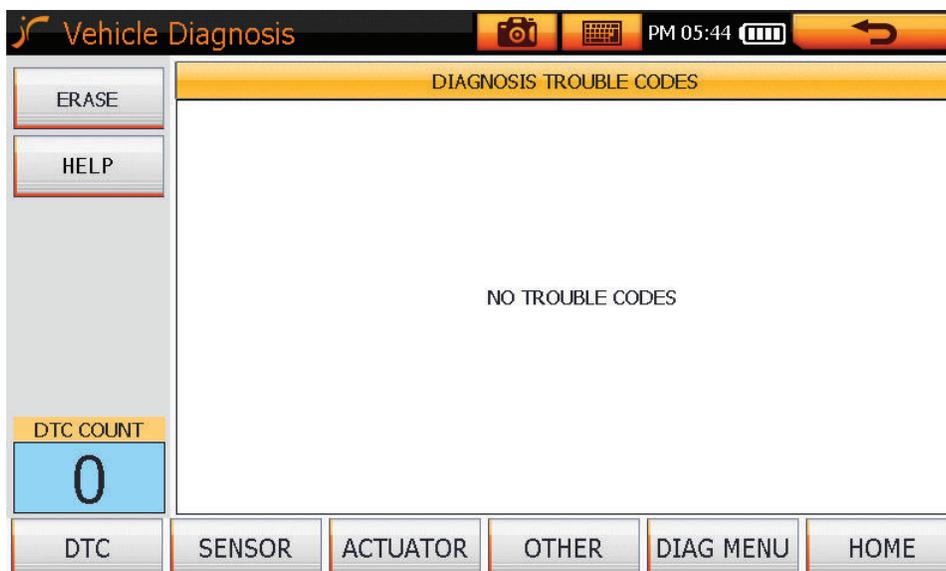


Figura 2.12 - Visualización con el Escáner, donde no se registra códigos de falla (DTC).

Verificación: Cumple X No Cumple

2.5.1.3 Prueba de presión de funcionamiento de la bomba eléctrica en el circuito de baja presión.

Para esta prueba ubicar un manómetro de presión entre el filtro y la bomba de alta presión (Figuras 2.13 y 2.14); con el motor en marcha las presiones deben estar comprendidas entre 1.5 y 3.5 bar de sobrepresión. (Ver Anexo 3)



Figura 2.13 - Ubicación del manómetro

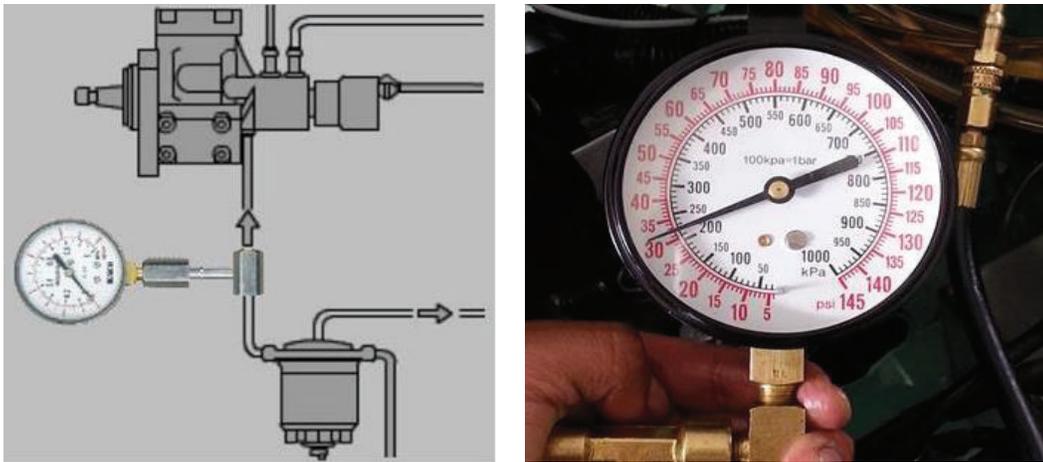


Figura 2.14 - Prueba de sobrepresión

Tabla 2.3 - Valores obtenidos de la Prueba de Presión de funcionamiento

<i>Circuito de baja presión</i>	<i>Presión normal de funcionamiento</i>
<i>Referencia</i>	1.5 – 3.5 bar
<i>Valor medido</i>	2.13 bar

Verificación Circuito de Baja Presión Cumple No Cumple

2.5.1.4 Prueba de presión residual en el circuito de baja presión.

Para esta prueba arrancar el motor y obturar con una pinza la tubería existente entre la bomba eléctrica y el filtro de combustible (Figura 2.15). Si al apagar el motor el valor de la presión no se mantiene, sustituir la bomba por falta de estanqueidad en la válvula anti-retorno.



Figura 2.15 - Forma de obturar la tubería de combustible con una pinza.

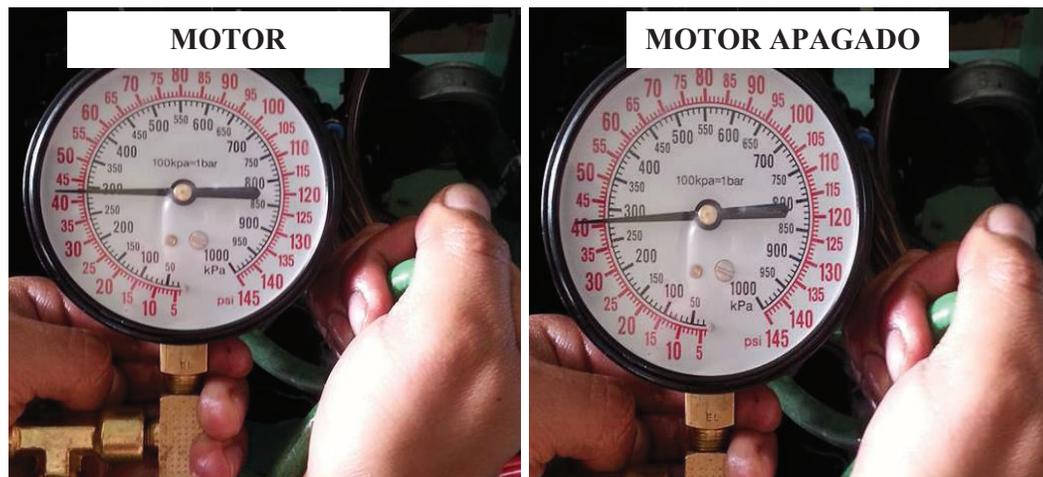


Figura 2.16 - Prueba de presión residual

Tabla 2.4 - Valores obtenidos de la Prueba de Presión Residual

Circuito de baja presión	Prueba de Presión Residual	Valor Obtenido (Motor Prendido)	Valor Obtenido (Motor Apagado)
	Valores	2,895 bar	2,826 bar

Se observa en la Figura 2.16, que los valores obtenidos con el motor prendido y apagado son similares, por lo que el motor cumple esta prueba.

Verificación de la Presión Residual	Cumple	X	No Cumple
--	--------	---	-----------

2.5.1.5 Presión en el retorno de combustible

Conectar el manómetro entre la tubería de retorno de la bomba y el filtro de combustible (Figura 2.17); el valor debe estar entre 0.2 y 0.9 bares, con el motor parado.

Al poner en marcha el motor, el valor no debe ser superior a 1.2 bares. (Ver Figura 2.18)

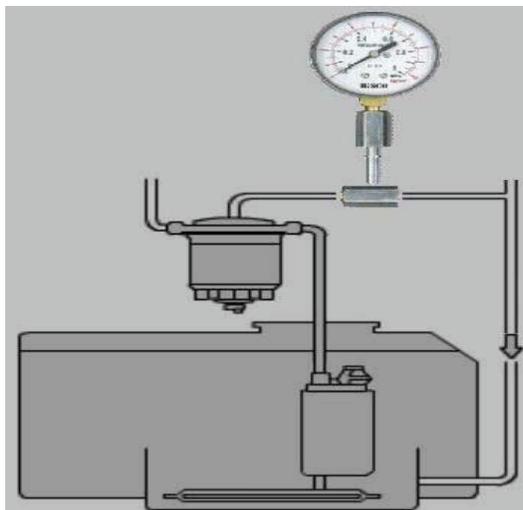


Figura 2.17 - Conexión del manómetro entre la tubería de retorno de la bomba y el filtro de combustible



Figura 2.18 - Valores de Presión medidas en el retorno de combustible

Tabla 2.5 - Valores obtenidos de la Prueba de Presión de Retorno

<i>Presión de retorno</i>	<i>Motor apagado</i>	<i>Motor encendido</i>
<i>Referencia</i>	<i>0.2 – 0.9 bar</i>	<i>Max. 1.2 bar</i>
<i>Valor medido</i>	<i>0.41 bar</i>	<i>0.55 bar</i>

Verificación de la Presión de Retorno Cumple No Cumple

2.5.1.6 Prueba del volumen de combustible suministrado por los inyectores con el escáner automotriz.

Esta prueba ayuda a determinar el estado del motor, en función del volumen de combustible inyectado a los cilindros. El procedimiento paso a paso a seguir en esta prueba se aprecia en el Anexo 4. (Test para la Medición de la cantidad de combustible inyectado a los cilindros del motor)

En la Figura 2.19, se aprecia los resultados finales de la medición de la cantidad de combustible suministrado por los inyectores en los cilindros.

Sis.Integrado de Dignos. Veh		LOG START	AM 02:45						
		ENGINE RPM PER EACH CYL.							
		SPEED (RPM)	650	750	850	950	AVG.	1	2
Sí		NO. 1 CYL.					830		
No		NO. 2 CYL.					832	3	4
UP		NO. 3 CYL.					832		
		NO. 4 CYL.					831	5	6
DOWN		QUANT. (MM3)		-4	-2	0	2	4	AVG.
INVIO		NO. 1 CYL.							-0.47
ESC		NO. 2 CYL.							-0.56
		NO. 3 CYL.							0.32
		NO. 4 CYL.							0.34
F1	F2	F3	F4	PREV	HELP				

Figura 2.19 - Resultados finales de la prueba del volumen de inyección de combustible.

Para un óptimo funcionamiento de los inyectores, la variación de la cantidad de combustible del retorno debe estar dentro de un rango de $\pm 2 \text{ mm}^3$.

Con los valores obtenidos de la Figura 2.19, en los cilindros opuestos 1 y 4, se obtiene un rango de $0,81 \text{ mm}^3$, mientras que en los cilindros 2 y 3 la variación es de $0,89 \text{ mm}^3$, por lo tanto estos resultados están dentro del rango establecido.

Verificación de la Prueba: *Cumple* *No Cumple*

2.5.1.7 Prueba de compresión de los cilindros con el escáner automotriz

Para esta prueba; con ayuda del escáner automotriz y el switch de encendido en la posición ON, se ingresa al menú de diagnóstico del motor, luego seleccionar la opción "COMPRESSION TEST" para verificar que el estado de la compresión del motor. Para lo cual seguir los pasos indicados en el Anexo 5 (Test para la Medición de compresión del motor).

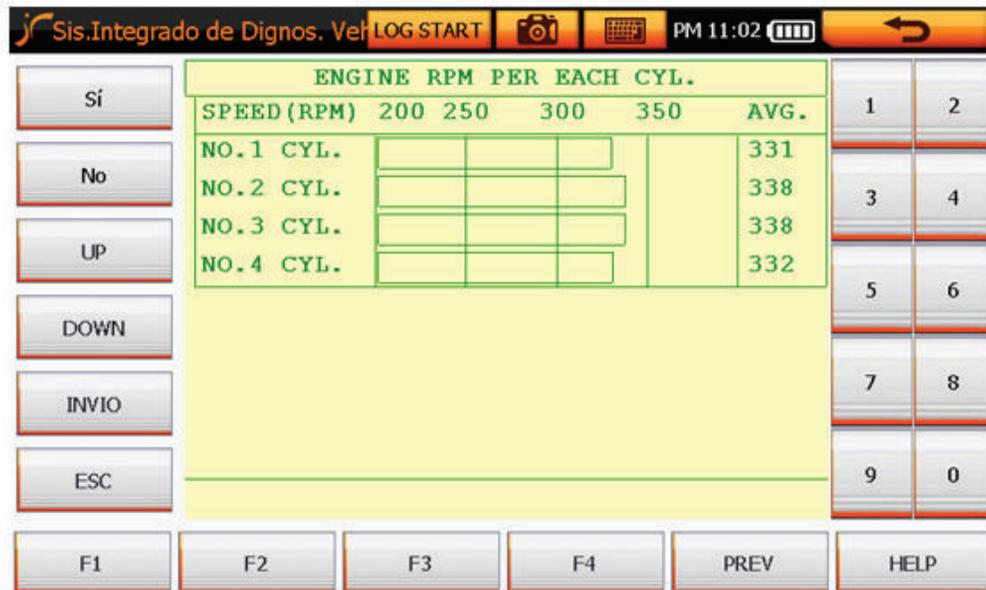


Figura 2.20 - Promedio final de revoluciones del motor por cada cilindro

Los resultados del test de compresión, se aprecian en la Figura 2.20, los cilindros 1 y 4, tienen menor número de revoluciones, lo que indica que tienen mayor compresión que los cilindros 2 y 3. Debido a que mientras exista mayor compresión en un cilindro, mayor será la oposición al desplazamiento del pistón y menor el número de revoluciones medidas durante la prueba.

A continuación los datos de compresión del fabricante. (Tabla 2.6)

Tabla 2.6 - Valores permisibles de presión de compresión del motor ¹³

Presión de compresión por cilindro	Límite permisible entre cilindros	(%) Variación entre cilindros
29,42 bar	1 bar	3

¹³ HYUNDAI. (Noviembre de 2000). DIESEL ENGINE D4EA (BOSCH COMMON RAIL) - Shop Manual. Korea (ENGINE MECHANICAL SYSTEM) página: EM-19.

Como indica la Tabla 2.6, la variación permisible de la compresión entre cilindros no debe superar el 3%. Los resultados de la Figura 2.20, se encuentran dentro del rango, ya que la diferencia entre el valor inferior (331 rpm) del cilindro N° 1 y (338 rpm) del cilindro N° 2 o 3, corresponden al 1%.

Verificación de la Prueba de compresión:

Cumple	X	No Cumple
--------	---	-----------

Una vez que el motor cumple con las pruebas previas para determinar su estado de condición óptima de funcionamiento, se prosigue con las pruebas estáticas.

2.6 VARIABLES PARA LA GENERACIÓN DE FALLAS

En esta investigación las variables para la generación de fallas, corresponden a los principales elementos del sistema de alimentación de combustible, según resultados obtenidos mediante encuesta, descrito en el Anexo 6. Los cuales han sido considerados, por ser los elementos que comúnmente son reemplazados en los concesionarios y laboratorios que brindan servicio a este tipo de motores. Figura 2.21.

El orden de prioridad y las fallas generadas por estas variables, se detalla en el Anexo 7.

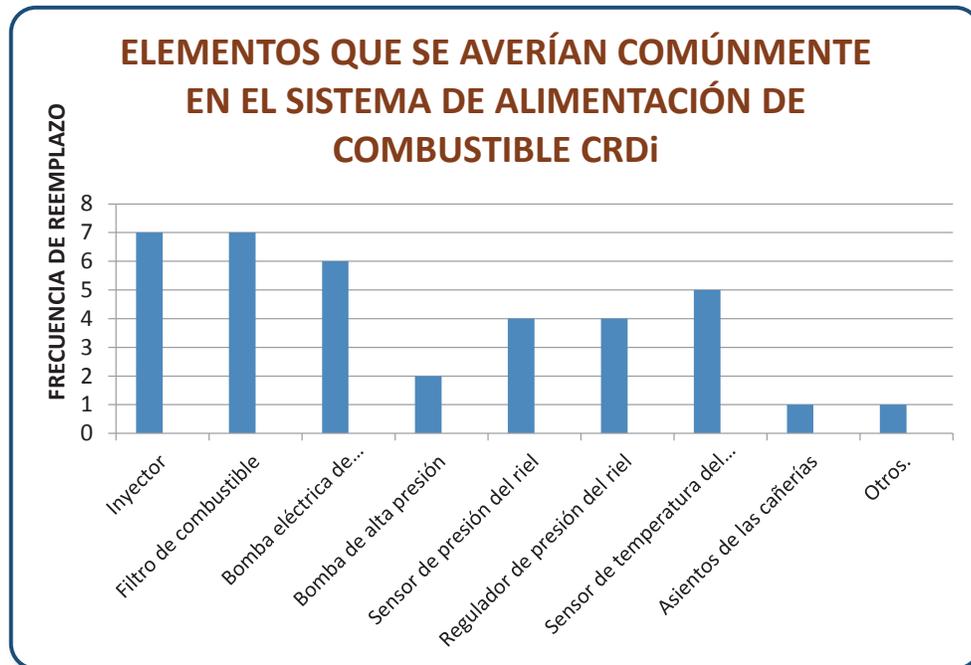


Figura 2.21 - Resultados de encuesta de los elementos del sistema de alimentación de combustible CRDi, comúnmente reemplazados en concesionarios y laboratorios

En base a los resultados obtenidos, se establece que las variables principales para esta investigación son las que se indican en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7 - Variables obtenidas de las encuestas

SENSORES	ACTUADORES
<ul style="list-style-type: none"> • Sensor de presión del riel • Sensor de temperatura del diésel 	<ul style="list-style-type: none"> • Inyector • Filtro de combustible • Bomba eléctrica de combustible • Regulador de presión del riel

Cabe indicar que para esta investigación, se descarta la bomba de alta presión de combustible, debido a que su presión de trabajo lo monitorea el sensor de presión del riel.

2.6.1 FORMATOS Y TABLAS

A continuación; se indican los formatos de tablas empleados para la toma de datos en las distintas pruebas del motor en función de las variables obtenidas.

Tabla 2.8

Tabla 2.8 - Formato para toma de datos en condiciones normales de funcionamiento del motor.

FORMATO PARA TOMA DE DATOS INICIALES							
CONDICIÓN NORMAL DE FUNCIONAMIENTO							
Lugar de Experimentación:		Ubicación:		Presión Atmosférica:		Humedad Relativa:	
Hora de Prueba:		Temperatura Ambiente:		Altura Geográfica:		Temperatura Refrigerante del Motor:	

PRUEBAS {N°}	REVOLUCIONES DEL MOTOR {RPM}	SENSORES		ACTUADORES		
		Temperatura del combustible (FTS) {°C}	Presión del Riel (RPS) {Bar}	Regulador de Presión del Riel (RPR) {%}	Ancho de pulso Inyección Principal {ms}	Tensión de trabajo - Bomba eléctrica de combustible {V}
1	850					
2	1500					
3	2500					
4	3000					

Luego de establecer el estado normal de funcionamiento del motor Hyundai Santa Fe CRDi 2.0, el protocolo de pruebas estáticas y las variables para la generación de fallos, se procede a obtener con el osciloscopio, los oscilogramas en condiciones normales y con generación de fallas en el motor.

2.7 OBTENCIÓN DE OSCILOGRAMAS DE LOS SENSORES Y ACTUADORES DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE CRDi.

Para la obtención de las ondas de osciloscopio de los sensores y actuadores, se debe realizar previamente el siguiente protocolo:

- Revisar los niveles de los depósitos (aceite, combustible, refrigerante, aceite hidráulico de la transmisión) antes de poner en marcha el motor.
- Encender el motor y dejarlo en ralentí por lo menos de 2 a 5 minutos, hasta que alcance su temperatura normal de funcionamiento.
- Una vez alcanzado estas condiciones se procede a obtener las mediciones y oscilogramas en condiciones normales y con generación de fallas.

Cabe mencionar, que en este subcapítulo; solo se indican los oscilogramas de fallo generados en los propios sensores y actuadores del sistema de alimentación de combustible, mientras que sus consecuencias y repercusiones con las demás variables estudiadas, se analizan en el capítulo 3.

2.7.1 MEDICIONES Y OSCILOGRAMAS; EN CONDICIONES NORMALES DE FUNCIONAMIENTO Y CON GENERACIÓN DE FALLO EN SENSORES.

2.7.1.1 Sensor de presión del riel o Rail Pressure Sensor (RPS)

2.7.1.1.1 Funcionamiento

El sensor de presión del riel está compuesto de un material piezoeléctrico, el cual es un elemento que detecta la presión del combustible dentro del Common Rail, esta señal permite calcular el tiempo y cantidad de combustible para la inyección dentro de la ECM, actuando como retroalimentación para el control de presión del sistema, y que actúa, para lograr la presión del combustible determinado por la misma.

Está ubicado en la parte central del riel de alta presión. Ver Figura 2.22



Figura 2.22 - Ubicación del Sensor RPS en la riel

El sensor trabaja con una resistencia eléctrica la cual es aplicada en capas sobre la membrana del sensor, esta resistencia varía si cambia su forma. Este cambio de forma (aprox. 1mm a 1500 bar) que se establece por la presión del sistema, origina una variación de la resistencia eléctrica y genera un cambio de tensión en el puente de resistencia abastecido con 5V la señal del sensor.

Esta tensión es del orden de 0 mV a 70 mV (de acuerdo con la variación de la presión) y es amplificada por el circuito evaluador hasta un margen de 0,5V a 4,5 V.

El comportamiento del voltaje de salida respecto a la presión en el riel, se aprecia en la Figura 2.23.

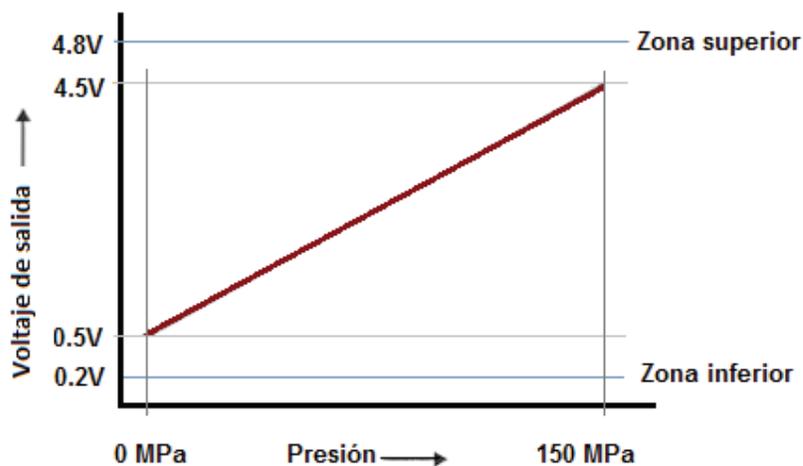


Figura 2.23 - Diagrama voltaje de salida en función de la Presión del Riel (RPS)

2.7.1.1.2 Pines

El Sensor de Presión del Riel, dispone de 3 cables de conexión con la computadora, tal como ocurre con otros sensores de presión, uno de los cables es el positivo de alimentación de 5 voltios, el cable de salida de señal hacia la computadora y la masa del sensor. Los pines del RPS se describen en la Tabla 2.9 y Figura 2.24

Esta señal en voltaje se encontrará normalmente con motor detenido en un valor de 0.5 voltios aproximadamente. Al accionar el arranque dicho voltaje debe subir hasta 1 voltio o más.¹⁴La presencia de este voltaje dará la certeza de que en el riel hay presión suficiente, necesaria para que los inyectores puedan abrir y que la computadora los active.

Tabla 2.9 - Pines del Sensor de presión del riel

ECM	Sensor	Color cable
Pin 9	Pin 1	Rosado
Pin 10	Pin 2	Verde
Pin 11	Pin 3	Naranja

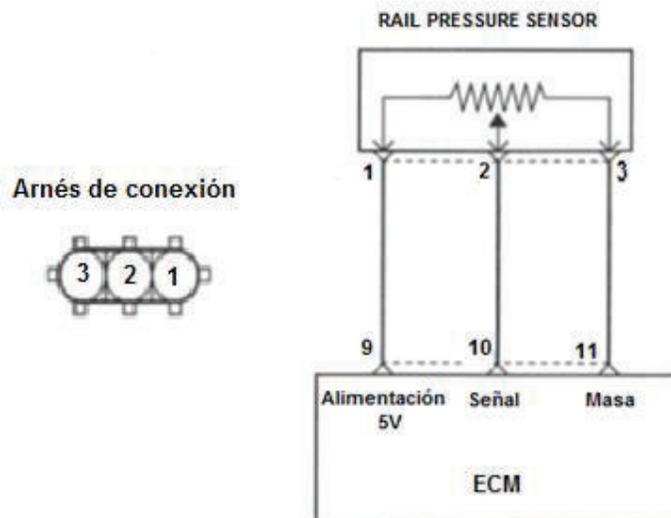


Figura 2.24 - Esquema eléctrico del Sensor de Presión del Riel (RPS)

¹⁴ DAE-SUNG. (s.f.). *Banco de Diagnóstico Crdi Diesel Eng, y Sistema de Control A/T Modelo: G-120212.* Korea.

2.7.1.1.3 Mediciones y Datos obtenidos

Colocar el switch de encendido en la posición de ON, luego verificar con el multímetro la alimentación del sensor con 5V, para lo cual conectar el puntal positivo al pin (9) del ECM y el puntal negativo a masa del sensor o pin (11).
Figura 2.24

Los valores referenciales del sensor RPS, se muestran en la Tabla 2.10

Tabla 2.10 - Valores Referenciales del Sensor RPS¹⁵

Tipo	Señal de Salida	Presión 0 Bar	Presión 1500bares
Piezoeléctrico	0 – 5 V	V OUT = 0.5 V	V OUT = 4.5 V

Para obtener los valores de voltaje (señal de salida) se conecta la punta positiva del multímetro en el terminal (10) de señal del sensor y la otra punta conectar al pin de masa (11) del ECM. Ver Figura 2.25



Figura 2.25 - Conexión de los puntales del multímetro en el RPS

Para la medición del voltaje de señal en ralentí, se procede a encender el motor, estabilizar las revoluciones a 850 rpm y luego medir el voltaje de salida, indicado anteriormente. Ver Figura 2.26

¹⁵ HYUNDAI. (Noviembre de 2000). DIESEL ENGINE D4EA (BOSCH COMMON RAIL) - Shop Manual. Korea.



Figura 2.26 - Voltaje de señal del RPS obtenido en ralentí (850 rpm)

Los valores de presión del combustible en el riel (Figura 2.27), se aprecian con ayuda del escáner automatizado.

Sis.Integrado de Dignos. Ver LOG START					
AM 04:14					
	SENSOR DATA ITEM	VALUE	UNIT	MIN	MAX
VER GRAFI.	COOLANT TEMP. SENSOR	80.0	°C	80.0	93.3
+ ARCH	ENGINE SPEED	850.0	rpm	769.0	2822.0
+ SEL ITEM	VEHICLE SPEED SENSOR	0	km/h	0.0	0.0
+ SIMU-SCAN	FUEL PRESSURE	322.7	bar	0.0	337.4
Gas Analyzer	FUEL PRESS. REGULATOR	22.6	%	17.6	23.6
AYU.	FUEL TEMP.SENSOR	75.5	°C	75.5	88.4
	EGR ACTUATOR	5.0	%	5.0	5.0
	INLET THROTTLE ACTU.	5.0	%	5.0	5.0
	BAROMETRIC PRESS.SNSR	74	kPa	74.0	75.0
BATTERY VOLTAGE					
DTC	CURRENT DATA	ACTUATOR TEST	ALTRO	MENU DIAG	HOME

Figura 2.27 - Presión del combustible en la riel a 850 rpm registrado por el escáner.

Los valores medidos del voltaje de salida en condiciones normales del RPS se detallan en la Tabla 2.11, mientras que su comportamiento respecto a la presión del riel, puede apreciarse en la Figura 2.28

Tabla 2.11 - Tabla de valores obtenidos en condiciones normales de funcionamiento.

R.P.M	RPS (Voltaje salida)	Presión en la Riel (bar)
Ralentí: 850	1.341	320.9
1500	1.556	397.9
2500	2.175	638.1
3000	2.528	766.5

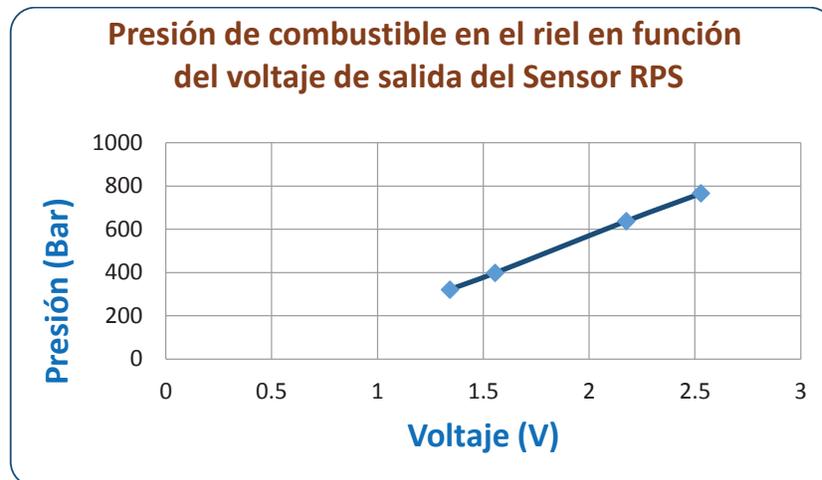


Figura 2.28 - Valores obtenidos del voltaje de salida del RPS en condiciones normales.

2.7.1.1.4 Formas de onda en condición normal de funcionamiento

Voltaje	1 V/división
Tiempo	1 ms/división

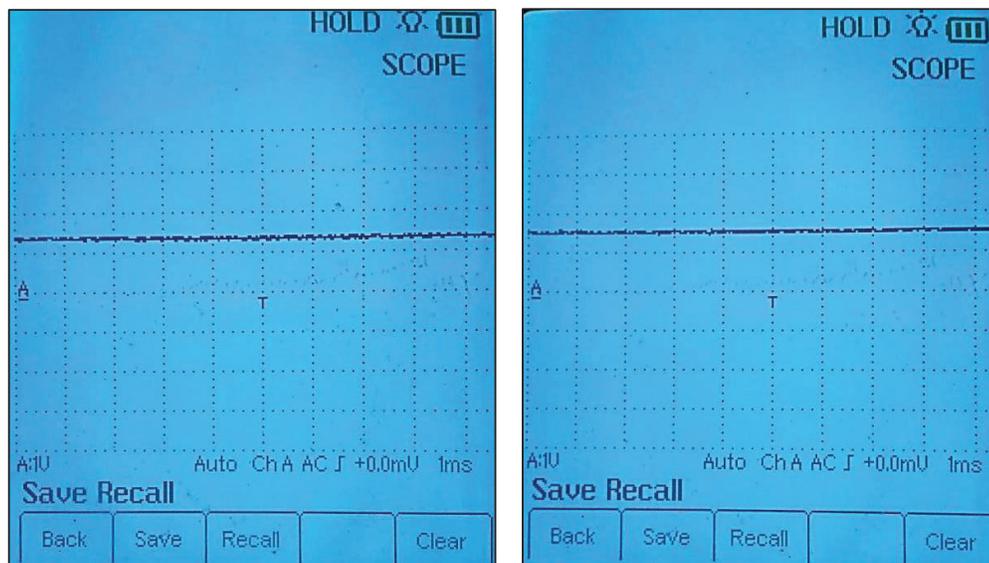


Figura 2.29 - Oscilograma del RPS en condiciones normales: (Izquierda) en ralentí y (Derecha) a 1500 rpm

Voltaje	1 V/división
Tiempo	1 ms/división

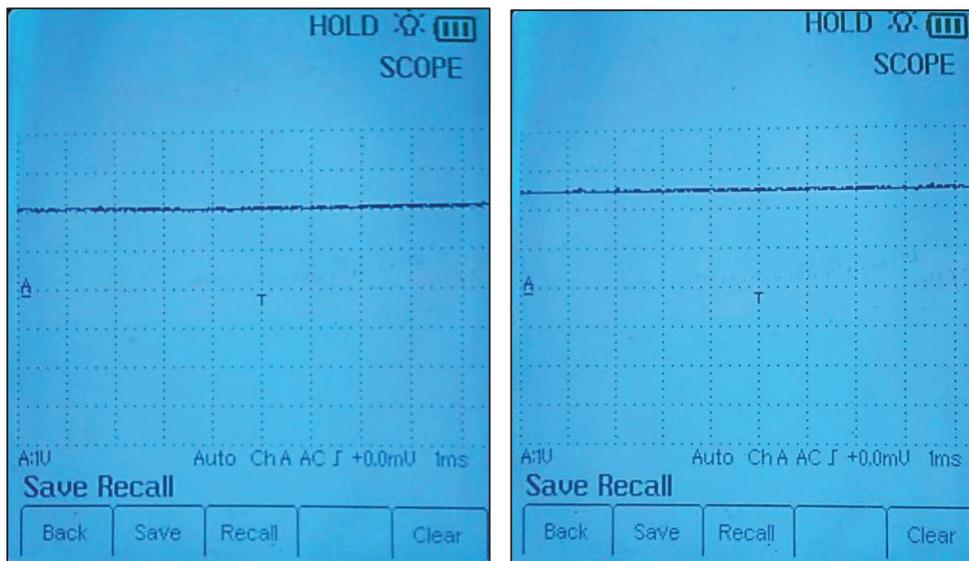


Figura 2.30 - Oscilograma del RPS condiciones normales: (Izquierda) a 2500 rpm y (Derecha) a 3000 rpm

2.7.1.1.5 *Falla Propuesta*

- *Variación del voltaje de señal del sensor RPS en ralentí.*

Para variar la señal de salida del sensor RPS a la ECM, se utiliza un potenciómetro (Figura 2.31), simulando la disminución de presión en el riel; ya que el voltaje de salida es directamente proporcional a la dicha presión.



Figura 2.31 - Potenciómetro utilizado para la variación de la señal de salida del RPS.

Esta prueba se realiza en ralentí a 850 rpm, al variar el potenciómetro se obtiene una señal de salida de 1,442 voltios en el sensor (Figura 2.32). La presión registrada por el escáner en estas condiciones es de 324,5 bares, y el motor funciona bien. (Ver Figura 2.33)



Figura 2.32 - Voltaje de salida del RPS medido por el multímetro variando el Potenciómetro.

Sis.Integrado de Dignos. Veh LOG START AM 00:56					
	SENSOR DATA ITEM	VALUE	UNIT	MIN	MAX
VER GRAFI.	COOLANT TEMP. SENSOR	58.4	°C	17.0	58.4
+ ARCH	ENGINE SPEED	850.0	rpm	212.0	2229.0
+ SEL ITEM	VEHICLE SPEED SENSOR	0	km/h	0.0	22.2
+ SIMU-SCAN	FUEL PRESSURE	324.5	bar	0.0	792.1
Gas Analyzer	FUEL PRESS. REGULATOR	17.6	%	11.8	738.0
AYU.	FUEL TEMP.SENSOR	34.4	°C	32.3	53.7
	EGR ACTUATOR	5.0	%	5.0	679.0
	INLET THROTTLE ACTU.	5.0	%	0.0	5.0
	BAROMETRIC PRESS.SNSR	74	kPa	74.0	407.0
	FUEL PRESSURE				
DTC	CURRENT DATA	ACTUATOR TEST	ALTRO	MENU DIAG	HOME

Figura 2.33 - Valores de presión de combustible con un voltaje de señal igual a 1.44V

Se procede a variar con el potenciómetro de la Figura 2.31, el voltaje de salida a la computadora hasta obtener 1.037 V. (Figura 2.34)



Figura 2.34 - Valores de presión de combustible con un voltaje de señal igual a 1.037V

En esta condición, el escáner registra una presión de 352 bares; como consecuencia se produce una falla: las revoluciones disminuyen hasta llegar a 771 rpm según se aprecia en la Figura 2.35. En estas condiciones; al pisar el pedal del acelerador el motor; no acelera y tiende a apagarse.

Sis.Integrado de Dignos, Veh LOG START AM 00:55					
	SENSOR DATA ITEM	VALUE	UNIT	MIN	MAX
VER GRAFI.	COOLANT TEMP. SENSOR	55.8	'C	17.0	55.8
+ ARCH	ENGINE SPEED	771	rpm	212.0	834.0
+ SEL ITEM	VEHICLE SPEED SENSOR	0	km/h	0.0	22.2
+ SIMU-SCAN	FUEL PRESSURE	352.0	bar	0.0	430.9
Gas Analyzer	FUEL PRESS. REGULATOR	17.8	%	11.8	738.0
AYU.	FUEL TEMP.SENSOR	33.3	'C	32.3	53.7
DTC	EGR ACTUATOR	5.0	%	5.0	679.0
CURRENT DATA	INLET THROTTLE ACTU.	5.0	%	0.0	5.0
ACTUATOR TEST	BAROMETRIC PRESS.SNSR	74	kPa	74.0	407.0
ALTRO	FUEL PRESSURE				
MENU DIAG					
HOME					

Figura 2.35 - Valores de presión de combustible con un voltaje de señal igual a 1.037V

2.7.1.1.6 Formas de onda en condiciones de fallo

El oscilograma presentado en la Figura 2.36, muestra el oscilograma del RPS con fallo con un voltaje aproximado de 1,064V; y se mantiene en este estado debido a que el motor en estas condiciones no acelera.

Voltaje	1 V/división
Tiempo	1 ms/división

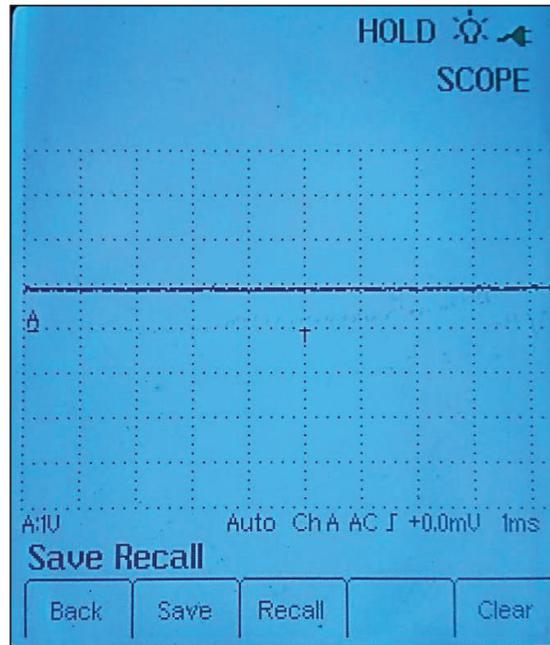


Figura 2.36 - Forma de onda del RPS en condición de fallo en ralentí

➤ Desconexión del RPS

Cuando se genera como fallo una desconexión del RPS, sucede que el motor no se prende y aparece un código de falla P0190, que indica que mal funcionamiento del sensor. Ver Figura 2.37



Figura 2.37 - Código de falla (DTC) generado por el RPS

2.7.1.2 Sensor de Temperatura del Combustible o Fuel Temperature Sensor (FTS)

2.7.1.2.1 Funcionamiento

Está ubicado en la línea de entrada de combustible a la bomba de alta presión (Figura 2.38). 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.

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. (Ver Figura 2.39)



Figura 2.38 - Ubicación del Sensor de Temperatura del combustible

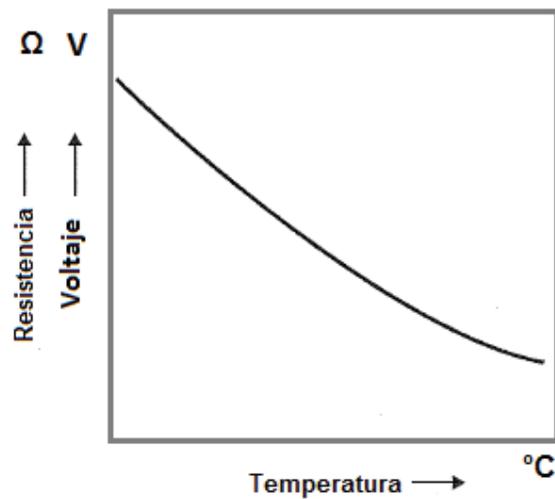


Figura 2.39 - Variación de la resistencia y voltaje en función de la temperatura del FTS

2.7.1.2.2 Pines

El sensor de temperatura dispone de dos pines de conexión a la ECM, uno de alimentación y otro de masa (Figura 2.40).

Tabla 2.12 - Pines del sensor de temperatura de combustible

ECM	Sensor
Pin 1	Pin 2
Pin 2	Pin 1

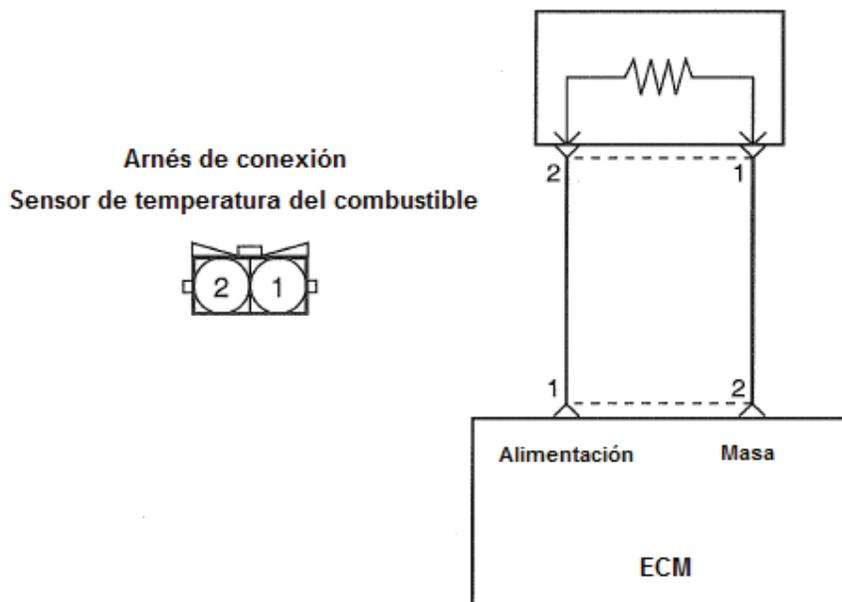


Figura 2.40 - Esquema eléctrico del Sensor de Temperatura del Combustible

2.7.1.2.3 Mediciones y datos obtenidos

Cuando la temperatura del refrigerante del motor está a 20°C, se procede a medir la resistencia del sensor FTS, para lo cual hay que desconectar el arnés de conexión, luego, conectar el puntal positivo del óhmetro en el pin 2 del sensor y el puntal negativo en el pin 1 de masa. (Ver Figura 2.40)

Se deben registrar los valores de resistencia; hasta que la temperatura del refrigerante alcance los 70°C. Los valores establecidos por el manual del fabricante se muestran en la Tabla 2.13

Tabla 2.13 - Especificaciones Técnicas del Sensor FTS ¹⁶

Tipo	Señal de Salida	Condición a 20°C	Condición a 70°C
NTC	0 – 5 V analógica	R: 2.27 - 2.73 KΩ	R: 0.39 - 0.47 KΩ



Figura 2.41 - Medición de la resistencia del sensor de temperatura de combustible

Para medir el voltaje, en función de la temperatura a la que opera el sensor, con el motor en funcionamiento conectar el puntal positivo del voltímetro en el terminal 2 del sensor y el puntal negro en el terminal 1. (Figura 2.41)

Los valores medidos de la resistencia y voltaje se presentan en la Tabla 2.14.

¹⁶ HYUNDAI. (Noviembre de 2000). DIESEL ENGINE D4EA (BOSCH COMMON RAIL) - Shop Manual. Korea.

Tabla 2.14 - Valores de Voltajes, temperaturas y resistencia

Temperatura (°C)	Voltaje (V)	Resistencia KΩ
15	3,631	2,453
18	3,491	2,330
20	3,396	2,289
25	3,150	2,041
30	2,942	1,722
35	2,731	1,453
40	2,516	1,226
45	2,305	1,034
50	2,098	0,872
55	1,911	0,736
60	1,696	0,621
65	1,501	0,524
70	1,310	0,442
75	1,123	0,373
80	0,940	0,315
85	0,761	0,265
90	0,586	0,224

En la Figura 2.42, se muestra los valores de voltaje y resistencia obtenidos con el multímetro automatizado en el FTS, cuando el escáner registra 20°C (Figura 2.43).



Figura 2.42 - Valores de voltaje y resistencia del FTS a 20°C

Sis.Integrado de Dignos. Ver LOG START					
PM 11:05					
SENSOR DATA ITEM					
	VALUE	UNIT	MIN	MAX	
VER GRAFI.	COOLANT TEMP. SENSOR	27.0	°C	27.0	27.1
+ ARCH	ENGINE SPEED	0	rpm	0.0	0.0
+ SEL ITEM	VEHICLE SPEED SENSOR	0	km/h	0.0	0.0
+ SIMU-SCAN	FUEL PRESSURE	1.8	bar	1.8	1.8
Gas Analyzer	FUEL PRESS. REGULATOR	1.0	%	1.0	1.0
AYU.	FUEL TEMP.SENSOR	20.0	°C	20.0	20.0
DTC	EGR ACTUATOR	5.0	%	5.0	5.0
CURRENT DATA	INLET THROTTLE ACTU.	5.0	%	5.0	5.0
ACTUATOR TEST	BAROMETRIC PRESS.SNSR	75	kPa	75.0	75.0
ALTRO	BATTERY VOLTAGE				
MENU DIAG					
HOME					

Figura 2.43 - Temperatura registrado por el Escáner Carman VG en el sensor FTS

Como se aprecia en la gráfica de la Figura 2.44, mientras aumenta la temperatura del combustible, disminuye el voltaje del sensor y viceversa.

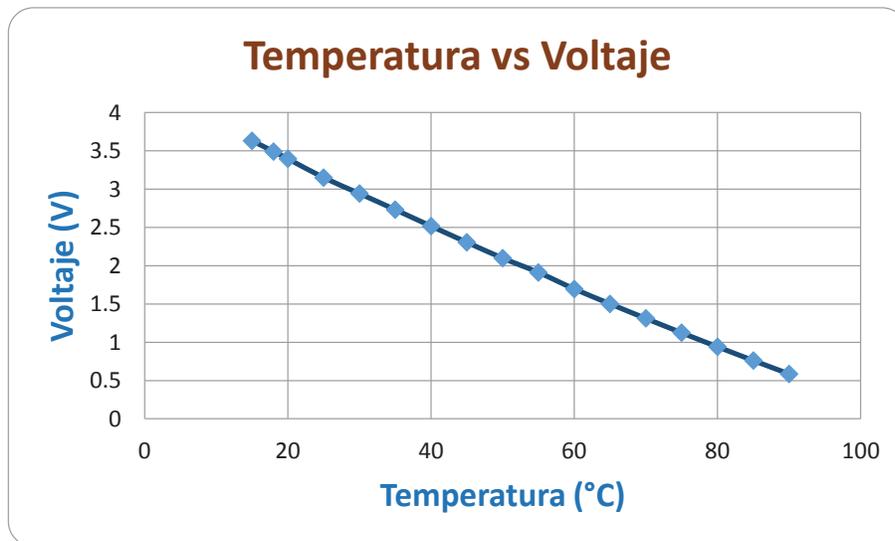


Figura 2.44 - Gráfica de la Variación del voltaje en función de la temperatura.

Al igual que el caso anterior, a medida que aumenta la temperatura del combustible, disminuye la resistencia interna del sensor (Figura 2.45)

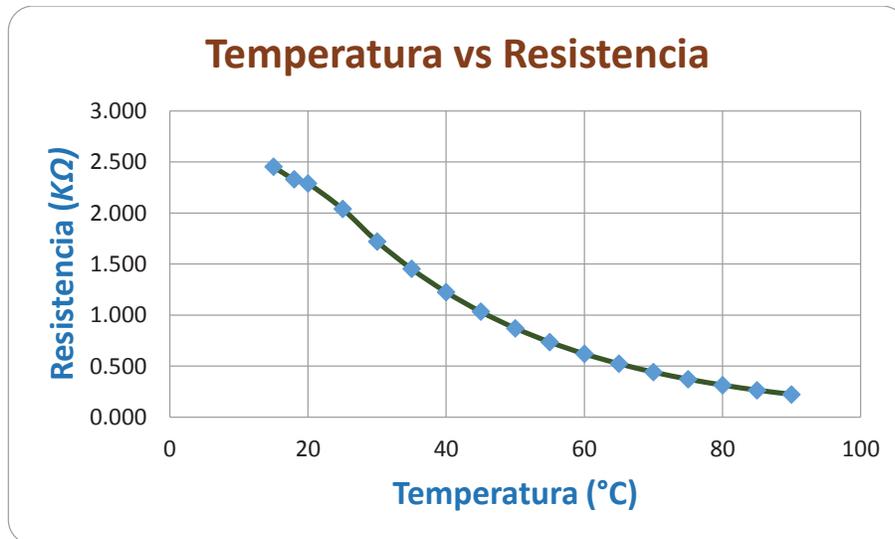


Figura 2.45 - Gráfica de la Variación de la resistencia en función de la temperatura.

2.7.1.2.4 Formas de onda en condición normal de funcionamiento

Voltaje	0.5 V/división
Tiempo	1 ms/división

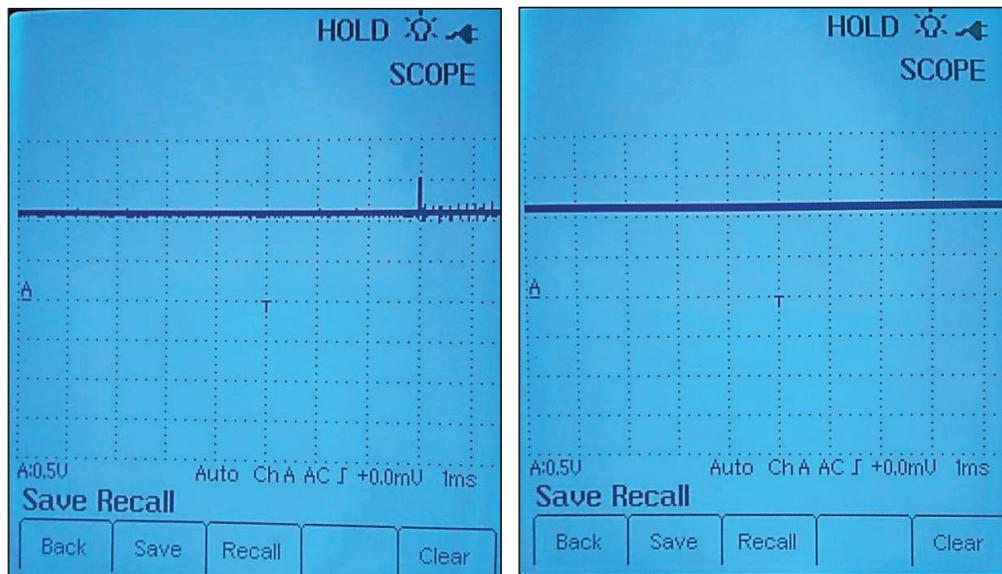


Figura 2.46 - Oscilogramas en condición normal del FTS: (Izquierda) en ralenti y (Derecha) 1500 rpm

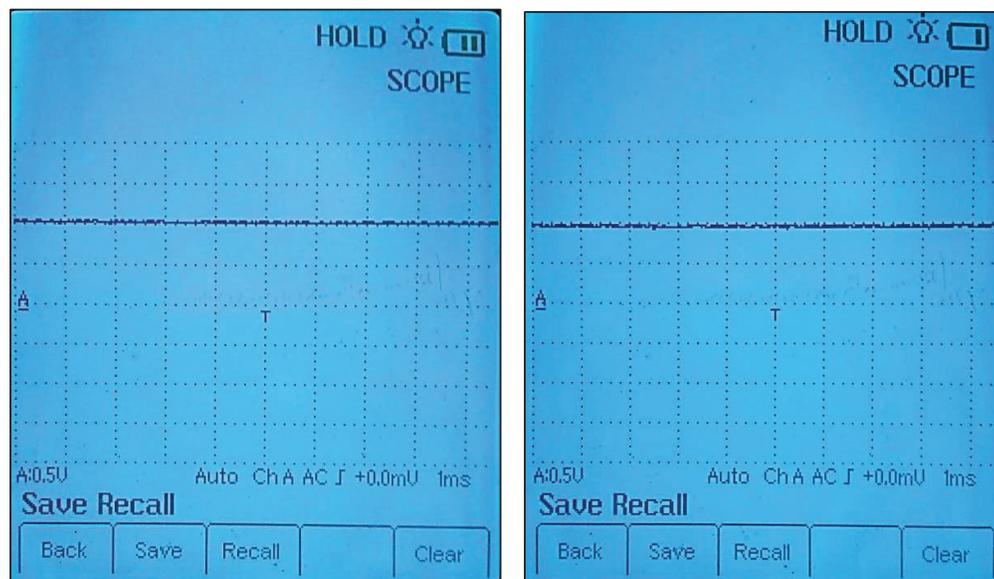


Figura 2.47 - Oscilogramas en condición normal del FTS: (Izquierda) 2500 rpm y (Derecha) 3000 rpm

2.7.1.2.5 Falla propuesta.

- La falla que se propone en el sensor FTS es variar el voltaje a 0,3V.

Para generar esta falla, mediante un potenciómetro se modifica la señal de salida del sensor FTS a la ECM, simulando una temperatura baja del diésel a 1.8 °C (Figura 2.48), a pesar de que la temperatura del diésel está a 70 °C, en condición normal.

SENSOR DATA ITEM	VALUE	UNIT	MIN	MAX
ENGINE SPEED	821	rpm	817.0	1533.0
VEHICLE SPEED SENSOR	0	km/h	0.0	0.0
FUEL PRESSURE	322.7	bar	317.2	394.2
FUEL PRESS. REGULATOR	21.5	%	21.2	33.2
FUEL TEMP.SENSOR	1.8	°C	1.3	90.0
EGR ACTUATOR	5.0	%	5.0	5.0
INLET THROTTLE ACTU.	5.0	%	5.0	5.0
BAROMETRIC PRESS.SNSR	74	kPa	74.0	74.0
CLUTCH SW.(M/T)	ON	-	-	-

BATTERY VOLTAGE

Figura 2.48 - Temperatura del FTS a 1.8°C registrado por el escáner en condición de falla

En esta condición o cuando se produce la desconexión eléctrica del socket del sensor, el escáner registra un código de avería P0180, como lo muestra la Figura 2.49, que indica el mal funcionamiento del sensor FTS.

DIAGNOSIS CÓD. PROBLEMA - C,DTC
P0180 FUEL TEMP.SNSR A-MAL.

DTC COUNT

1

Figura 2.49 - Código de falla del sensor FTS en el scanner automotriz

2.7.1.2.6 Formas de onda en condiciones de fallo

Voltaje	0.5 V/división
Tiempo	1 ms/división

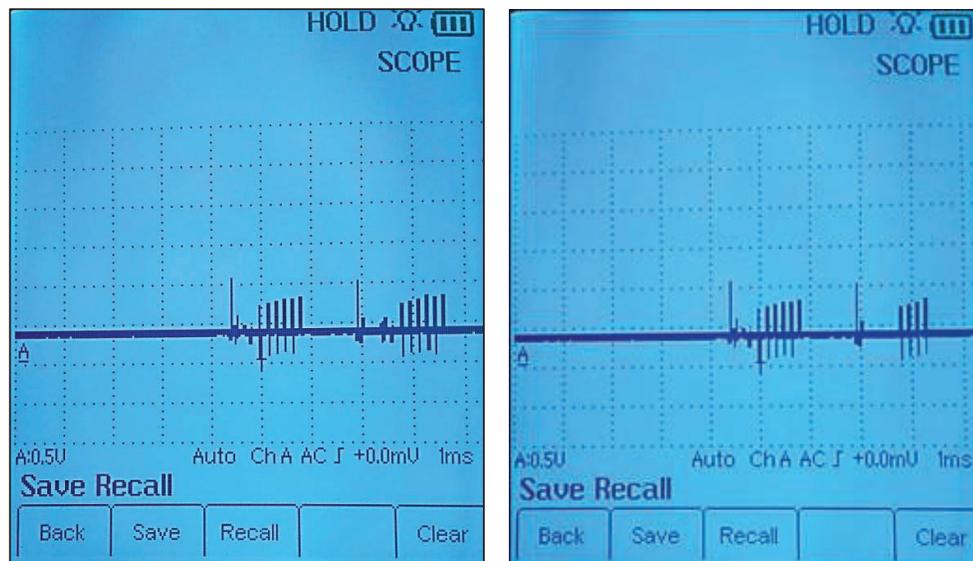


Figura 2.50 - Forma de onda en condición de fallo del FTS: (Izquierda) en ralenti y (Derecha) a 1500 rpm

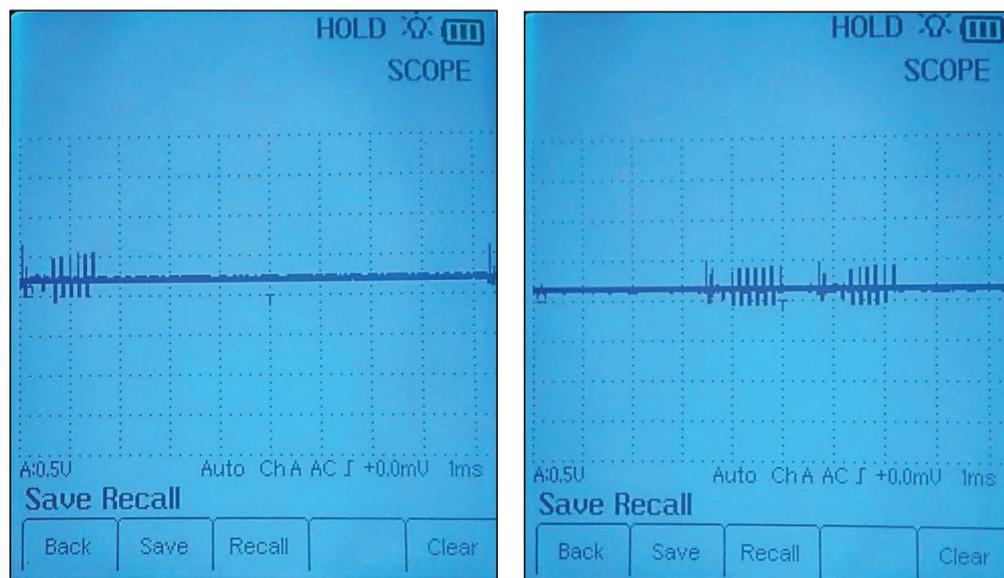


Figura 2.51 - Forma de onda en condición de fallo del FTS: (Izquierda) a 2500 rpm y (Derecha) a 3000 rpm

2.7.2 MEDICIONES Y OSCILOGRAMAS; EN CONDICIONES NORMALES DE FUNCIONAMIENTO Y CON GENERACIÓN DE FALLO EN ACTUADORES.

2.7.2.1 Regulador de Presión del Riel o Rail Pressure Regulator (RPR)

2.7.2.1.1 Funcionamiento

El regulador de presión del riel (Figura 2.52), está instalado en el extremo del riel común para ajustar la presión del combustible, controlando la alta presión mediante un retorno del riel a la bomba de alta presión. Una tensión del resorte de aproximadamente 100 bares bloquea una placa con una válvula de bola, como el combustible de retorno supera la tensión del resorte de la válvula, el solenoide de control mueve la placa de la válvula para reducir el retorno del combustible y aumentar la presión del combustible en el riel común.

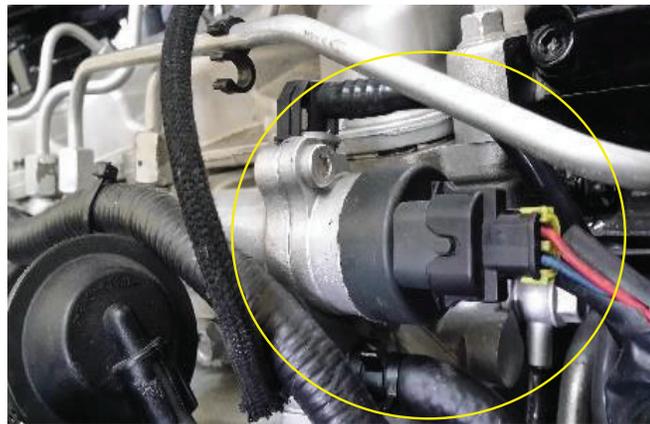


Figura 2.52 - Regulador de Presión

2.7.2.1.2 Pines

El Regulador de Presión del Riel (RPR), dispone de 2 cables de conexión con la ECM, para la regulación en High y Low. Los pines del actuador se detallan en la Tabla 2.15

Tabla 2.15 - Pines del Regulador de Presión del Riel

ECM	Sensor	Color cable
Pin 27	Pin 1	Rojo
Pin 28	Pin 2	Azul

El esquema eléctrico de conexión del regulador de presión a la ECM y sus pines, se aprecia en la Figura 2.53

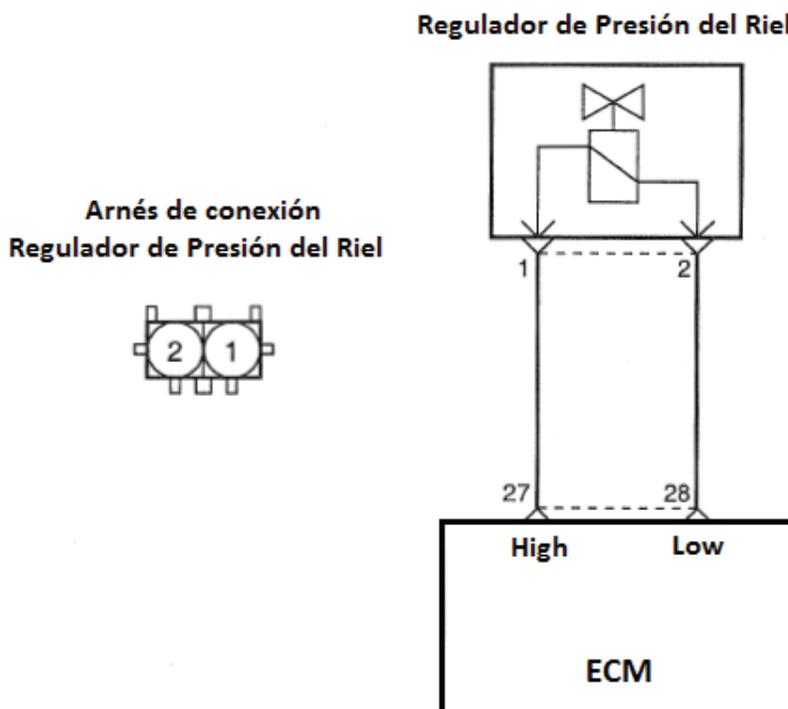


Figura 2.53 - Esquema eléctrico del Regulador de Presión del Riel

Las especificaciones técnicas del regulador de presión de combustible, recomendadas por el manual del fabricante se presentan en la Tabla 2.16

Tabla 2.16 - Especificaciones Técnicas del Regulador de Presión ¹⁷

<i>Tipo</i>	<i>Resistencia del regulador a 20°C</i>	<i>Frecuencia de operación</i>
Electrónico	2.07-2.53 Ω	1 KHz

2.7.2.1.3 Mediciones y Datos obtenidos

Cuando la temperatura del motor está a 20°C, se procede a medir la resistencia del regulador de presión, para lo cual hay que desconectar el arnés de conexión, luego, conectar el puntal positivo del óhmetro en el pin 27 del actuador y el puntal negativo en el pin 28.

¹⁷ HYUNDAI. (Noviembre de 2000). DIESEL ENGINE D4EA (BOSCH COMMON RAIL) - Shop Manual. Korea.



Figura 2.54 - Conector del Regulador de Presión del Riel

Tabla 2.17 - Valores de la resistencia del regulador de presión RPR

<i>Tipo</i>	<i>Resistencia del regulador a 20°C</i>	<i>Valor medido</i>
Electrónico	2.07-2.53 Ω	2.43 Ω

2.7.2.1.4 Formas de onda en condición normal de funcionamiento

Voltaje	5 V/división
Tiempo	0.5 ms/división

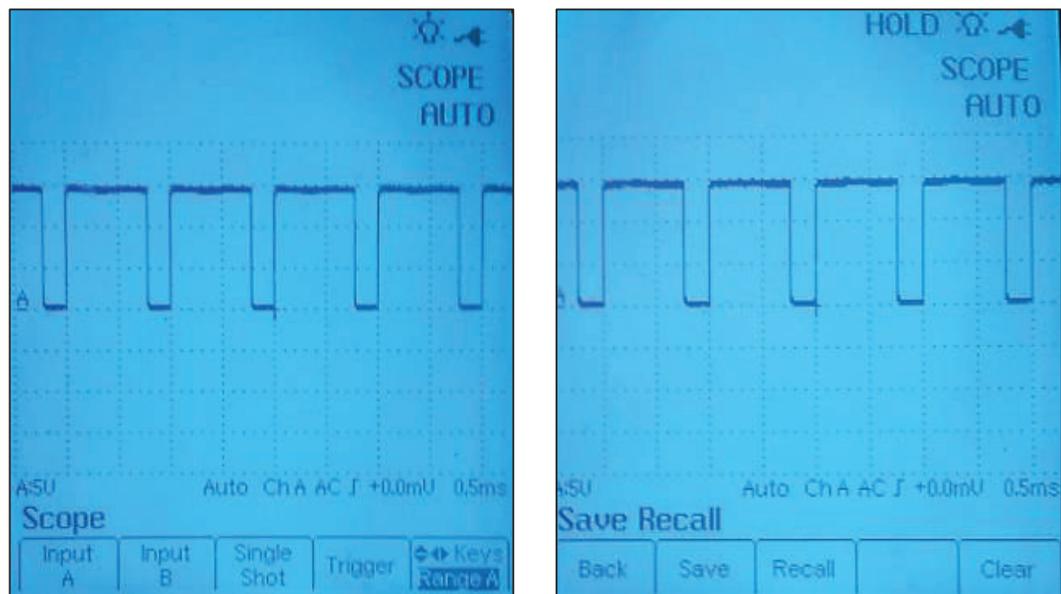


Figura 2.55 - Oscilograma del RPR condiciones normales: (Izquierda) a 850 rpm y (Derecha) a 1500 rpm

Voltaje	5 V/división
Tiempo	0.5 ms/división

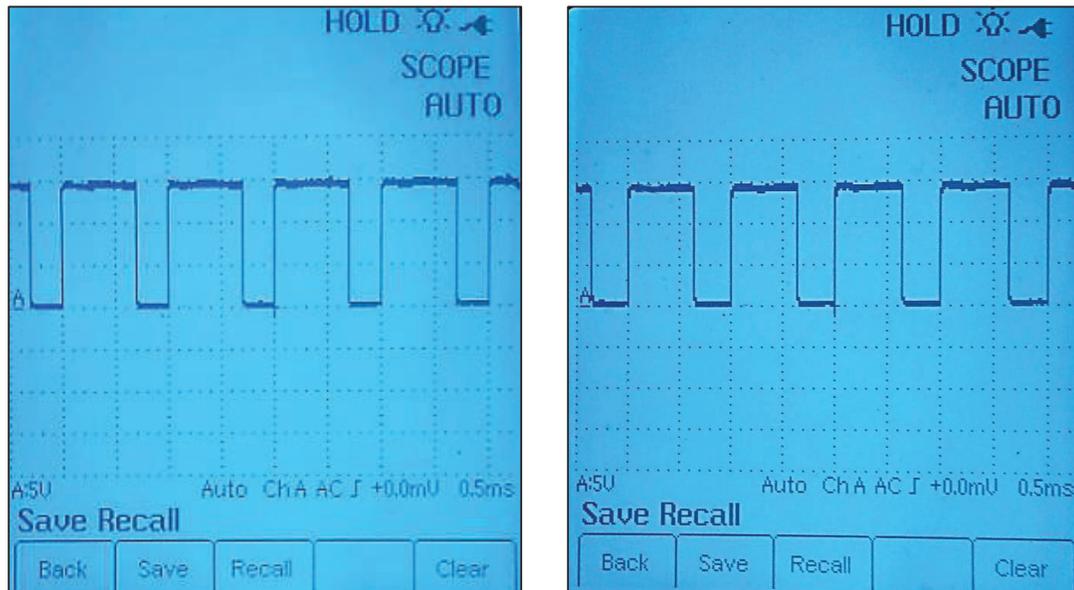


Figura 2.56 - Oscilograma del RPR condiciones normales: (Izquierda) a 2500 rpm y (Derecha) a 3000 rpm

2.7.2.1.5 *Falla Propuesta*

- *Interrupción de la tensión de la regulación en High del pin (27) de la ECM al terminal (1) del regulador de presión del riel. (Figura 2.53)*

2.7.2.1.6 *Formas de onda en condiciones de fallo*

El oscilograma de la Figura 2.57, corresponde al regulador de presión con la desconexión de la tensión de regulación en “High”. En esta condición; el motor inicialmente está en ralentí y al efectuar el fallo, automáticamente se apaga el motor y no se prende al dar nuevo arranque, con lo que el voltaje pico de 15V que registraba el osciloscopio en condiciones normales se deriva a 0V.

Caso similar ocurre cuando el motor en condiciones normales es acelerado a 1500 rpm, se genera la desconexión de la regulación en “High” y el motor se apaga, como muestra el oscilograma de la derecha según la Figura 2.57.

Voltaje	2 V/división
Tiempo	5 ms/división

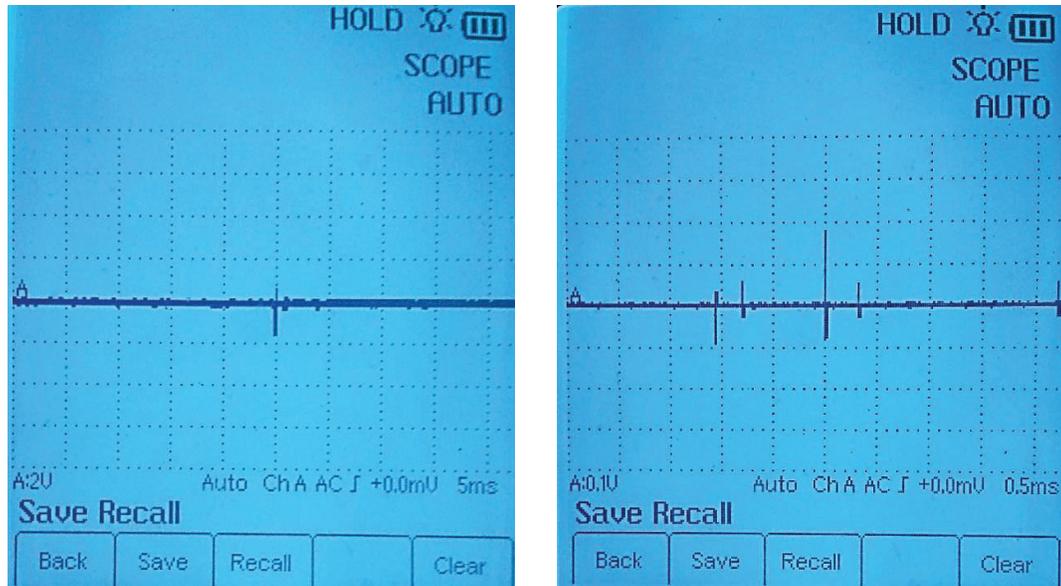


Figura 2.57 - Oscilograma del RPR con fallo "High": (Izquierda) en ralentí y (Derecha) a 1500 rpm

2.7.2.2 Inyector INJ (Injector)

2.7.2.2.1 Funcionamiento

El inyector (Figura 2.58) consta de un solenoide que utiliza los datos de la ECM para inyectar el combustible atomizado en la cámara de combustión y así generar energía a través de la combustión con el aire contenido a alta presión y temperatura.

La razón del aumento de presión en el combustible en motores diésel Common Rail a un máximo de 1500 bares, es para crear moléculas del combustible, lo que resulta en una mayor potencia, emisión reducida y eficiencia de combustible.



Figura 2.58 - Disposición de los Inyectores de Combustible CRDi en el Motor Hyundai Santa Fe 2.0

2.7.2.2.2 Pines

La distribución de los pines de los 4 inyectores en la ECM del motor Santa Fe CRDi, se aprecian en la Tabla 2.18

Tabla 2.18 - Pines de conexión de los inyectores

	Inyector 2	ECM	Inyector 3	ECM	Inyector 4	ECM	Inyector 1	ECM
Pin No.	1	37	1	37	1	36	1	36
Pin No.	2	40	2	39	2	38	2	33

El diagrama de conexión eléctrica de los inyectores en la ECM, se muestran en la Figura 2.59

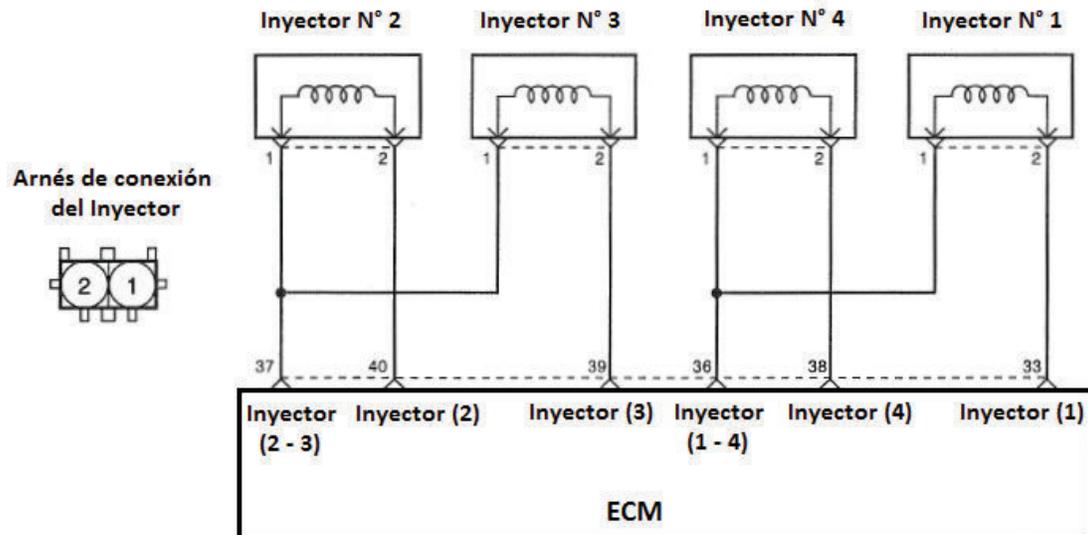


Figura 2.59 - Esquema eléctrico de la conexión de los inyectores (CRDi)

Los inyectores del motor Santa Fe CRDi 2.0 son de tipo: inductivos o electromagnéticos, cuyas especificaciones técnicas se muestran en la Tabla 2.19

Tabla 2.19 - Especificaciones del Inyector de Combustible Hyundai Santa Fe 2.0 CRDi

<i>Tipo</i>	<i>Resistencia del inyector</i>	<i>Voltaje de operación</i>	<i>Amperaje de operación</i>	<i>Tipo de control</i>
Inductivo	0.3 - 0.6Ω a 20°C	80 V	20 A	Corriente

2.7.2.2.3 Mediciones y Datos obtenidos

La medición de la resistencia del inyector, se realiza desconectando el socket de conexión, se coloca los puntales del multímetro entre los terminales (1 y 2) del inyector. Los valores medidos se encuentran dentro del rango establecido por el manual del fabricante y se detallan en la Tabla 2.20

Tabla 2.20 - Valores medidos de la resistencia de los inyectores

<i>Resistencia del Inyector</i>	1	2	3	4
Valor medido	0,3Ω	0,3Ω	0,3Ω	0,3Ω

2.7.2.2.4 Formas de onda en condición normal de funcionamiento

Para la obtención de los oscilogramas deben encontrarse los sockets conectados en cada inyector, con el motor funcionando se procede a colocar el puntal positivo del osciloscopio al terminal (1) y el puntal negro al terminal (2) del inyector.

Las Figuras 2.60 y 2.61 que se presentan a continuación, corresponden al inyector N° 1, en ralentí (850 rpm), 1500 rpm y 2500 rpm. Para lo cual se generó un enclavamiento en el pedal del acelerador del motor.

Voltaje	20 V/división
Tiempo	1ms/división

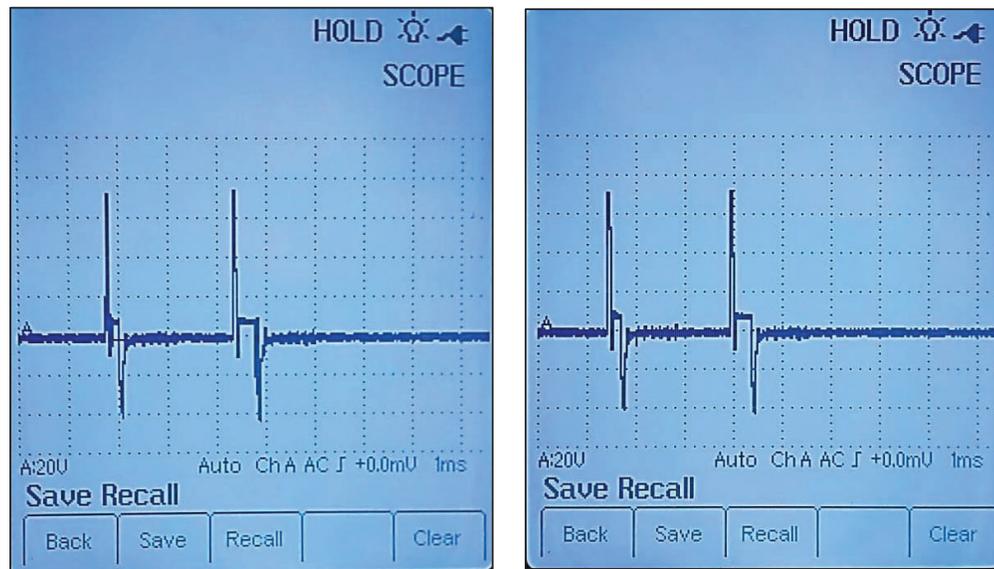


Figura 2.60 - Oscilograma Inyector N° 1 condición normal: (Izquierda) en ralentí y (Derecha) a 1500 rpm.

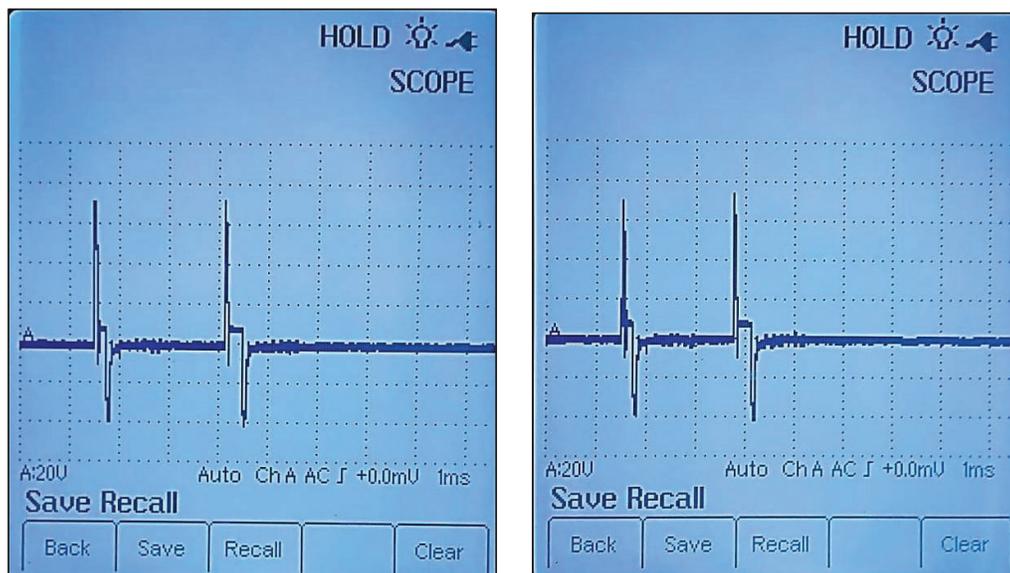


Figura 2.61 - Oscilograma Inyector N° 1 condición normal: (Izquierda) a 2500 rpm y (Derecha) a 3000 rpm

2.7.2.2.5 Falla Propuesta

- *Desconexión eléctrica del inyector del cilindro N° 1*

2.7.2.2.6 Formas de onda en condiciones de fallo

La onda de osciloscopio que se ilustra en la Figuras 2.62, corresponde al inyector del cilindro N° 1 desconectado o con generación de fallo, cuyo comportamiento se muestra en ralentí:

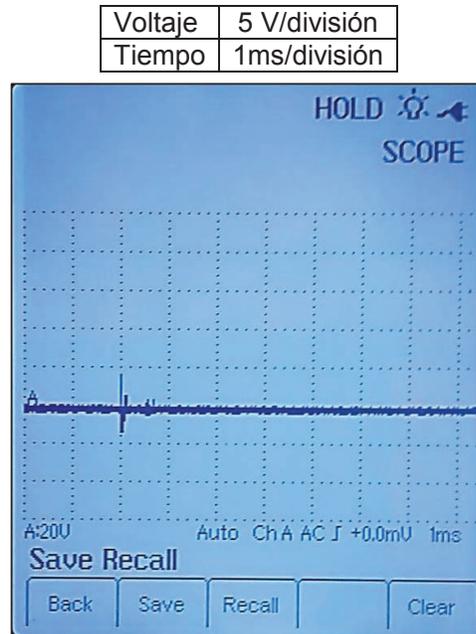


Figura 2.62 - Oscilograma que indica la desconexión del Inyector N° 1 en ralentí

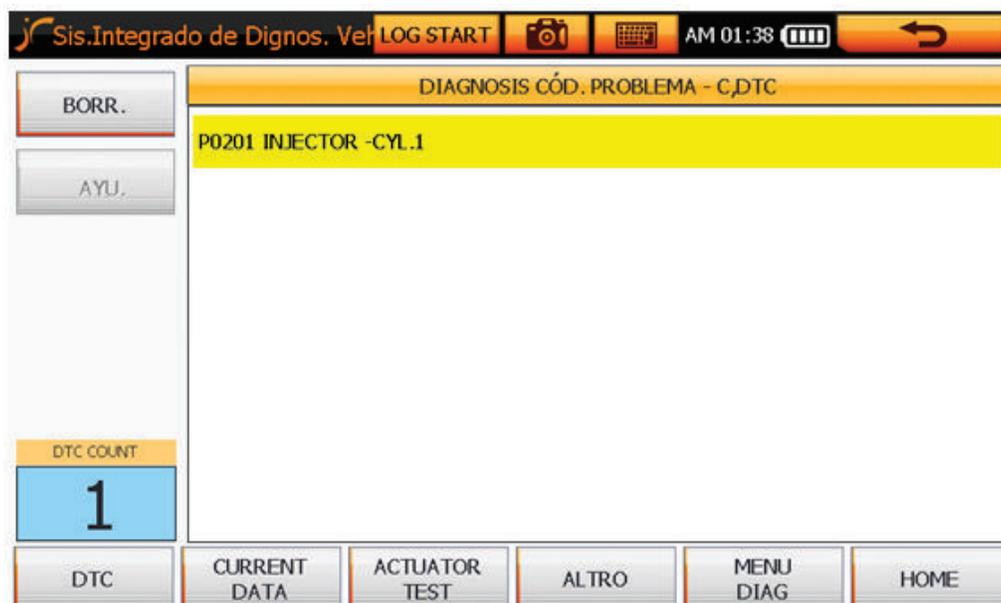


Figura 2.63 - Código de falla del inyector en el scanner

2.7.2.3 Bomba eléctrica de combustible

2.7.2.3.1 Funcionamiento

Es una bomba celular de rodillos (electrobomba de pre elevación) que va fijada exterior o en el interior del depósito de combustible (Figura 2.64), la bomba se activa unos 5 segundos al ser accionado el switch, al dar arranque la bomba funciona aspirando el combustible del depósito y enviándolo a la bomba de alta presión.

La bomba se encarga de suministrar combustible a una presión de aproximadamente 3 a 5 bares, de esa forma se consigue un arranque rápido del motor a cualquier temperatura del combustible



Figura 2.64 - Ubicación de la bomba eléctrica de alimentación de combustible.

2.7.2.3.2 Pines

La bomba eléctrica de alimentación de combustible diésel, dispone de dos terminales, uno para el voltaje de alimentación (12V) y masa. (Figura 2.65)

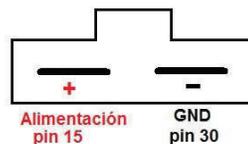


Figura 2.65 - Conector eléctrico de la Bomba de alimentación.

2.7.2.3.3 Mediciones y Datos obtenidos

Una vez localizada la bomba eléctrica (Figura 2.66), se identifican los cables de alimentación y masa de la misma.



Figura 2.66 - Cables de alimentación y masa de la bomba eléctrica de combustible

2.7.2.3.4 Formas de onda en condición normal de funcionamiento

- Para la obtención de la onda se procede a colocar los puntales del osciloscopio en paralelo a los terminales de conexión de la bomba eléctrica de combustible. Figura 2.67
- Colocar el switch de encendido en la posición de (ON), se debe escuchar el funcionamiento de la bomba eléctrica por unos dos a tres segundos y luego se apaga cuando el circuito de baja presión esta alimentado de combustible.
- Poner en marcha el motor y verificar que el oscilograma grafique el voltaje de alimentación correspondiente a la batería en forma de una línea constante.

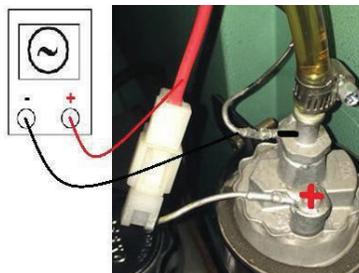


Figura 2.67 - Conexión del osciloscopio en la bomba de alimentación de combustible eléctrica.

- La grafica de la Onda que se visualiza en el osciloscopio, se presenta en la Figura 2.68.

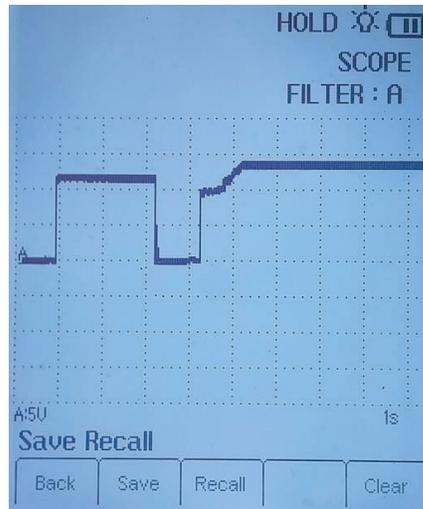


Figura 2.68 - Oscilograma en condición normal de funcionamiento de la Bomba de Alimentación Eléctrica.

2.7.2.3.5 Falla Propuesta

- *Desconexión eléctrica del terminal de masa de la bomba eléctrica de combustible, mientras está funcionando en ralentí.*

2.7.2.3.6 Formas de onda en condiciones de fallo

El oscilograma presentado en la Figura 2.69, muestra la instancia en que la bomba eléctrica deja de funcionar al desconectar el terminal de masa. La línea de voltaje de alimentación de la batería cae a 0V.

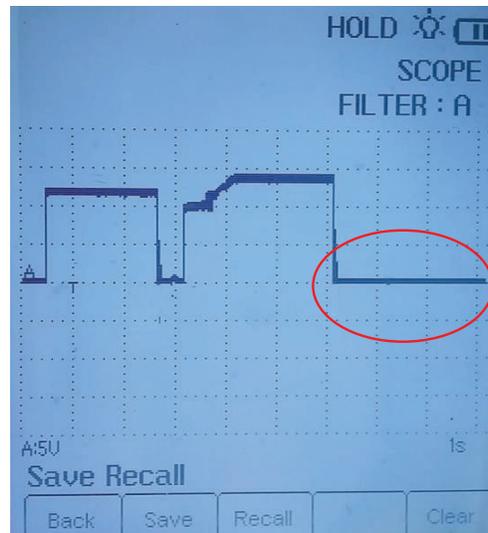


Figura 2.69 - Oscilograma en condición de fallo de la Bomba de Alimentación Eléctrica.

El código de falla (DTC) generado por la desconexión eléctrica de la bomba de combustible, se aprecia en la Figura 2.70. El código obtenido es P0230, que indica una falla en el circuito primario de la bomba eléctrica producto de la desconexión.



Figura 2.70 - Código de falla de la bomba de alimentación de combustible en el scanner

CAPÍTULO III

ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LOS OSCIOGRAMAS.

3.1 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LOS OSCIOGRAMAS OBTENIDOS, GENERADOS POR FALLOS EN LOS SENSORES.

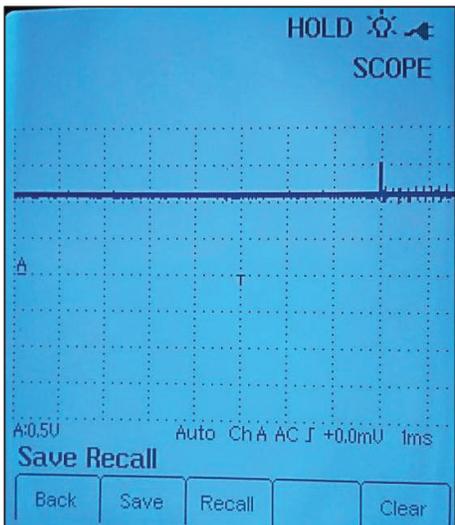
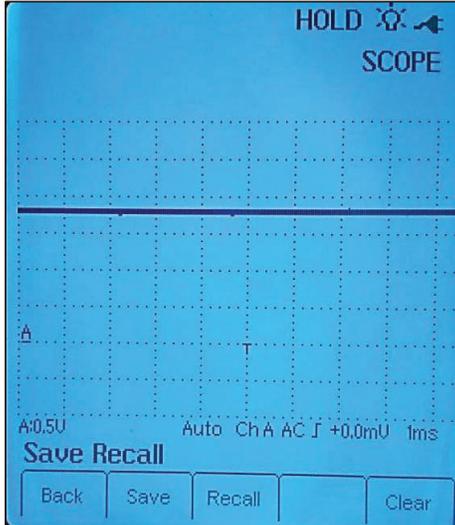
Una vez generados los fallos que se explican en el capítulo anterior, se analiza a continuación las consecuencias y repercusiones en los demás oscilogramas de las variables de estudio como son los sensores y actuadores del sistema de alimentación de combustible CRDi. Considerando para el análisis, las condiciones normales y con fallo.

3.1.1 FALLO GENERADO EN LOS SENSORES Y COMPORTAMIENTO DE OSCIOGRAMAS EN LAS OTRAS VARIABLES.

3.1.1.1 Fallo del Sensor RPS y comportamiento del sensor FTS

- Variación del voltaje de señal del sensor RPS en ralentí, a 1.037V

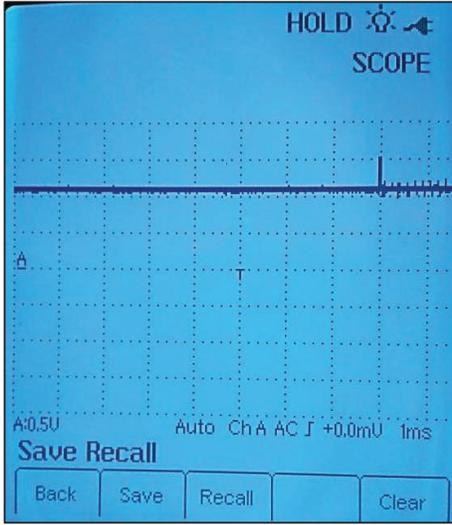
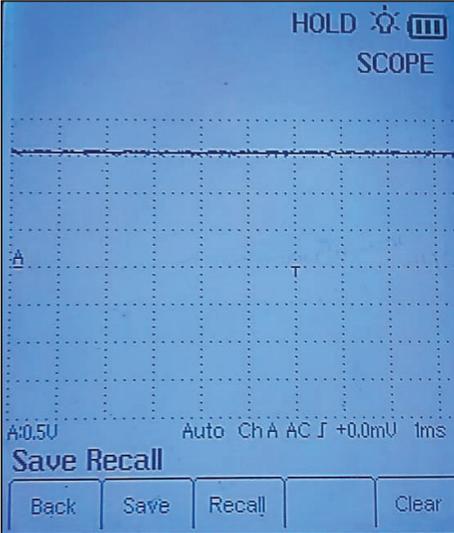
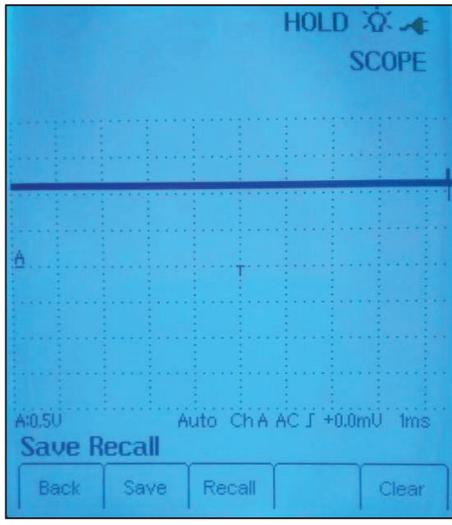
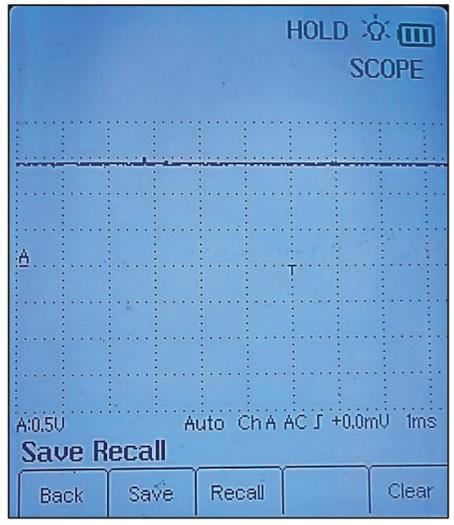
Tabla 3.1 - Comportamiento del oscilograma del sensor FTS en ralentí; con fallo generado en el sensor RPS a 1.037V

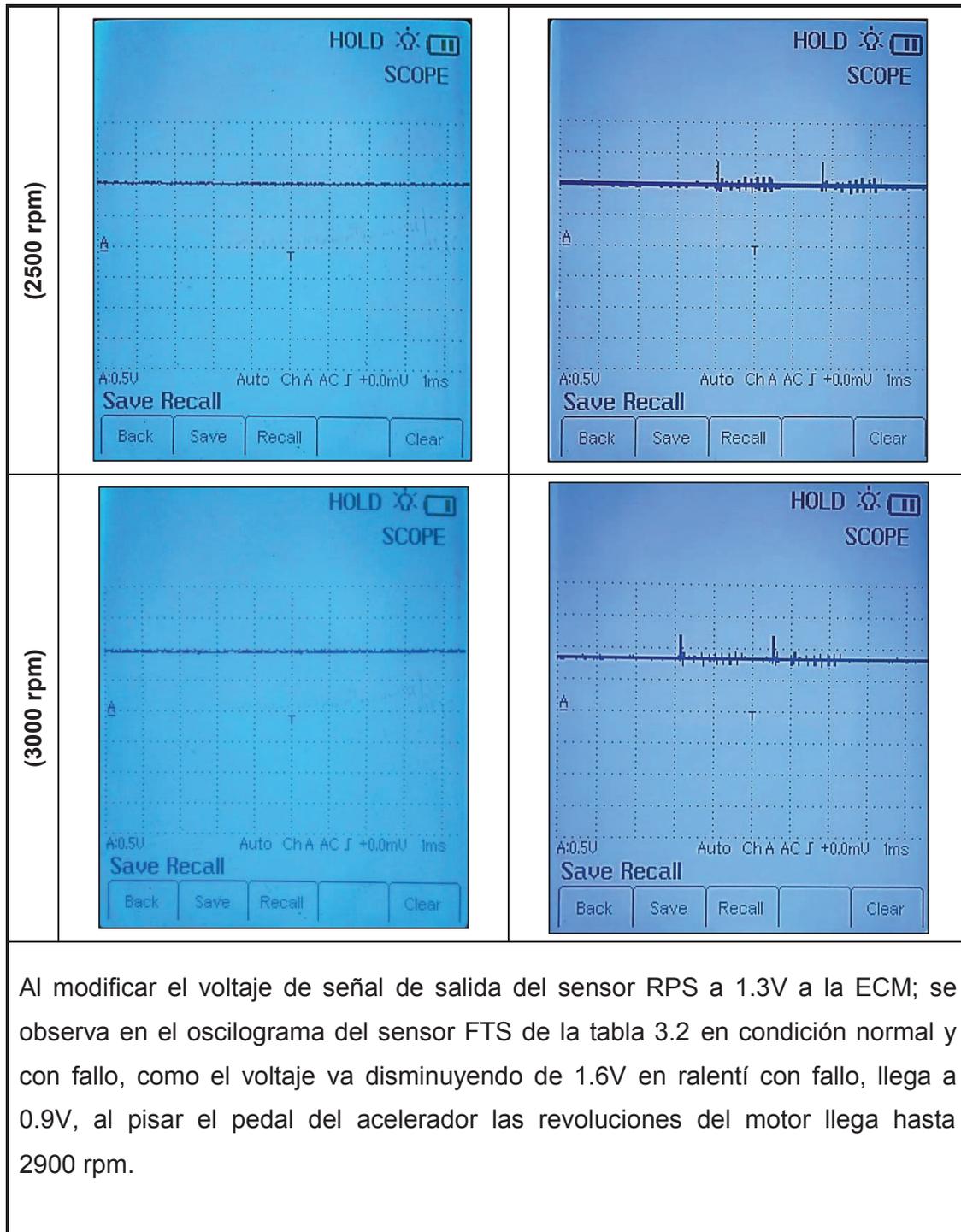
RÉGIMEN	ANÁLISIS EN EL OSCIOGRAMA DEL SENSOR DE TEMPERATURA DE COMBUSTIBLE (FTS) CON FALLO EN EL SENSOR (RPS)	
	<i>Oscilograma condición normal</i>	<i>Oscilograma con fallo</i>
Ralentí (850 rpm)		

Al modificar el voltaje de señal de salida del sensor RPS a 1.037V a la ECM; se observa en el oscilograma del sensor FTS de la tabla 3.1 en condición normal y con fallo, como el voltaje se incrementa de 1.1V a 1.8V; con estos valores al pisar el pedal del acelerador el motor no acelera permanece en ralentí.

- Variación del voltaje de señal del sensor RPS, a 1.3V

Tabla 3.2 - Comportamiento del oscilograma del sensor FTS en ralentí; con fallo generado en el sensor RPS a 1.3V

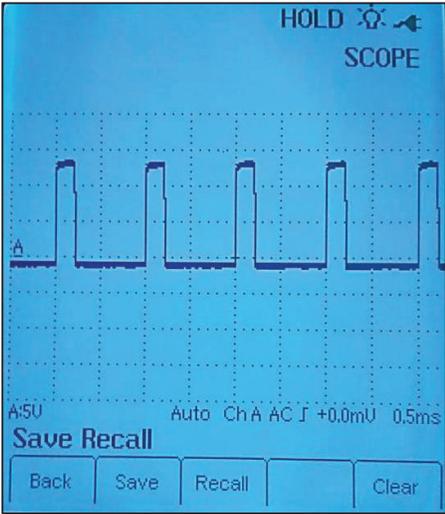
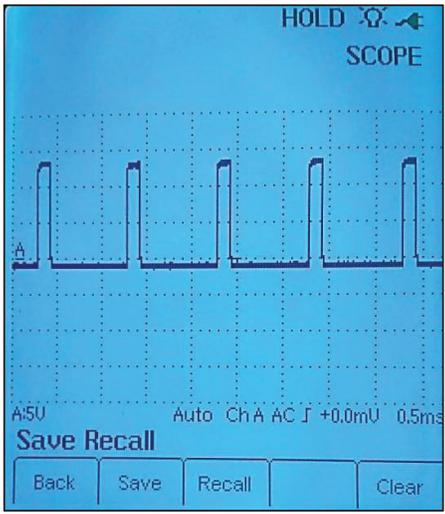
RÉGIMEN	ANÁLISIS EN EL OSCILOGRAMA DEL SENSOR DE TEMPERATURA DE COMBUSTIBLE (FTS) CON FALLO EN EL SENSOR (RPS)	
	Oscilograma condición normal	Oscilograma con fallo
Ralentí (850 rpm)		
(1500 rpm)		



3.1.1.2 Fallo del Sensor RPS y comportamiento del sensor RPR

- Variación del voltaje de señal del sensor RPS en ralentí, a 1.037V

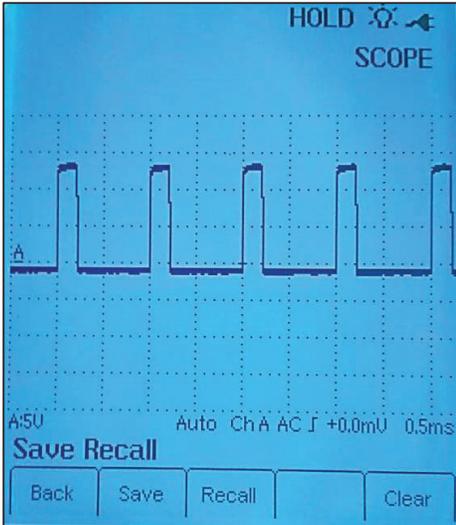
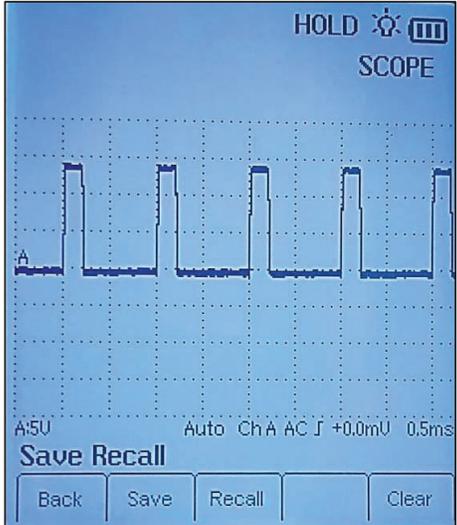
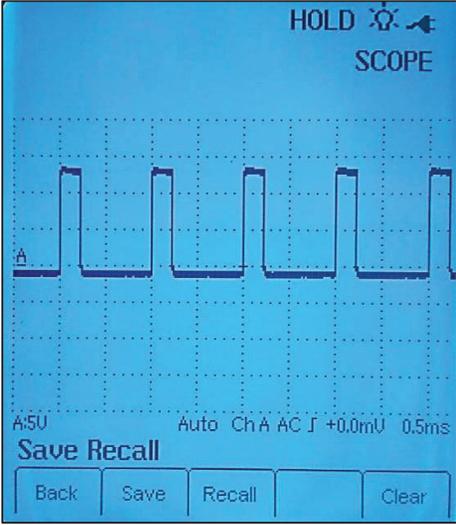
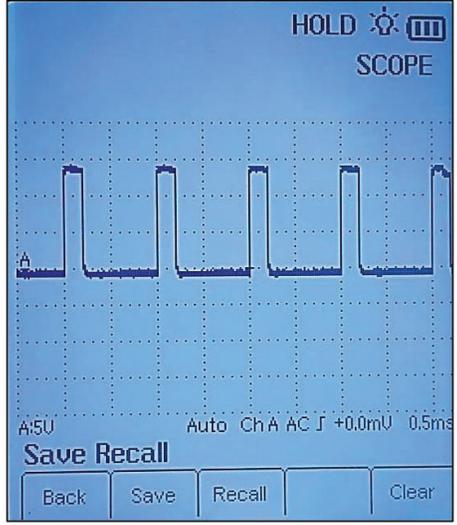
Tabla 3.3 - Comportamiento del oscilograma del sensor RPR en ralentí; con fallo generado en el sensor RPS a 1.037V

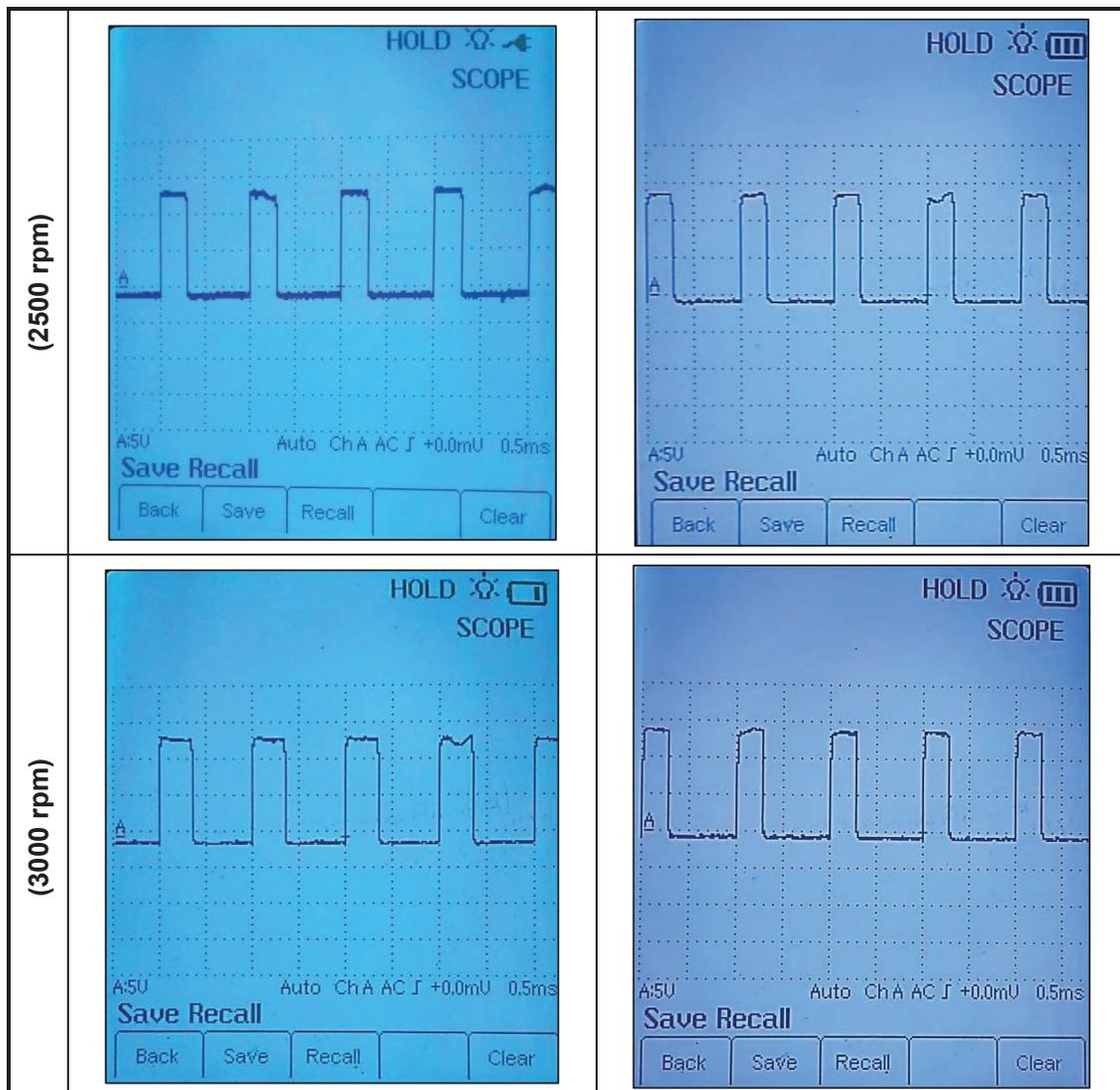
RÉGIMEN	ANÁLISIS EN EL OSCILOGRAMA DEL REGULADOR DE PRESION DE COMBUSTIBLE EN LA RIEL (RPR) CON FALLO EN EL SENSOR (RPS)																							
	<i>Oscilograma condición normal</i>		<i>Oscilograma con fallo</i>																					
Ralentí (850 rpm)																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Oscilogramas</th> <th colspan="2">Normal</th> <th colspan="2">Con fallo</th> </tr> <tr> <th>Régimen</th> <th>Voltaje</th> <th>Duty Cycle</th> <th>Voltaje</th> <th>Duty Cycle</th> </tr> <tr> <th>rpm</th> <th>V</th> <th>%</th> <th>V</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>850</td> <td>14</td> <td>21.1</td> <td>14</td> <td>23</td> </tr> </tbody> </table>				Oscilogramas	Normal		Con fallo		Régimen	Voltaje	Duty Cycle	Voltaje	Duty Cycle	rpm	V	%	V	%	850	14	21.1	14	23
Oscilogramas	Normal		Con fallo																					
Régimen	Voltaje	Duty Cycle	Voltaje	Duty Cycle																				
rpm	V	%	V	%																				
850	14	21.1	14	23																				

Al modificar el voltaje de señal de salida del sensor RPS a 1.037V a la ECM; se observa en el oscilograma de la válvula reguladora de presión de combustible, de la tabla 3.3 en condición normal y con fallo, como el voltaje se mantiene pero en cambio aumenta el porcentaje de ciclo de trabajo, con estos valores al pisar el pedal del acelerador el motor no acelera permanece en ralentí.

- Variación del voltaje de señal del sensor RPS, a 1.3V

Tabla 3.4 - Comportamiento del oscilograma del sensor RPR en los distintos regímenes; con fallo generado en el sensor RPS a 1.3V.

RÉGIMEN	ANÁLISIS EN EL OSCILOGRAMA DE LA VALVULA REGULADORA DE PRESION DE COMBUSTIBLE EN LA RIEL (RPR) CON FALLO EN EL SENSOR (RPS)	
	Oscilograma condición normal	Oscilograma con fallo
Ralentí (850 rpm)	 <p>Hold Scope A:5U Auto ChA AC J +0.0mU 0.5ms Save Recall Back Save Recall Clear</p>	 <p>Hold Scope A:5U Auto ChA AC J +0.0mU 0.5ms Save Recall Back Save Recall Clear</p>
(1500 rpm)	 <p>Hold Scope A:5U Auto ChA AC J +0.0mU 0.5ms Save Recall Back Save Recall Clear</p>	 <p>Hold Scope A:5U Auto ChA AC J +0.0mU 0.5ms Save Recall Back Save Recall Clear</p>



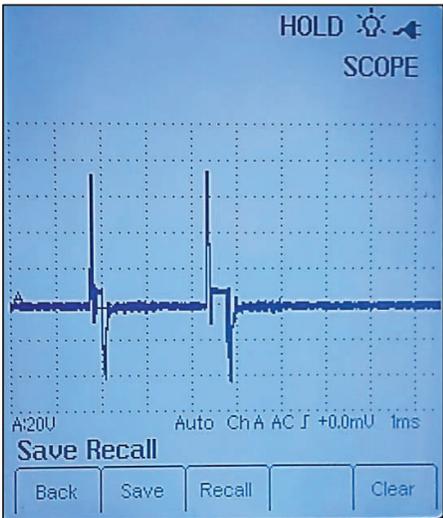
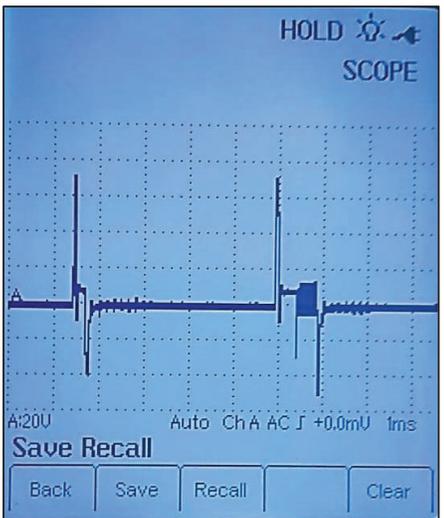
Oscilogramas	Normal		Con fallo		
	Régimen	Voltaje	Duty Cycle	Voltaje	Duty Cycle
	rpm	V	%	V	%
	850	14	21.1	14	21
	1500	14	23.4	14	23
	2500	14	30.3	14	31
	2900	14	35.7	14	34.5

Al modificar el voltaje de señal de salida RPS a 1.037V a la ECM; se observa en el oscilograma de la válvula reguladora de presión de combustible, de la tabla 3.4 en condición normal y con fallo, como el voltaje y ciclo de trabajo se mantienen. Debido a estos valores; al pisar el pedal del acelerador las revoluciones del motor llegan hasta 2900 rpm.

3.1.1.3 Fallo del Sensor RPS y comportamiento del oscilograma del Inyector

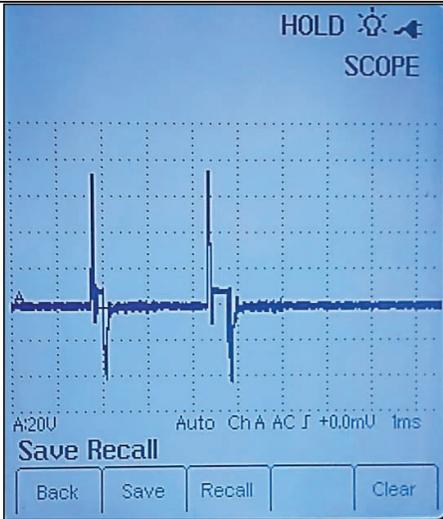
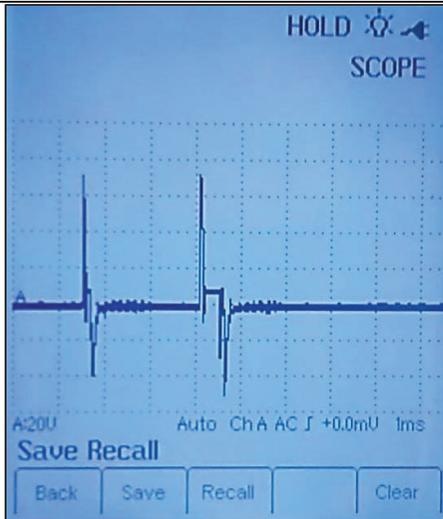
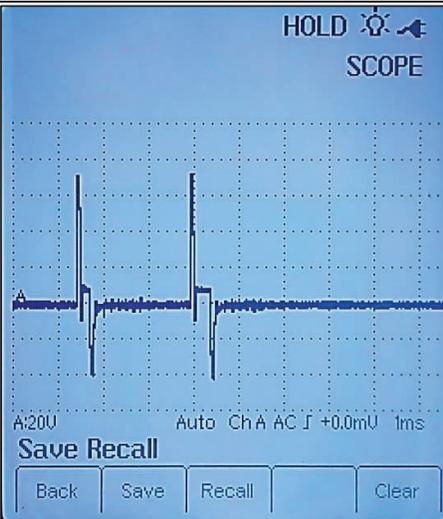
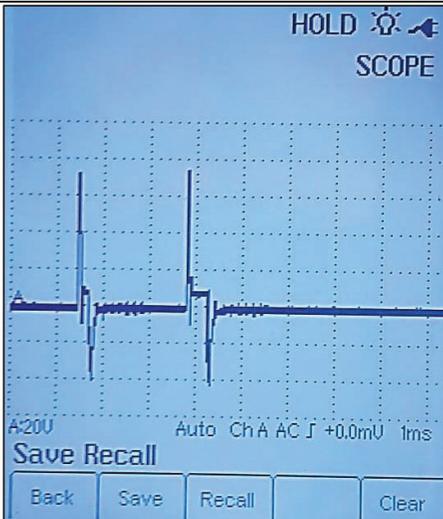
- Variación del voltaje de señal del sensor RPS en ralentí, a 1.037V

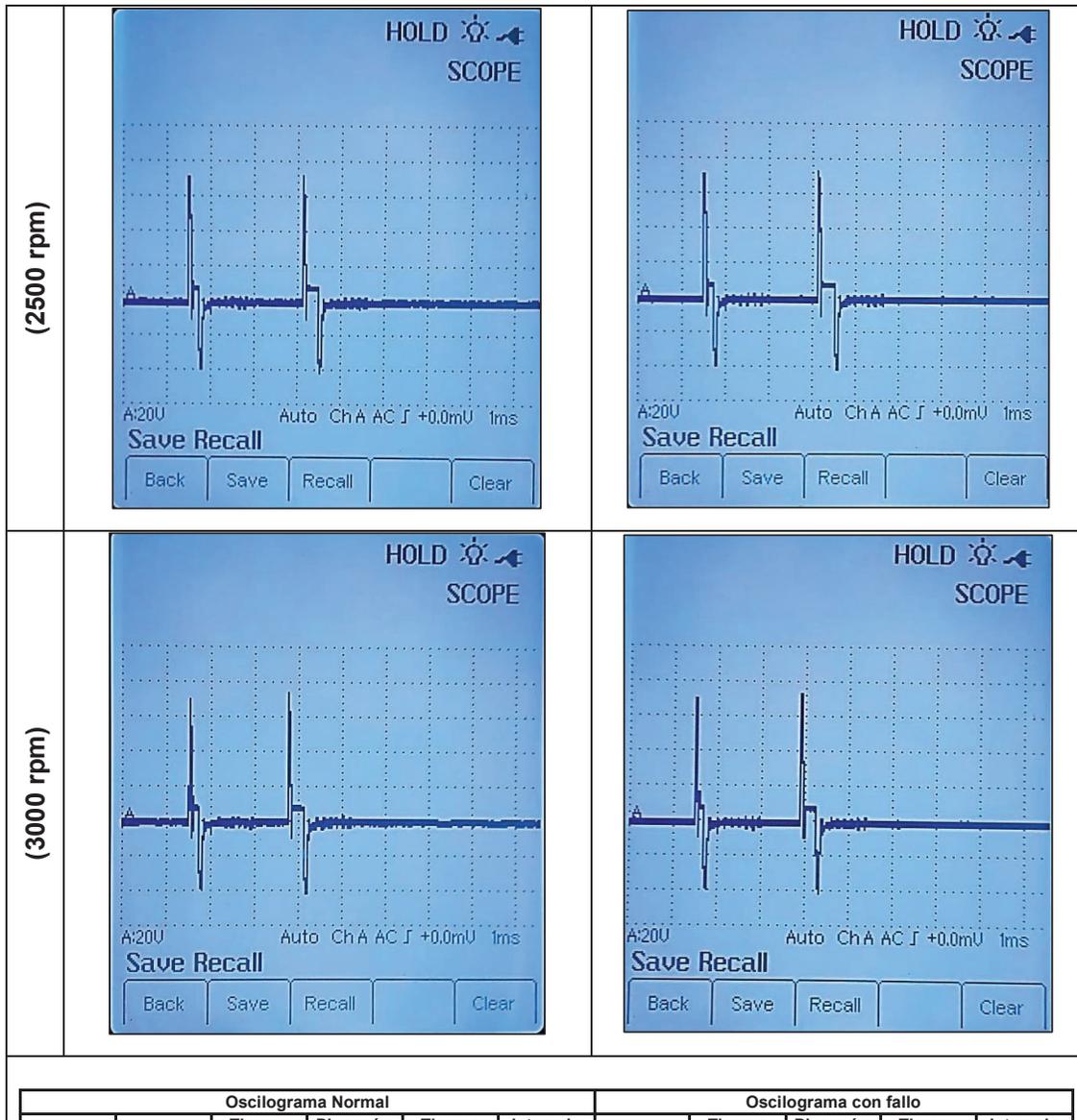
Tabla 3.5 - Comportamiento del oscilograma del inyector en ralentí; con fallo generado en el sensor RPS a 1.037V

RÉGIMEN	ANÁLISIS EN EL OSCILOGRAMA DEL INYECTOR (IJ) CON FALLO EN EL SENSOR (RPS)																																		
	<i>Oscilograma condición normal</i>	<i>Oscilograma con fallo</i>																																	
Ralentí (850 rpm)																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Oscilograma Normal</th> <th colspan="5">Oscilograma con fallo</th> </tr> <tr> <th>rpm</th> <th>Pico máx. pre inyección (V)</th> <th>Tiempo pre inyección (ms)</th> <th>Pico máx inyección principal (V)</th> <th>Tiempo inyección principal (ms)</th> <th>Intervalo de tiempo entre picos de pre con inyección principal</th> <th>Pico máx pre inyección (V)</th> <th>Tiempo pre inyección (ms)</th> <th>Pico máx inyección principal (V)</th> <th>Tiempo inyección principal (ms)</th> <th>Intervalo de tiempo entre picos de pre con inyección principal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>850</td> <td>72</td> <td>0,6</td> <td>76</td> <td>0,6</td> <td>2,6</td> <td>72</td> <td>0,4</td> <td>76</td> <td>0,6</td> <td>4,6</td> </tr> </tbody> </table>			Oscilograma Normal						Oscilograma con fallo					rpm	Pico máx. pre inyección (V)	Tiempo pre inyección (ms)	Pico máx inyección principal (V)	Tiempo inyección principal (ms)	Intervalo de tiempo entre picos de pre con inyección principal	Pico máx pre inyección (V)	Tiempo pre inyección (ms)	Pico máx inyección principal (V)	Tiempo inyección principal (ms)	Intervalo de tiempo entre picos de pre con inyección principal	850	72	0,6	76	0,6	2,6	72	0,4	76	0,6	4,6
Oscilograma Normal						Oscilograma con fallo																													
rpm	Pico máx. pre inyección (V)	Tiempo pre inyección (ms)	Pico máx inyección principal (V)	Tiempo inyección principal (ms)	Intervalo de tiempo entre picos de pre con inyección principal	Pico máx pre inyección (V)	Tiempo pre inyección (ms)	Pico máx inyección principal (V)	Tiempo inyección principal (ms)	Intervalo de tiempo entre picos de pre con inyección principal																									
850	72	0,6	76	0,6	2,6	72	0,4	76	0,6	4,6																									
<p>Con estos valores al pisar el pedal del acelerador las revoluciones del motor llega hasta 2900 rpm.</p>																																			

- Variación del voltaje de señal del sensor RPS, a 1.3V

Tabla 3.6 - Comportamiento del oscilograma del inyector en los distintos regímenes; con la falla generado en el sensor RPS a 1.3V.

RÉGIMEN	ANÁLISIS EN EL OSCILOGRAMA DE LOS INYECTORES (IJ) CON FALLO EN EL SENSOR (RPS)	
	Oscilograma condición normal	Oscilograma con fallo
Ralentí (850 rpm)	 <p>SCOPE A:20U Auto Ch A AC J +0.0mU 1ms Save Recall Back Save Recall Clear</p>	 <p>SCOPE A:20U Auto Ch A AC J +0.0mU 1ms Save Recall Back Save Recall Clear</p>
(1500 rpm)	 <p>SCOPE A:20U Auto Ch A AC J +0.0mU 1ms Save Recall Back Save Recall Clear</p>	 <p>SCOPE A:20U Auto Ch A AC J +0.0mU 1ms Save Recall Back Save Recall Clear</p>



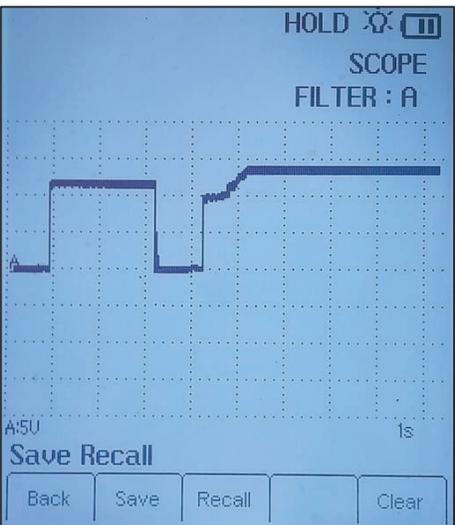
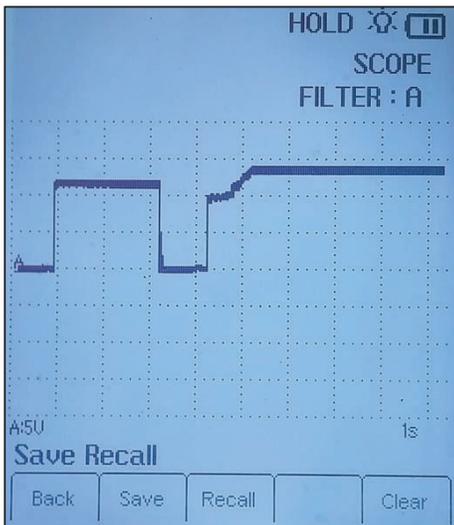
rpm	Oscilograma Normal					Oscilograma con fallo				
	Pico máx. pre inyección (V)	Tiempo pre inyección (ms)	Pico máx. inyección principal (V)	Tiempo inyección principal (ms)	Intervalo de tiempo entre picos de pre con inyección principal	Pico máx. pre inyección (V)	Tiempo pre inyección (ms)	Pico máx. inyección principal (V)	Tiempo inyección principal (ms)	Intervalo de tiempo entre picos de pre con inyección principal
850	72	0.4	76	0.6	2.6	72	0.4	76	0.6	2.6
1500	72	0.4	76	0.6	2.6	72	0.4	78	0.6	2.6
2500	72	0.4	72	0.6	2.6	72	0.4	76	0.6	2.6
2900	72	0.4	72	0.6	2.2	72	0.4	72	0.6	2.6

Con estos valores al pisar el pedal del acelerador las revoluciones del motor llega hasta 2900 rpm.

3.1.1.4 Fallo del Sensor RPS y comportamiento en la bomba eléctrica de alimentación de combustible

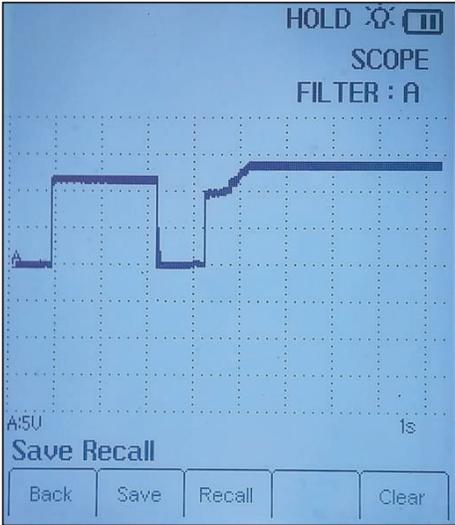
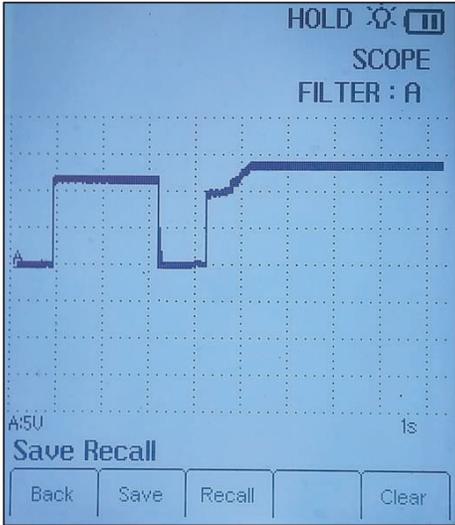
- Variación del voltaje de señal del sensor RPS en ralentí, a 1.037V

Tabla 3.7 - Comportamiento del oscilograma de la bomba de combustible en ralentí; con fallo generado en el sensor RPS a 1.037V

RÉGIMEN	ANÁLISIS EN EL OSCILOGRAMA DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE CON FALLO EN EL SENSOR (RPS)	
	Oscilograma condición normal	Oscilograma con fallo
Ralentí (850 rpm)	 <p>La imagen muestra una pantalla de oscilograma con un fondo azul y una cuadrícula blanca. En la parte superior, hay un botón 'HOLD' con un símbolo de lámpara y un botón 'II'. Debajo, se indica 'SCOPE FILTER: A'. El gráfico muestra una línea que permanece en un nivel bajo, luego salta a un nivel más alto y se estabiliza. En la parte inferior izquierda, se indica 'A:5U' y en la inferior derecha '1s'. Hay un botón 'Save Recall' y cuatro botones 'Back', 'Save', 'Recall' y 'Clear' en la parte inferior.</p>	 <p>La imagen muestra una pantalla de oscilograma similar a la anterior. Sin embargo, cuando se pisó el pedal del acelerador, la línea del gráfico no subió a un nivel más alto, sino que se mantuvo en el nivel de ralentí, lo que indica un fallo en el sensor RPS. El resto de la interfaz (botones, filtros, escala) es idéntica a la imagen de la condición normal.</p>
<p>Al modificar el voltaje de señal del sensor RPS a 1.037 v; observamos en el oscilograma en condiciones normal y de fallo, de la tabla 3.7 de la bomba eléctrica de combustible no varía se mantiene; con esta falla al pisar el pedal del acelerador el motor no acelera permanece en ralentí.</p>		

- Variación del voltaje de señal del sensor RPS, a 1.3v

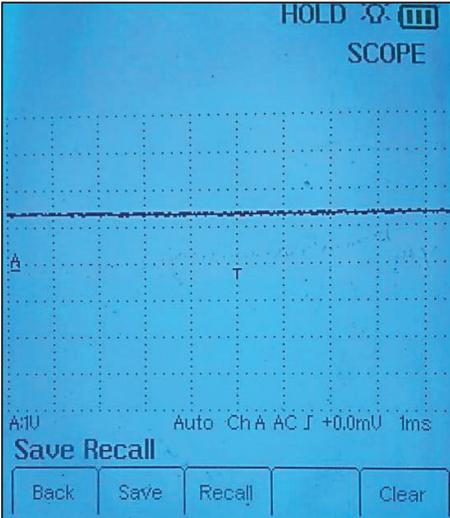
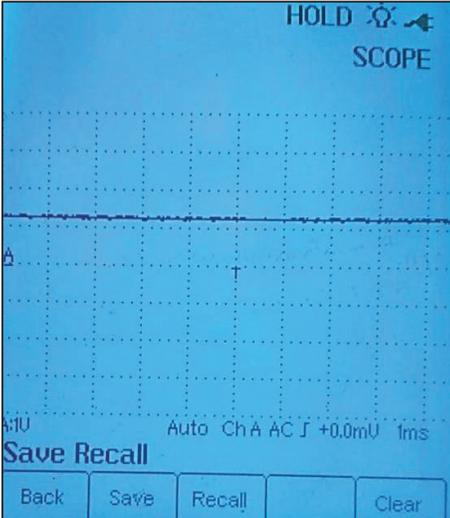
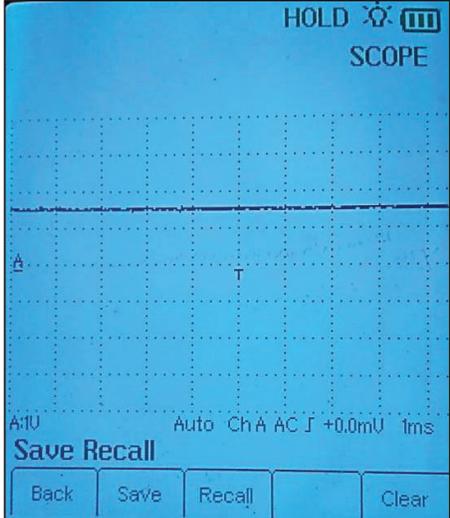
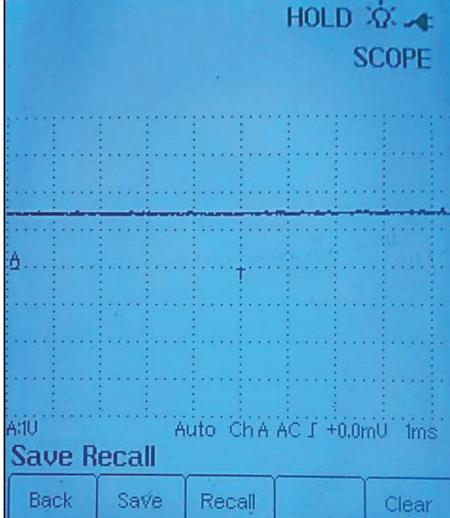
Tabla 3.8 - Comportamiento del oscilograma de la bomba de combustible en ralentí; con fallo generado en el sensor RPS a 1.3v.

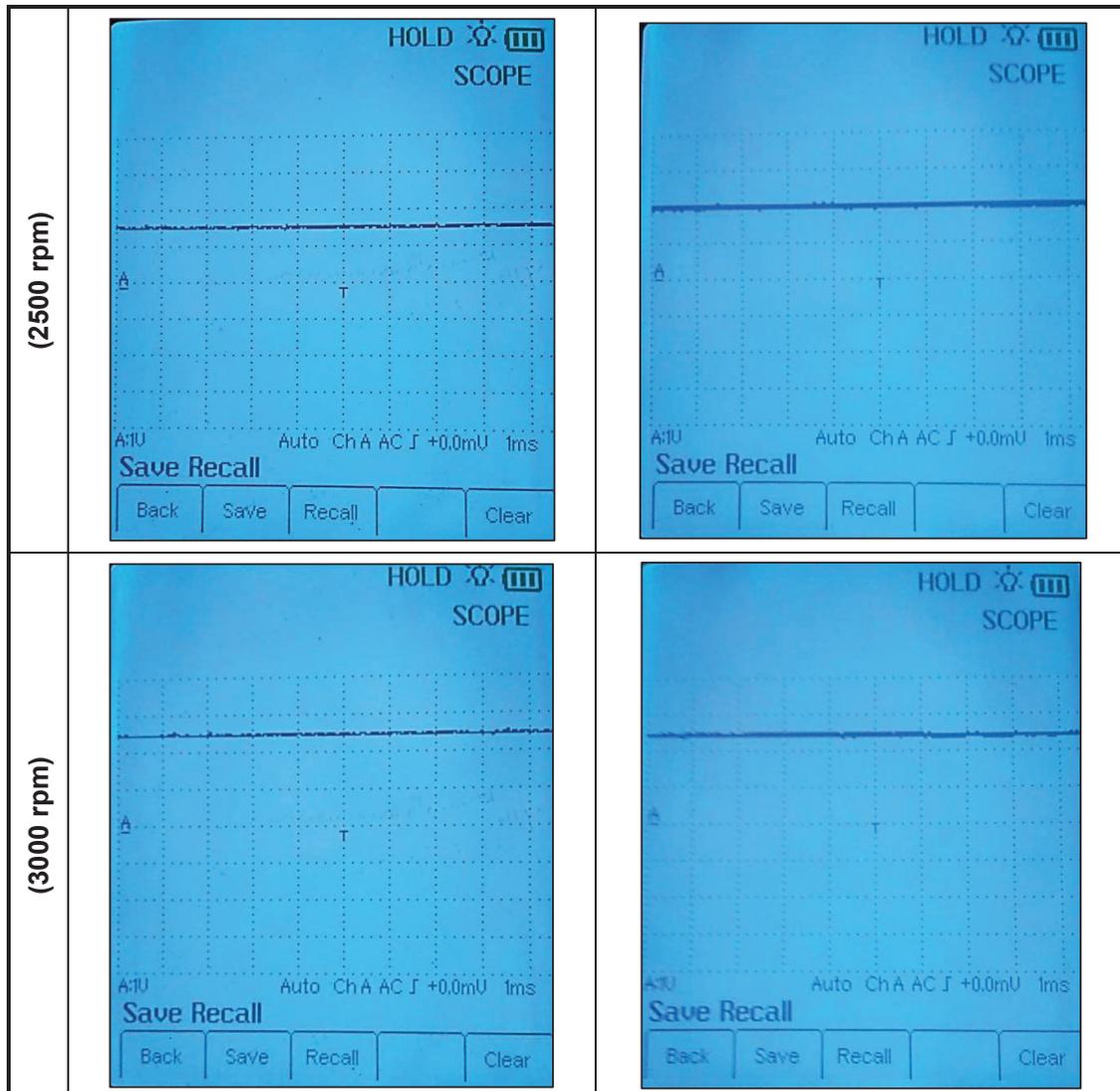
RÉGIMEN	ANÁLISIS EN EL OSCILOGRAMA DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE CON FALLO EN EL SENSOR (RPS)	
	Oscilograma condición normal	Oscilograma con fallo
Ralentí (850 rpm)		
<p>Al modificar el voltaje de señal del sensor RPS a 1.3V; observamos en el oscilograma en condiciones normal y de fallo, de la tabla 3.8 de la bomba eléctrica de combustible no varía se mantiene; con esta falla al pisar el pedal del acelerador las revoluciones del motor llega hasta 2900 rpm.</p>		

3.1.1.5 Fallo del Sensor FTS y comportamiento del sensor RPS

- Variación del voltaje de señal del sensor FTS, a 0.3V

Tabla 3.9 - Comportamiento del oscilograma del sensor RPS en los distintos regímenes; con fallo generado en el sensor FTS.

RÉGIMEN	ANÁLISIS EN EL OSCILOGRAMA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL COMBUSTIBLE DE LA RIEL (RPS) CON FALLO EN EL SENSOR (FTS)	
	Oscilograma condición normal	Oscilograma con fallo
Ralentí (850 rpm)	 <p>Hold Scope SCOPE Auto Ch A AC J +0.0mU 1ms Save Recall Back Save Recall Clear</p>	 <p>Hold Scope SCOPE Auto Ch A AC J +0.0mU 1ms Save Recall Back Save Recall Clear</p>
(1500 rpm)	 <p>Hold Scope SCOPE Auto Ch A AC J +0.0mU 1ms Save Recall Back Save Recall Clear</p>	 <p>Hold Scope SCOPE Auto Ch A AC J +0.0mU 1ms Save Recall Back Save Recall Clear</p>



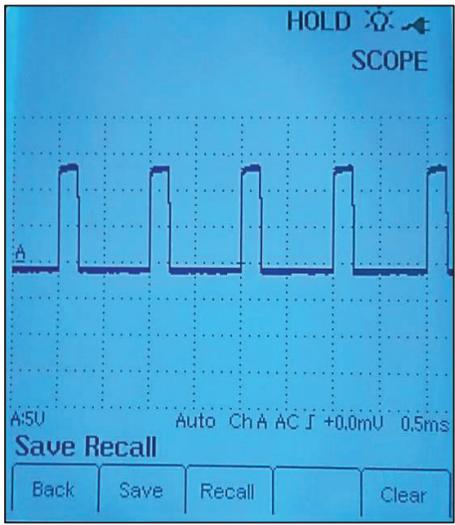
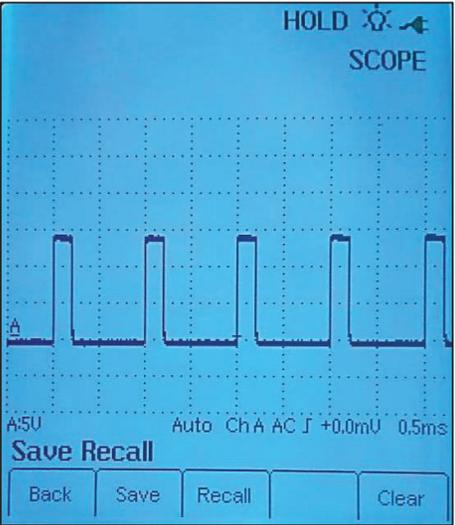
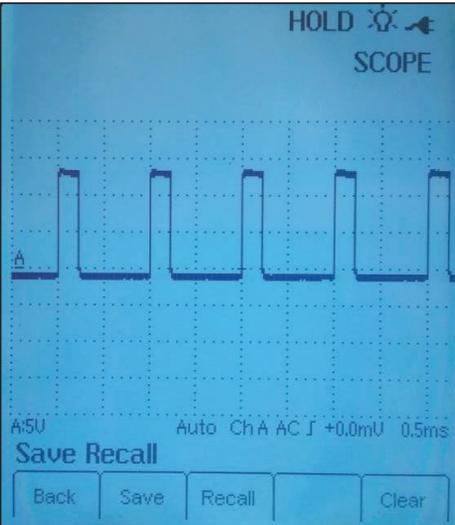
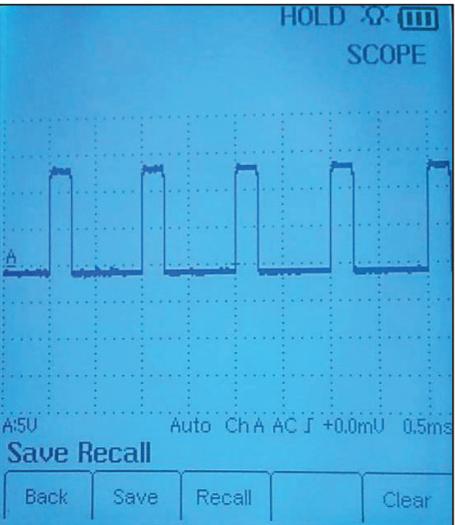
Oscilogramas	Normal	Con fallo
rpm	V	V
850	1,4	1,4
1500	1,6	1,4
2500	1,6	2
3000	1,4	2,4

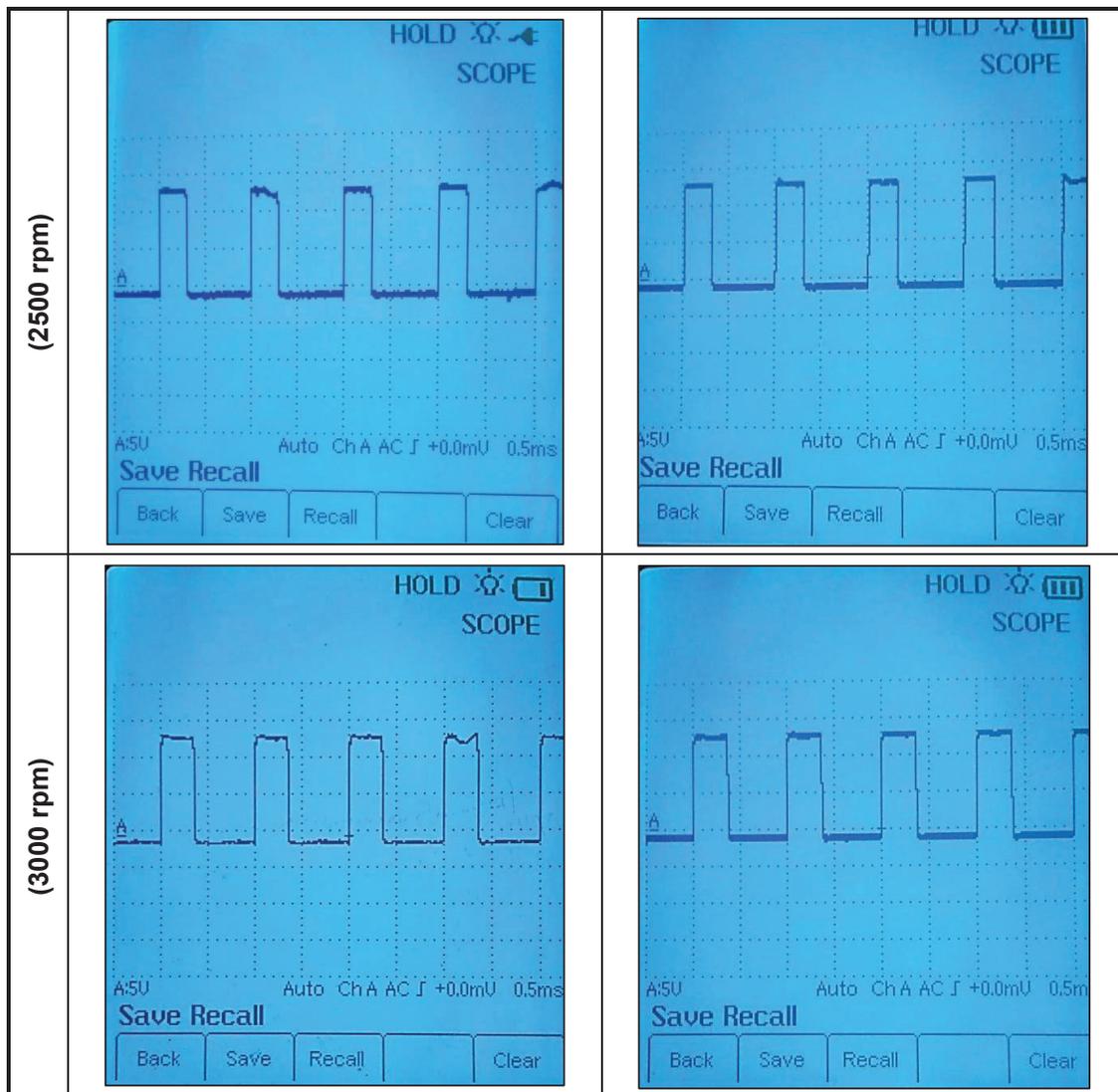
Al generar esta falla se observa los valores de voltaje normal comparando con falla se incrementa a lo que sube las rpm del motor.

3.1.1.6 Fallo del Sensor FTS y comportamiento de la válvula reguladora de presión de combustible del riel

- Variación del voltaje de señal del sensor FTS, a 0.3v

Tabla 3.10 - Comportamiento del oscilograma de la válvula reguladora de presión de combustible en los distintos regímenes; con fallo generado en el sensor FTS.

RÉGIMEN	ANÁLISIS EN EL OSCILOGRAMA DE LA VALVULA REGULADORA DE PRESION DE COMBUSTIBLE DE LA RIEL CON FALLO EN EL SENSOR FTS	
	Oscilograma condición normal	Oscilograma con fallo
Ralentí (850 rpm)	 <p>SCOPE A:5U Auto ChA AC J +0.0mU 0.5ms Save Recall Back Save Recall Clear</p>	 <p>SCOPE A:5U Auto ChA AC J +0.0mU 0.5ms Save Recall Back Save Recall Clear</p>
(1500 rpm)	 <p>SCOPE A:5U Auto ChA AC J +0.0mU 0.5ms Save Recall Back Save Recall Clear</p>	 <p>SCOPE A:5U Auto ChA AC J +0.0mU 0.5ms Save Recall Back Save Recall Clear</p>



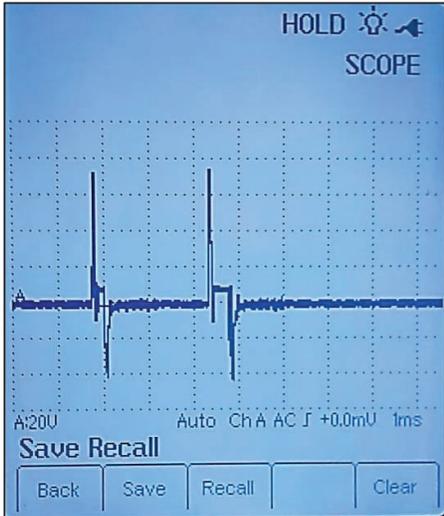
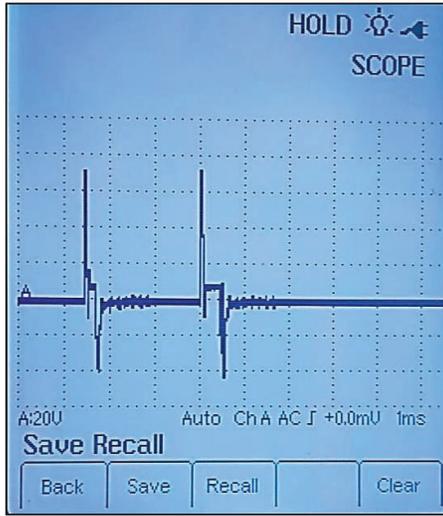
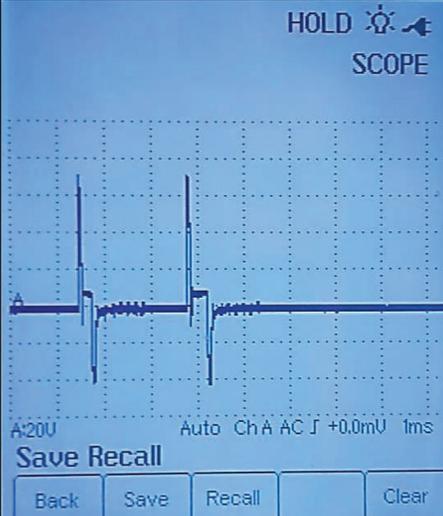
Oscilogramas	Normal		Con fallo	
	Voltaje	Duty Cycle	Voltaje	Duty Cycle
régimen	V	%	V	%
850	14	21.1	14	21
1500	14	23.4	14	23
2500	14	30.3	14	30.5
3000	14	35.7	14	34.2

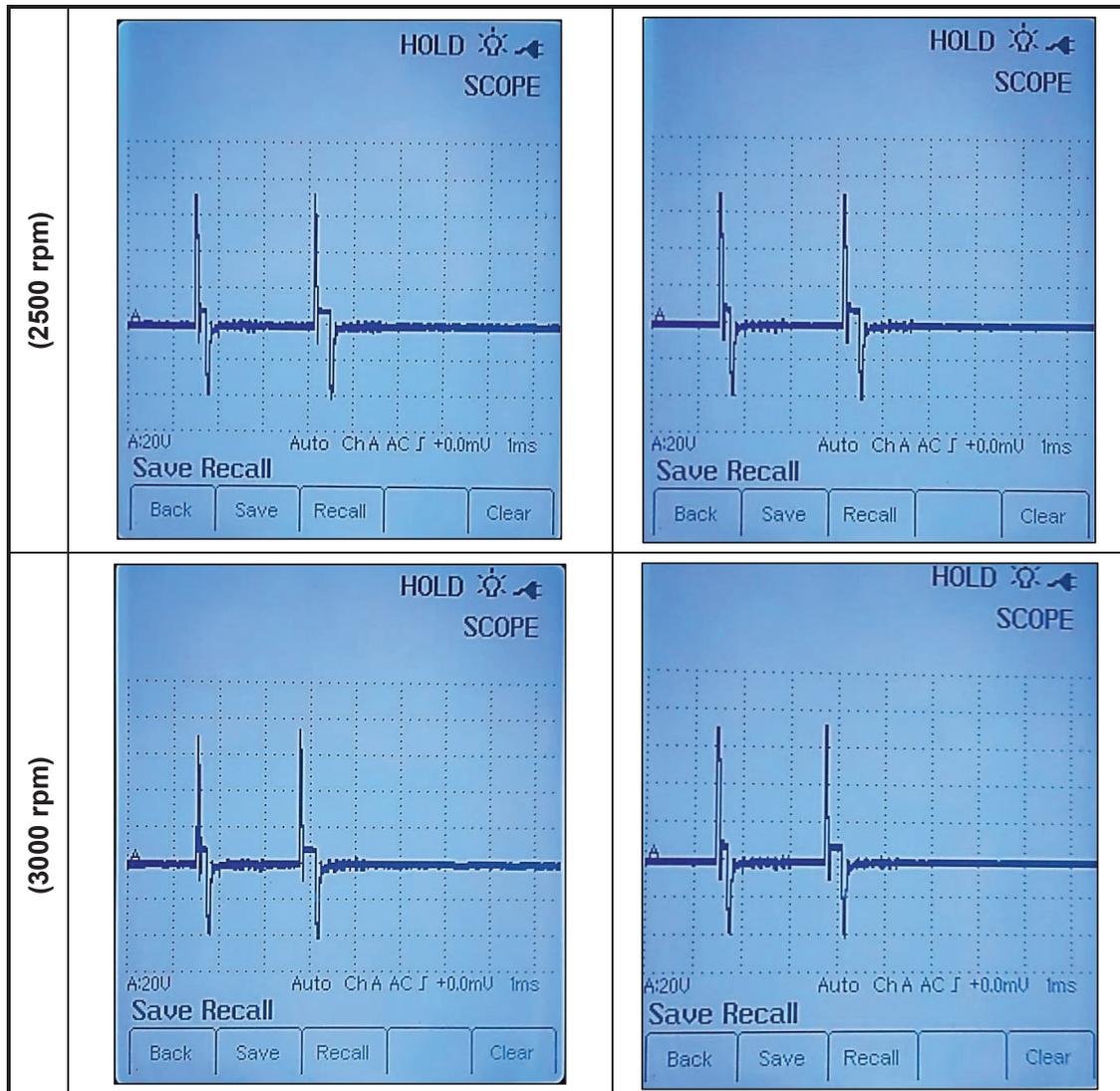
Al variar el voltaje de señal del sensor FTS, se observa en los oscilogramas y en la tabla de valores de la tabla 3.10 con fallo no varía los valores de voltaje como los del ciclo de trabajo (%).

3.1.1.7 Fallo del Sensor FTS y comportamiento del inyector.

- Variación del voltaje de señal del sensor FTS, a 0.3V

Tabla 3.11 - Comportamiento del oscilograma del inyector en los distintos regímenes; con fallo generado en el sensor FTS.

RÉGIMEN	ANÁLISIS EN EL OSCILOGRAMA DE LOS INYECTORES CON FALLO EN EL SENSOR FTS	
	Oscilograma condición normal	Oscilograma con fallo
Ralentí (850 rpm)		
(1500 rpm)		



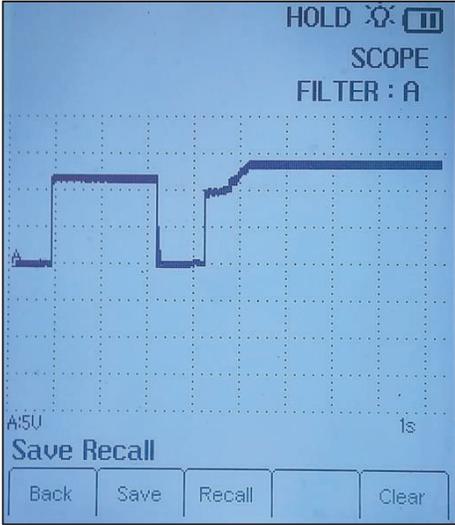
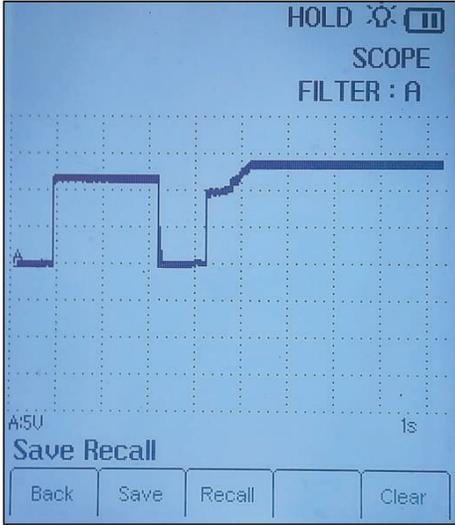
rpm	Oscilograma Normal					Oscilograma con fallo				
	Pico máx. pre inyección (V)	Tiempo pre inyección (ms)	Pico máx. inyección principal (V)	Tiempo inyección principal (ms)	Intervalo de tiempo entre picos de pre con inyección principal	Pico máx. pre inyección (V)	Tiempo pre inyección (ms)	Pico máx. inyección principal (V)	Tiempo inyección principal (ms)	Intervalo de tiempo entre picos de pre con inyección principal
850	72	0.6	74	0.7	2.6	72	0.6	74	0.9	2.6
1500	72	0.6	74	0.7	2.6	72	0.6	74	0.9	2.6
2500	72	0.6	74	0.7	2.6	72	0.6	74	0.9	2.6
3000	72	0.6	74	0.7	2.2	72	0.6	74	0.9	2.6

Al generar esta falla se observa los valores de la tabla 3.11 como los datos y los oscilogramas se genera una pequeña variación del tiempo de la inyección principal de combustible ya que le la ECM detecta que el combustible esta frio.

3.1.1.8 Fallo del Sensor FTS y comportamiento de la bomba de combustible.

- Variación del voltaje de señal del sensor FTS a 0.3V

Tabla 3.12 - Comportamiento del oscilograma de la bomba de combustible en ralentí; con fallo generado en el sensor FTS a 0.3V.

RÉGIMEN	ANÁLISIS EN EL OSCILOGRAMA DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE CON FALLO EN EL SENSOR (FTS)	
	Oscilograma condición normal	Oscilograma con fallo
Ralentí (850 rpm)		
<p>Con el fallo generado del sensor FTS, se observa en la tabla 3.12 que el oscilograma en condiciones normal y de fallo no se ve afectado.</p>		

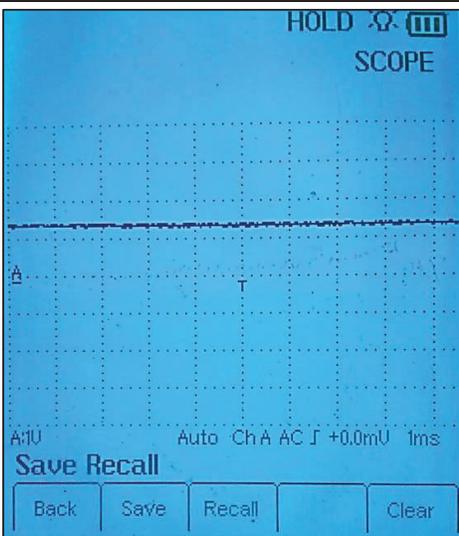
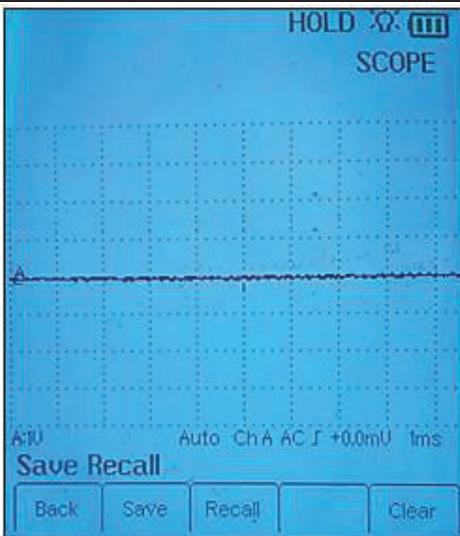
3.2 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LOS OSCILOGRAMAS OBTENIDOS, GENERADOS POR FALLO EN LOS ACTUADORES.

A continuación se analizan las consecuencias y repercusiones en los demás oscilogramas de las variables de estudio del sistema de alimentación de combustible CRDi, cuando se generan fallos en los actuadores.

3.2.1 FALLO GENERADO EN LOS ACTUADORES Y COMPORTAMIENTO EN LAS OTRAS VARIABLES.

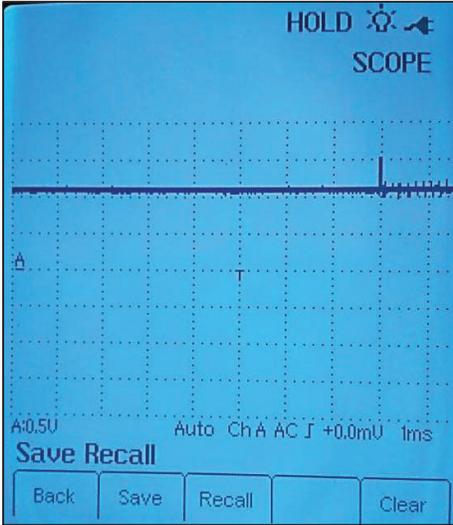
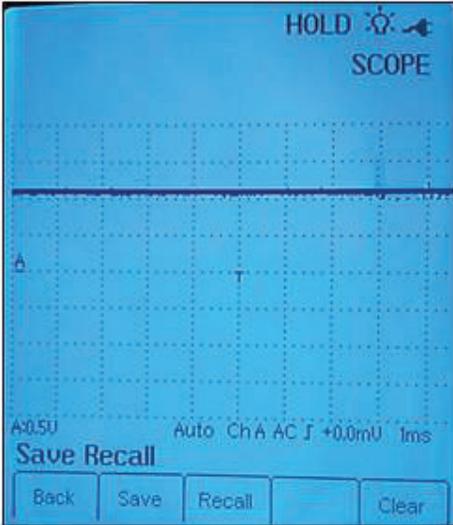
3.2.1.1 Fallo de la válvula reguladora de presión (DVR) y comportamiento del sensor RPS.

Tabla 3.13 - Comportamiento del oscilograma del sensor RPS en los distintos regímenes; con fallo generado en el la válvula DVR.

RÉGIMEN	ANÁLISIS EN EL OSCILOGRAMA DEL SENSOR DE PRESION DEL COMBUSTIBLE DE LA RIEL (RPS) CON FALLO EN LA VALVULA REGULADORA DE PRESION (DVR)	
	Oscilograma condición normal	Oscilograma con fallo
(850 rpm)		
<p>El oscilograma del sensor RPS, con fallo generado, en la válvula reguladora de presión (desconexión); varía baja el voltaje de señal a la computadora, el motor se apaga ya que en la riel se descarga la presión de combustible, este cambio se observa en la tabla 3.13</p>		

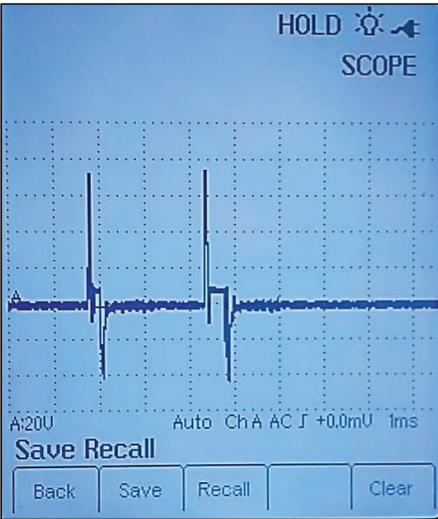
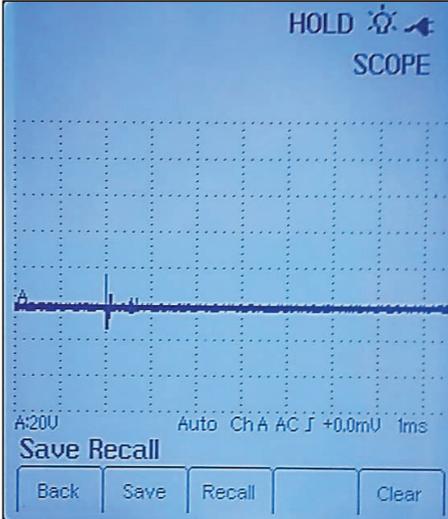
3.2.1.2 Fallo de la válvula reguladora de presión (DVR) y comportamiento del sensor de temperatura de combustible (FTS)

Tabla 3.14 - Comportamiento del oscilograma del sensor FTS en ralentí; con fallo generado en el la válvula DVR.

RÉGIMEN	ANÁLISIS EN EL OSCILOGRAMA DEL SENSOR DE TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE DE LA RIEL (FTS) CON FALLO EN LA VALVULA REGULADORA DE PRESION (DVR)	
	Oscilograma condición normal	Oscilograma con fallo
(850 rpm)		
<p>En el oscilograma del sensor FTS, con fallo generado, la desconexión en la válvula reguladora de presión (desconexión); no varía pero el motor se apaga.</p>		

3.2.1.3 Fallo de la válvula reguladora de presión (DVR) y comportamiento del Inyector.

Tabla 3.15 - Comportamiento del oscilograma del inyector en ralentí; con fallo generado en el la válvula DVR.

RÉGIMEN	ANÁLISIS EN EL OSCILOGRAMA DEL INYECTOR CON FALLO EN LA VALVULA REGULADORA DE PRESION (DVR)	
	Oscilograma condición normal	Oscilograma con fallo
(850 rpm)	 <p>El oscilograma muestra una señal de pulso regular y consistente. La interfaz de usuario incluye: HOLD, SCOPE, A:20U, Auto ChA AC J +0.0mU 1ms, Save Recall, Back, Save, Recall, Clear.</p>	 <p>El oscilograma muestra una señal de pulso que se intermite o se apaga. La interfaz de usuario incluye: HOLD, SCOPE, A:20U, Auto ChA AC J +0.0mU 1ms, Save Recall, Back, Save, Recall, Clear.</p>
<p>El oscilograma del inyector, con fallo generado, en la válvula reguladora de presión (desconexión), varía ya que el motor se apaga, se observa en la tabla 3.15</p>		

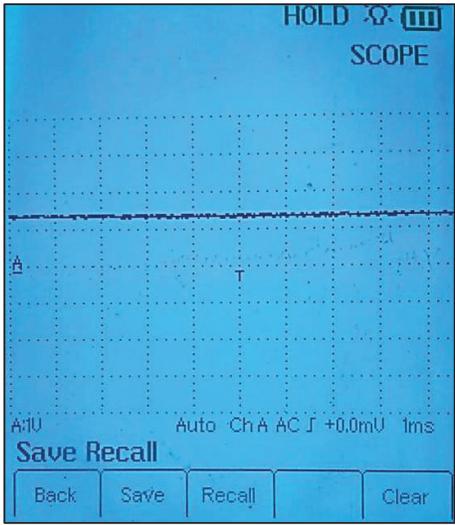
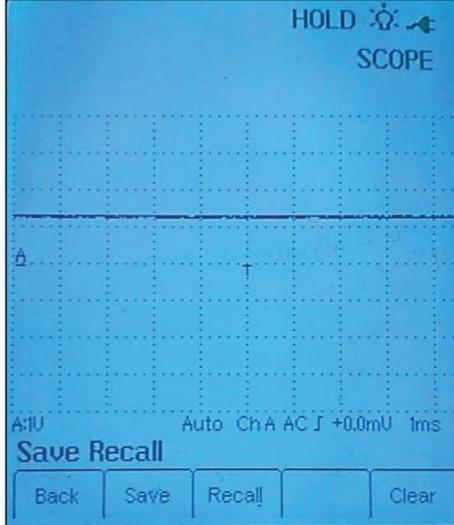
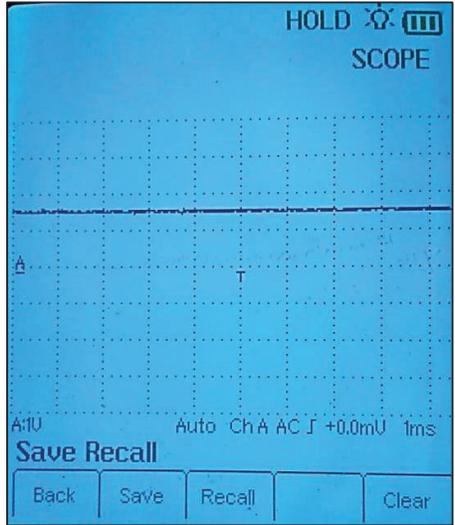
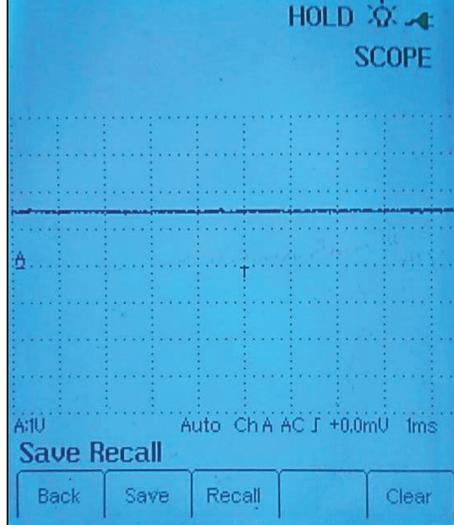
3.2.1.4 Fallo de la válvula reguladora de presión (DVR) y comportamiento de la bomba eléctrica.

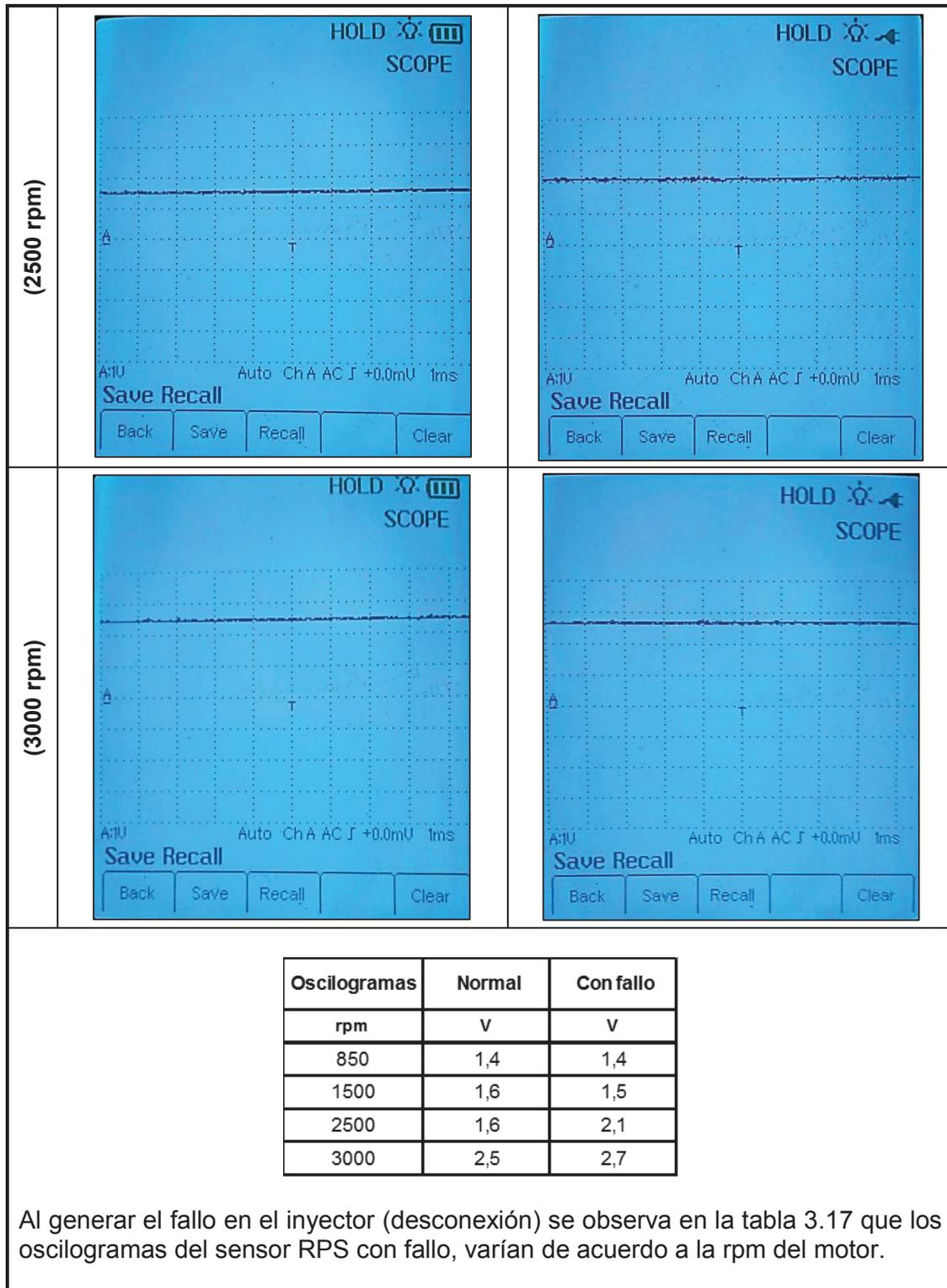
Tabla 3.16 - Comportamiento del oscilograma de la bomba eléctrica, en ralentí; con fallo generado en el la válvula DVR.

RÉGIMEN		ANÁLISIS EN EL OSCILOGRAMA DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE CON FALLO EN LA VALVULA REGULADORA DE PRESION (RPR)	
		Oscilograma condición normal	Oscilograma con fallo
(850 rpm)			
	El oscilograma de la bomba de combustible, con fallo generado, se observa en la tabla 3.16 la (desconexión), en la válvula reguladora de presión; varia ya que el motor se apaga.		

3.2.1.5 Fallo del inyector (IJ) y comportamiento del sensor RPS.

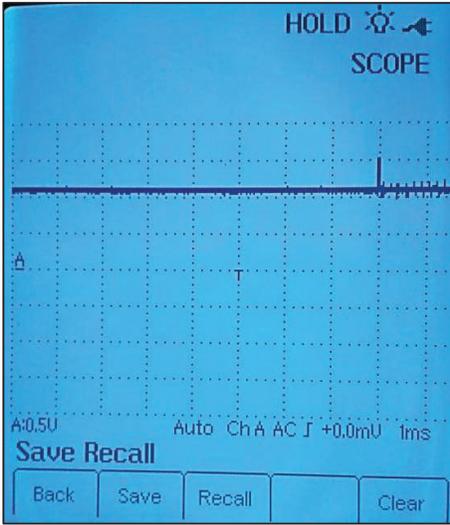
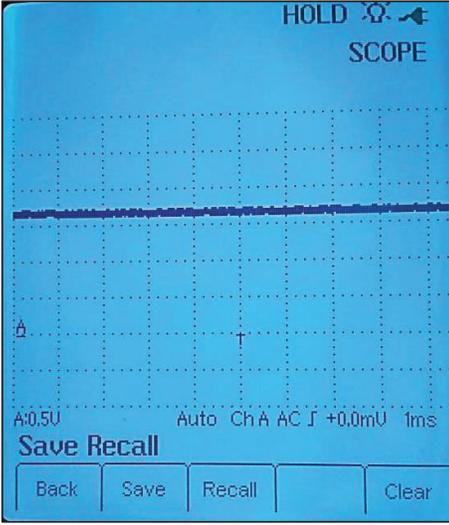
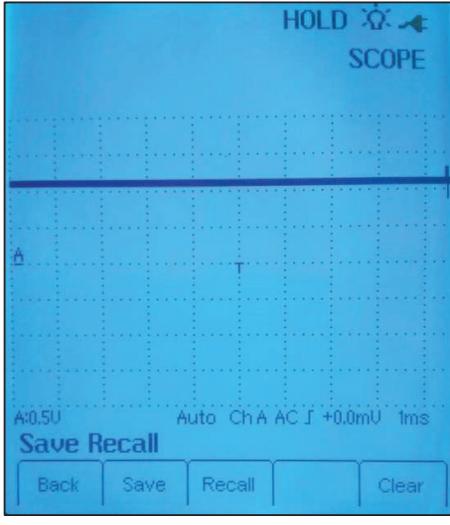
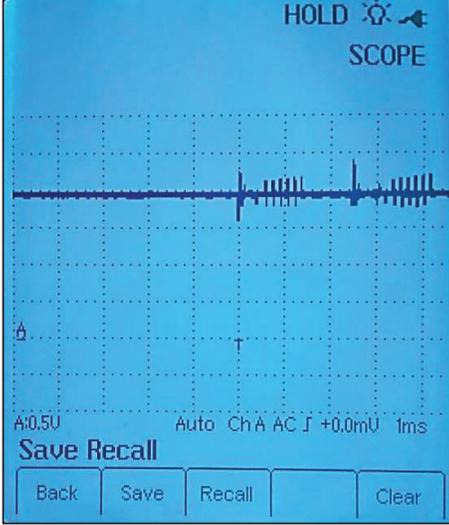
Tabla 3.17 - Comportamiento del oscilograma del sensor RPS en los distintos regímenes; con fallo generado en el inyector.

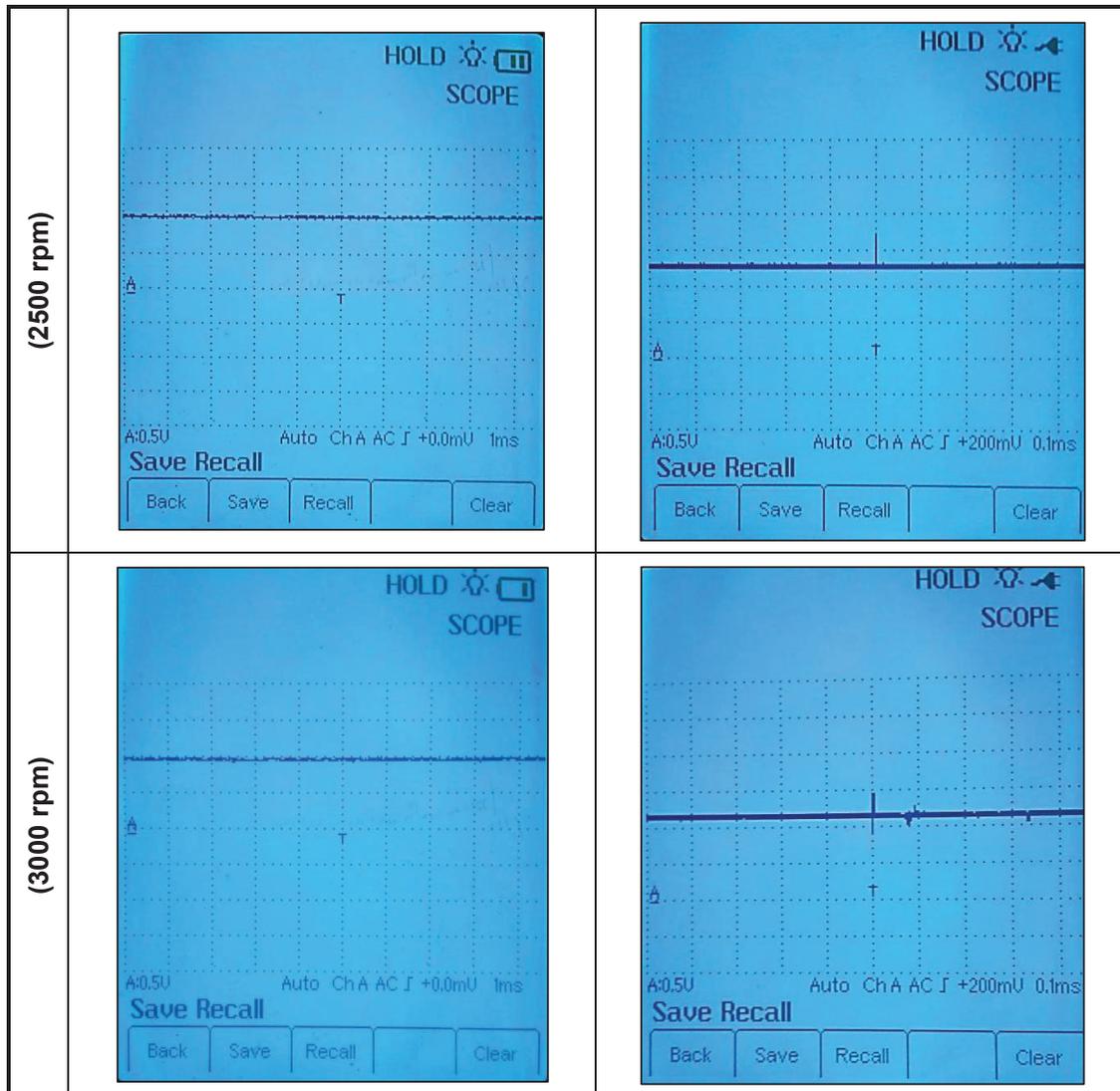
RÉGIMEN	ANÁLISIS EN EL OSCILOGRAMA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL COMBUSTIBLE DE LA RIEL CON FALLO EN EL INYECTOR	
	Oscilograma condición normal	Oscilograma con fallo
Ralentí (850 rpm)		
(1500 rpm)		



3.2.1.6 Fallo del inyector (IJ) y comportamiento del sensor FTS

Tabla 3.18 - Comportamiento del oscilograma del sensor FTS en los distintos regímenes; con la falla generado en el inyector.

RÉGIMEN	ANÁLISIS EN EL OSCILOGRAMA DEL SENSOR DE TEMPERATURA DE COMBUSTIBLE (FTS) CON FALLO EN EL INYECTOR	
	Oscilograma condición normal	Oscilograma con fallo
Ralentí (850 rpm)	 <p>Oscilograma de un sensor FTS a 850 rpm en condición normal. La pantalla muestra una línea horizontal estable con un nivel de ruido muy bajo. El encabezado indica 'HOLD' y 'SCOPE'. En la parte inferior, se muestran los parámetros de configuración: 'A:0.5U', 'Auto', 'Ch A AC J +0.0mU', '1ms'. Hay un botón 'Save Recall' y una fila de botones 'Back', 'Save', 'Recall', 'Clear'.</p>	 <p>Oscilograma de un sensor FTS a 850 rpm con un fallo en el inyector. La pantalla muestra una línea horizontal estable con un nivel de ruido muy bajo. El encabezado indica 'HOLD' y 'SCOPE'. En la parte inferior, se muestran los parámetros de configuración: 'A:0.5U', 'Auto', 'Ch A AC J +0.0mU', '1ms'. Hay un botón 'Save Recall' y una fila de botones 'Back', 'Save', 'Recall', 'Clear'.</p>
(1500 rpm)	 <p>Oscilograma de un sensor FTS a 1500 rpm en condición normal. La pantalla muestra una línea horizontal estable con un nivel de ruido muy bajo. El encabezado indica 'HOLD' y 'SCOPE'. En la parte inferior, se muestran los parámetros de configuración: 'A:0.5U', 'Auto', 'Ch A AC J +0.0mU', '1ms'. Hay un botón 'Save Recall' y una fila de botones 'Back', 'Save', 'Recall', 'Clear'.</p>	 <p>Oscilograma de un sensor FTS a 1500 rpm con un fallo en el inyector. La pantalla muestra una línea horizontal estable con un nivel de ruido muy bajo. El encabezado indica 'HOLD' y 'SCOPE'. En la parte inferior, se muestran los parámetros de configuración: 'A:0.5U', 'Auto', 'Ch A AC J +0.0mU', '1ms'. Hay un botón 'Save Recall' y una fila de botones 'Back', 'Save', 'Recall', 'Clear'.</p>

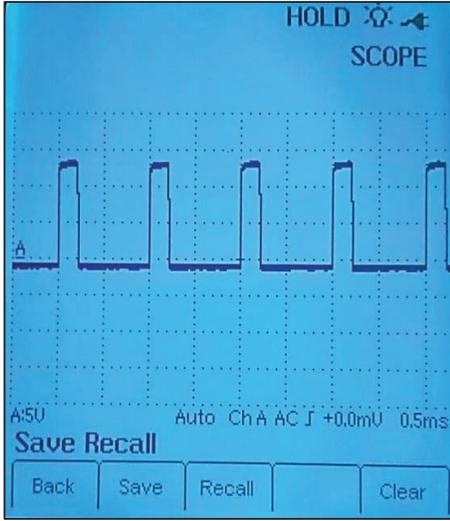
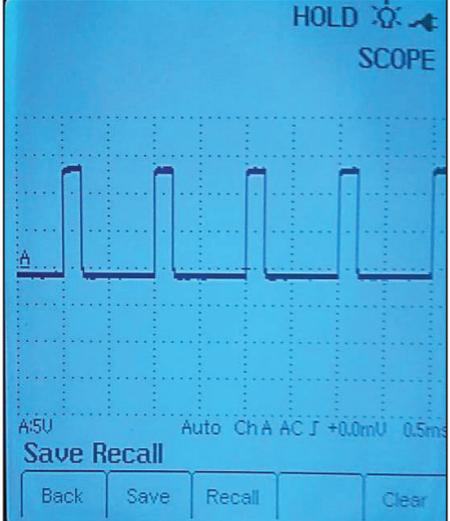
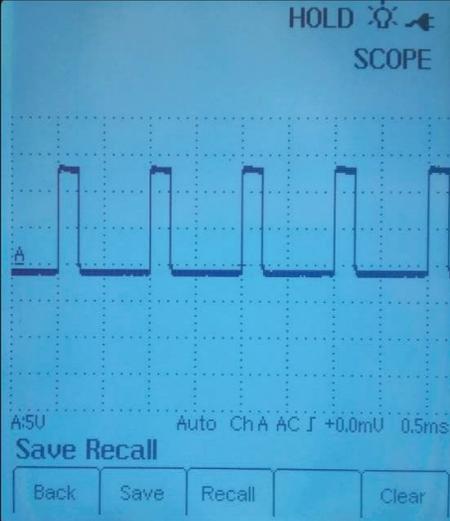
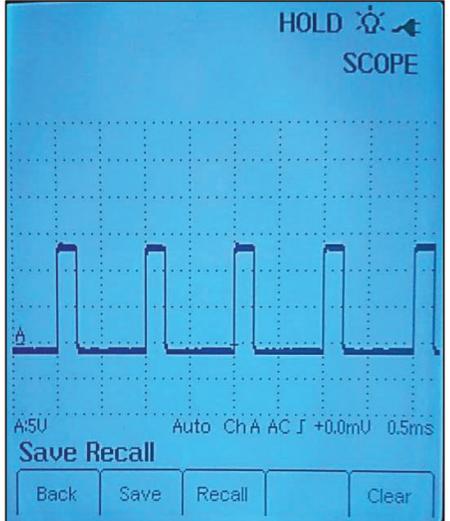


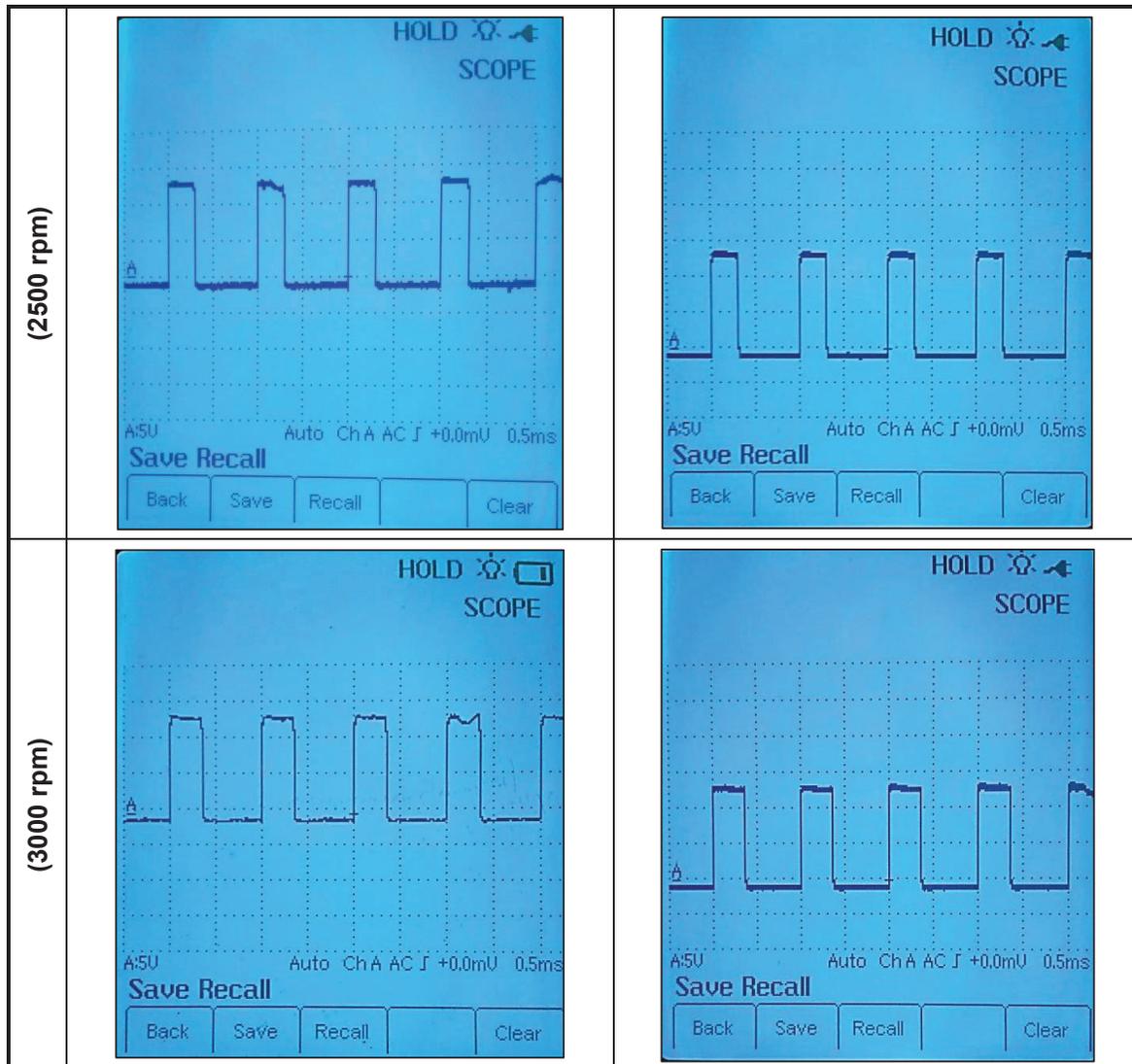
Oscilogramas	Normal	Con fallo
rpm	V	V
850	2,2	3,4
1500	2,2	4,2
2500	2,2	2,6
3000	2,2	2,6

Al generar el fallo en el inyector, se observa en la tabla 3.18 que los oscilogramas varían comparando con los de funcionamiento normal, de acuerdo a las rpm baja el voltaje en los oscilogramas con fallo de acuerdo a las rpm del motor.

3.2.1.7 Fallo del inyector y comportamiento de la válvula reguladora de presión.

Tabla 3.19 - Comportamiento del oscilograma de la válvula reguladora de presión de combustible en los distintos regímenes; con fallo generado en el inyector.

RÉGIMEN	ANÁLISIS EN EL OSCILOGRAMA DE LA VALVULA REGULADORA DE PRESION DE COMBUSTIBLE DE LA RIEL CON FALLO EN EL INYECTOR	
	Oscilograma condición normal	Oscilograma con fallo
Ralentí (850 rpm)	 <p>Hold SCOPE A:5U Auto Ch A AC J +0.0mU 0.5ms Save Recall Back Save Recall Clear</p>	 <p>Hold SCOPE A:5U Auto Ch A AC J +0.0mU 0.5ms Save Recall Back Save Recall Clear</p>
(1500 rpm)	 <p>Hold SCOPE A:5U Auto Ch A AC J +0.0mU 0.5ms Save Recall Back Save Recall Clear</p>	 <p>Hold SCOPE A:5U Auto Ch A AC J +0.0mU 0.5ms Save Recall Back Save Recall Clear</p>

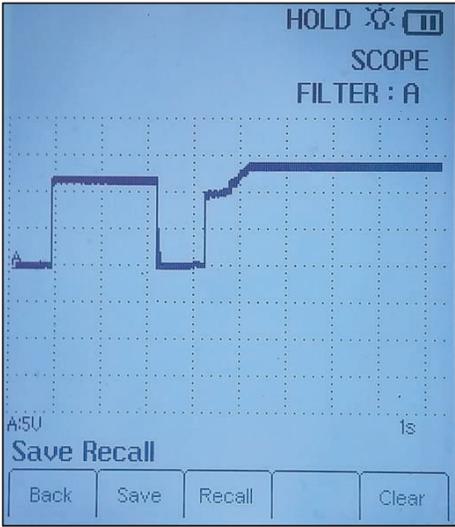
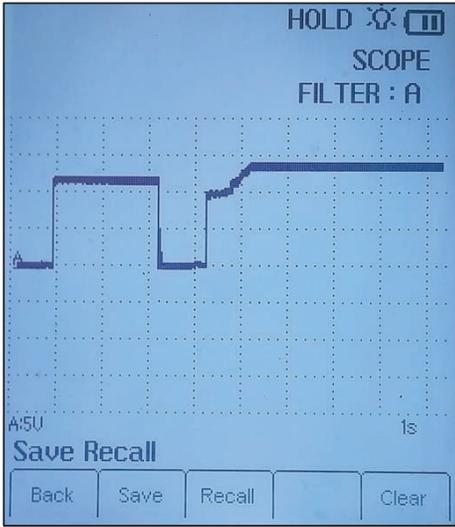


Oscilogramas	Normal		Con fallo	
	Régimen	Voltaje	Duty Cycle	Duty Cycle
	rpm	V	%	%
	850	14	21.1	21
	1500	14	23.4	23.4
	2500	14	30.3	30
	3000	14	35.7	35.2

En la tabla 3.20 en condiciones normales y con fallo generado del inyector, los oscilogramas de la válvula RPR no varían se mantienen.

3.2.1.8 Fallo del inyector y comportamiento de la bomba eléctrica de alimentación de combustible

Tabla 3.20 - Comportamiento del oscilograma de la bomba de combustible en los distintos regímenes; con fallo generado en el inyector.

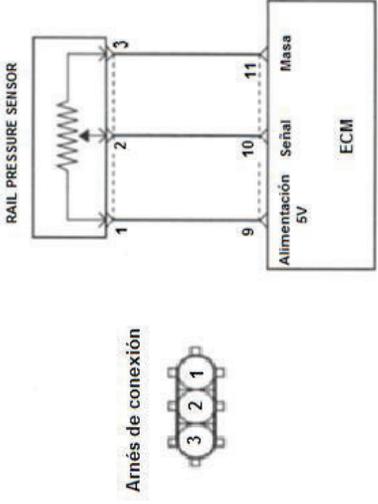
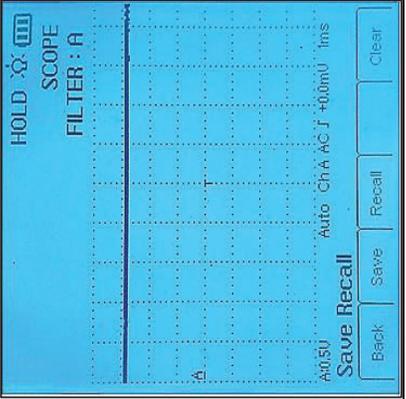
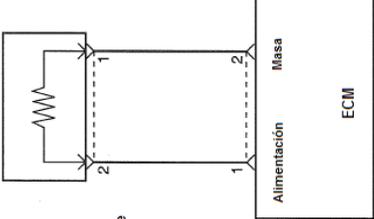
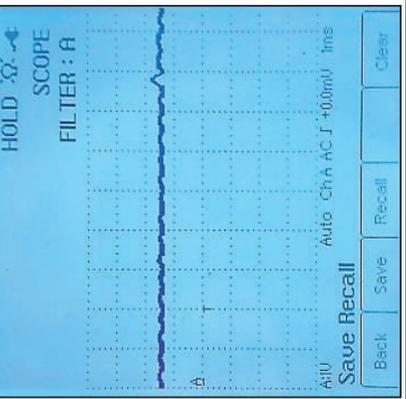
RÉGIMEN	ANÁLISIS EN EL OSCILOGRAMA DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE CON FALLO EN EL INYECTOR	
	Oscilograma condición normal	Oscilograma con fallo
Ralenti (850 rpm)		
<p>Al generar una falla en el inyector (desconexión); el oscilograma de la bomba eléctrica de combustible no presenta cambios a pesar de que el motor falla, ver en la tabla 3.20</p>		

3.2.1.9 Fallo de la bomba eléctrica de combustible y comportamiento de los sensores y actuadores.

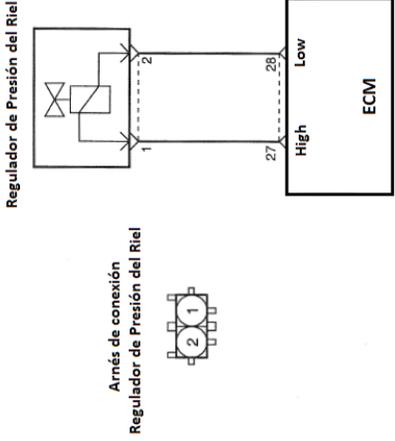
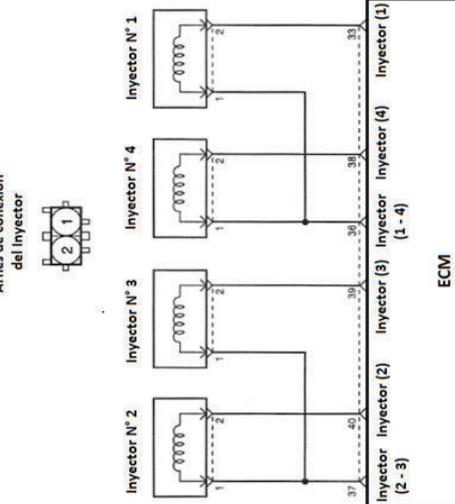
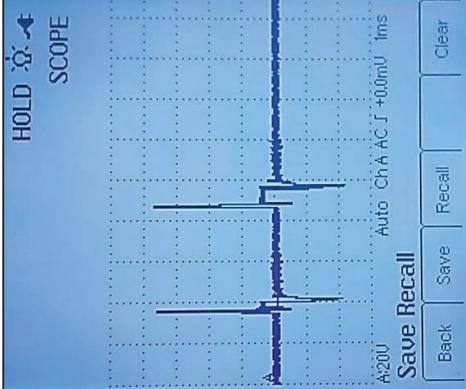
Al generar una falla en la bomba eléctrica de combustible (desconexión), el motor se apaga ya que se queda sin suministro de combustible (diésel), por tal razón no es posible obtener oscilogramas en los demás actuadores y sensores.

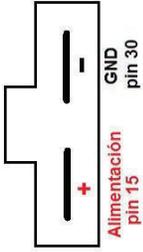
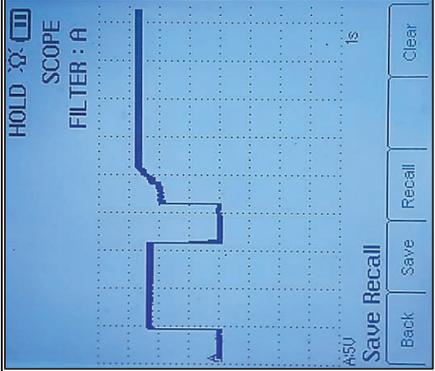
3.3 GENERACIÓN DE UNA GUÍA DE DIAGNÓSTICO DE LOS SENSORES Y ACTUADORES DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE CRDi, BASADO EN CURVAS DE OSCILOSCOPIO.

Tabla 3.21 - Guía de Diagnóstico para Sensores y Actuadores del Sistema de Alimentación de Combustible CRDi

SENSORES DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE CRDi				
DENOMINACIÓN	UBICACIÓN	VALORES NORMALES	ESQUEMA	OSCILOGRAMA PATRÓN
<p>SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL (RPS)</p>		<p>TIPO PIEZOELÉCTRICO</p> <p>Señal de salida: 0-5V Presión (0 Bar): Vout = 0.5V Presión (1500 Bar): Vout = 4.5V</p>		
<p>SENSOR DE TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE (FTS)</p>		<p>TIPO TERMISTOR</p> <p>Señal de salida: 0-5V analógica Condición a 20°C (Resistencia interna: 2.27 a 2.73KΩ) Condición a 70°C (Resistencia interna: 0.39 a 0.47KΩ)</p>		

ACTUADORES DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE CRDI

DENOMINACIÓN	UBICACIÓN	VALORES NORMALES	ESQUEMA	OSCILOGRAMA PATRÓN
<p>REGULADOR DE PRESION DEL RIEL (RPR)</p>		<p>TIPO ELECTRÓNICO</p> <p>Resistencia del regulador a 20°C: 2.07-2.53 Ω</p> <p>Frecuencia de operación: 1 KHz</p> <p>Duty Cycle: 21.1% (en ralentí)</p>		
<p>INYECTOR (IJ)</p>		<p>TIPO ELECTROMAGNÉTICO</p> <p>Resistencia del inyector: 0.33Ω a 20°C ó 0.3 a 0.6 Ω (temperatura ambiente)</p> <p>Voltaje de operación: Aprox. 80 V</p>		

<p>BOMBA ELECTRICA DE COMBUSTIBLE</p>		<p>TIPO ELECTRICA DE RODILLOS</p> <p>Voltaje de operación: 12 a 14V (ralenti)</p>		
--	---	---	---	---

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El motor Santa Fe CRDi 2.0 tiene un control electrónico eficiente para actuar ante cualquier circunstancia, al originarse una falla, la computadora puede obtener información de otros sensores o actuadores, para corregir ese problema.
- Durante el manejo del osciloscopio, se debe escoger correctamente los puntales (señal y GND) para obtener los datos y graficas que garanticen el análisis y el trabajo realizado.
- Se debe tener cuidado al momento de manipular las cañerías de alimentación de combustible, debido a que las presiones en los motores CRDi pueden llegar a superar los 1500 bares.
- Con la ayuda de un manómetro y acoplado los accesorios necesarios al circuito de baja presión de combustible, se obtienen valores de presión comparables con los datos técnicos del fabricante, con lo que se puede establecer su óptimo funcionamiento.
- Respecto al circuito de alta presión; por cuestiones de manejo al trabajar con presiones muy elevadas y por seguridad, se utiliza el scanner automotriz; que permiten observar los valores de presión en el circuito en función de las rpm del motor, comprobando además que el comportamiento de la presión de combustible en diferentes regímenes es acorde a un buen funcionamiento del sistema.
- Se pudo además conocer el desempeño de los inyectores su funcionalidad y efectividad.
- El regulador de presión del riel de un motor diésel CRDi funciona mediante modulación por ancho de pulso, cuyo DUTY CYCLE (ciclo de trabajo) crece potencialmente en función de las rpm del motor.

- Una de las fallas más comunes en el regulador de presión del riel es la insuficiencia de voltaje de alimentación del mismo, lo que ocasiona una regulación deficiente y posibles fallas en la dosificación de combustible.
- Para estas pruebas se recomienda también tomar datos de las emisiones del motor, ya que una variación en la presión de inyección conlleva a alteraciones en la dosificación, produce cambios en la estequiometría de la mezcla aire-combustible.
- El sensor de temperatura pese a no interrumpir el funcionamiento del motor si afecta en lo que respecta a dosificación, de la mezcla y niveles de emisiones.
- El mantenimiento inadecuado del filtro de combustible, afecta directamente al paso del diésel a la bomba de alta presión, provocando fallos en el funcionamiento del motor.
- Finalmente, se puede destacar que el tema de este proyecto, puede ser tomado como base o referencia para futuras investigaciones en motores CRDi, pues su campo de estudio es muy extenso.

4.2 RECOMENDACIONES

- Acondicionar de mejor manera el espacio para realizar la práctica en un área con mayor ventilación.
- Se recomienda tomar varias muestras de un mismo fallo y obtener un promedio de error más real.
- Mejorar las condiciones de estado de los equipos para obtener valores con un bajo margen de error.
- Tomar en cuenta el estado de los equipos antes de realizar la toma de datos para garantizar la fiabilidad de las mediciones.
- Considerar trabajar en lugares espaciosos y ventilados para evitar intoxicaciones con los gases de escape.
- Para las mediciones con osciloscopio, se recomienda escoger una buena masa, que en este caso resulta muy confiable el terminal

negativo de la batería directamente y no las partes metálicas del motor o chasis del vehículo.

- Para estas pruebas se recomienda también tomar datos de las emisiones del motor, ya que una variación en la presión de inyección conlleva a alteraciones en la dosificación, lo que produce cambios en la estequiometría de la mezcla aire-combustible.
- Se recomendaría que se tenga especial atención en el estado de funcionamiento del sensor de presión del riel de inyección ya que al averiarlo podría ocasionar un sinnúmero de fallas e inclusive el motor no podría encender.

4.3 PROPUESTAS

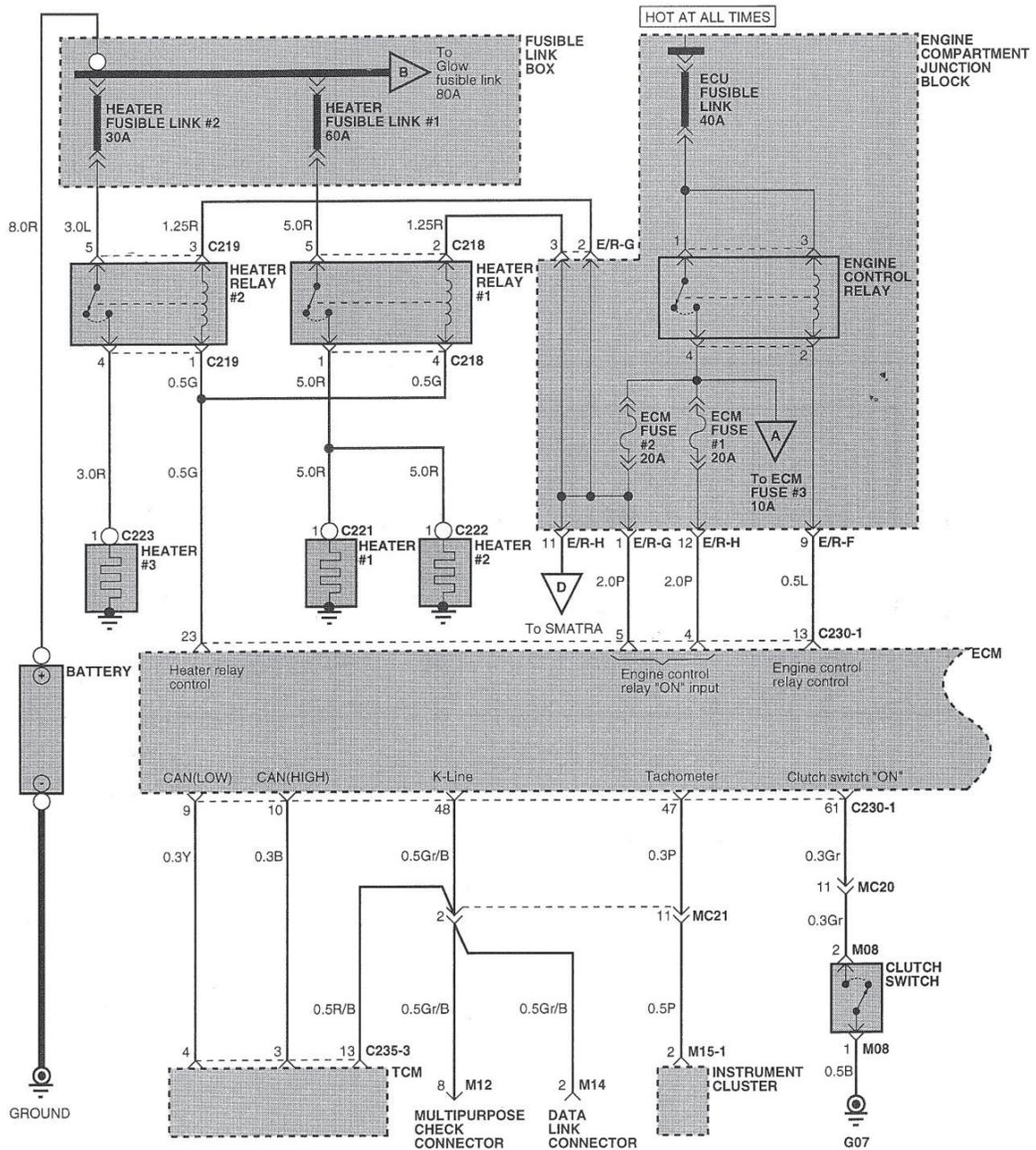
- Con el fin de una mejora continua, se propone y sería muy factible la fabricación o elaboración de bancos de pruebas específicos para el sensor RPS, con la cual, podemos probar el funcionamiento del mismo y dar su respectivo mantenimiento.
- La elaboración de bancos específicos para comprobar el funcionamiento del sensor FTS, sería una buena opción para así optimizar tiempo y obtener datos reales de la temperatura del combustible.
- 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.

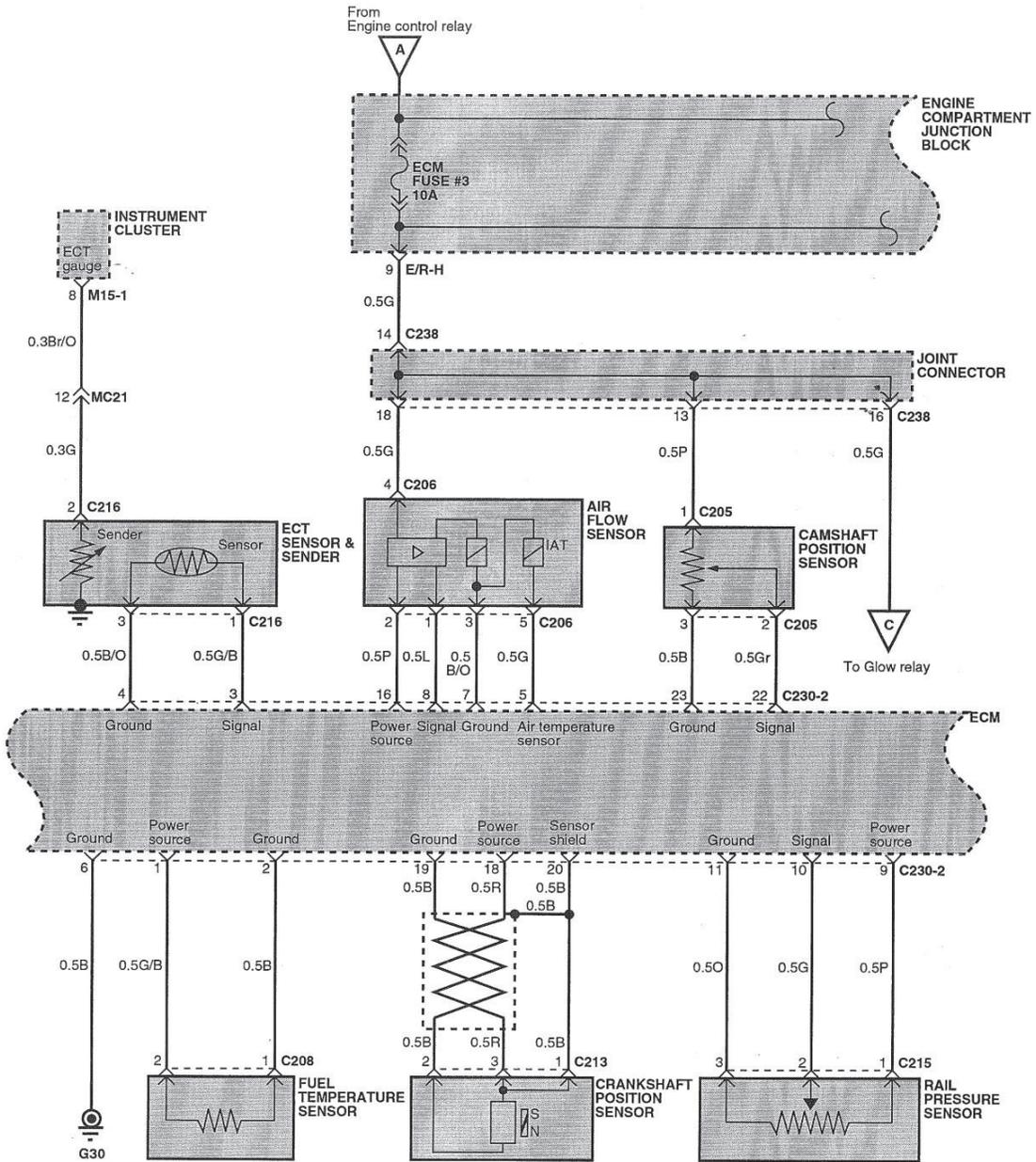
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

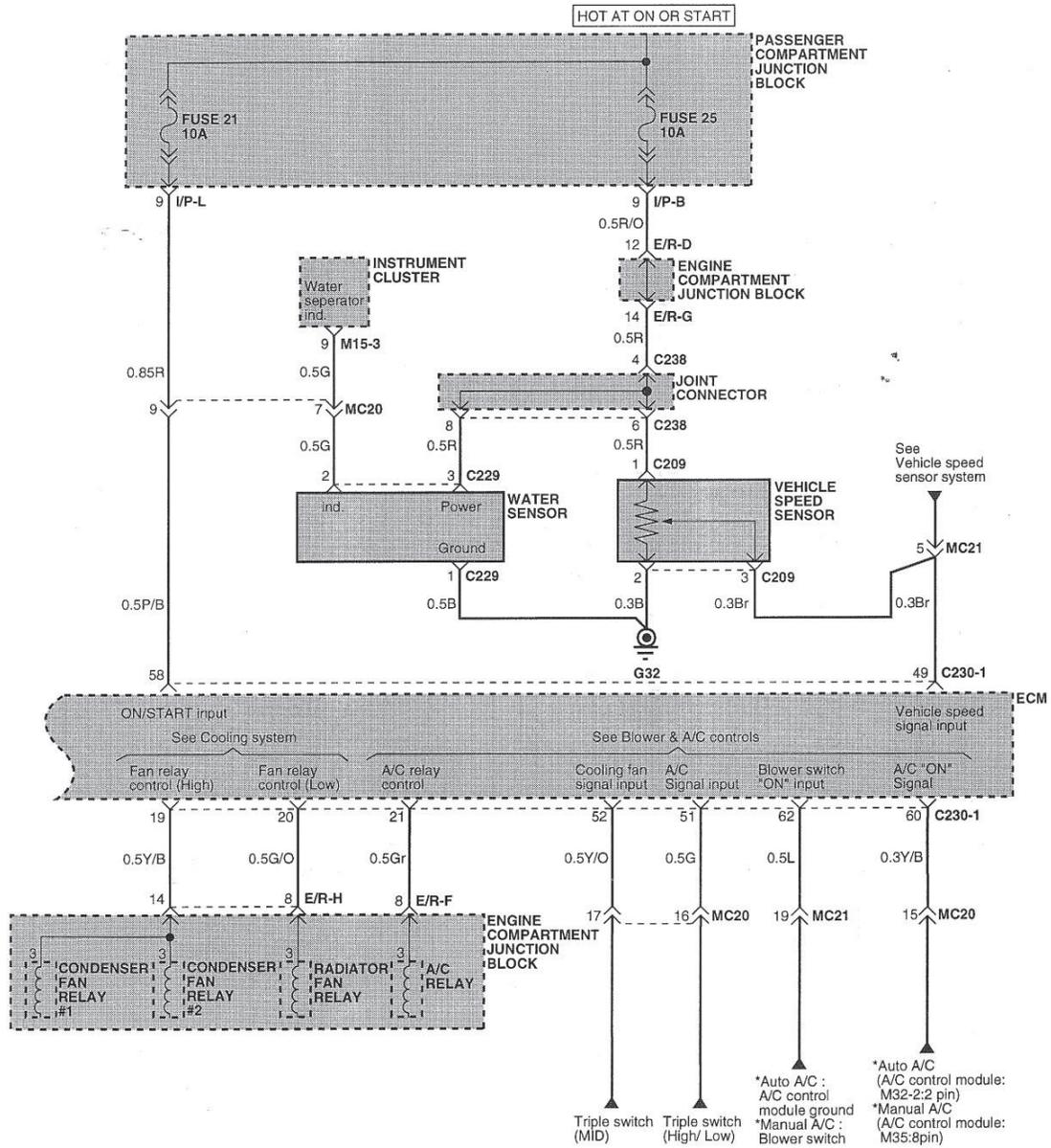
- Agencia Espacial Civil Ecuatoriana. (s.f.). *Estación Climatológica Cuenca: EXA-ISS-4*. Recuperado el 10 de OCTUBRE de 2015, de <http://cue.exa.ec/>
- Alarcón, C.; Jaramillo, J. (2007). Guía para el Diagnóstico del Sistema de Inyección CRDi Bosch. *Tesis de Pregrado*, 77-81. Recuperado el 10 de Octubre de 2015, de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1126>
- BOSCH. (Ecuador 2013). *Catálogo de fallas de bombas Common Rail*.
- BOSCH. (Edición 2005). *Sistema de Inyección Diésel por Acumulador Common Rail*.
- BOSCH. (s.f.). *Manual de Baterías Bosch*.
- BOSCH, R. (2005). *Manual de la Técnica del Automóvil*. Cuarta Edición.
- CARMAN Ltd. (2011). *CARMAN*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2015, de <http://www.carmanscan.kr/en-us/>
- Corporation, D. (2003). *Sistema de rampa común para NISSAN Motor de tipo YD1-K2*. Showa-cho, Kariya, Aichi Prefecture, Japón: Denso Corporation .
- Corporation, D. (2004). *Manual de Servicio Common Rail System*. Showa-cho, Kariya, Aichi Prefecture, Japón.
- DAE-SUNG. (s.f.). *Banco de Diagnóstico Crdi Diesel Eng, y Sistema de Control A/T Modelo: G-120212*. Korea.
- ELECTRONIC SPECIALTIES, Inc. (s.f.). *PROFESSIONAL HAND HELD TEST EQUIPMENT*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2015, de <http://www.esitest.com/597ir.html>
- FINE INSTRUMENTS CORPORATION. (s.f.). *FINEST 1006 Automotive Scope/GMM/OBD II (EOBD) Code Reader*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2015, de http://www.finest.co.kr/html/pro_1006.html
- Fustillo, J. M. (2006). Programa Master Sistemas Common Rail. Miami, Florida.
- HYUNDAI. (Noviembre de 2000). *DIESEL ENGINE D4EA (BOSCH COMMON RAIL) - Shop Manual*. Korea.
- MAHLE. (2015). *MAHLE Aftermarket GmbH*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2015, de Filtros de combustible: <http://www.mahle-aftermarket.com/eu/es/products-and-services/filters/fuel-filters/#filtrosdecombustiblediese>
- NEXTECH Co. Ltd. (2011). *CARMAN SCAN VG64 Manual*. korea.
- Payre. (2000). *Motores de combustion interna*. Barcelona: LNS.
- ROMEVA RIBA, Carles. (Abril 2002). En *Diseño Concurrente* (Primera Edición ed., pág. 76). Barcelona, España: Ediciones de la Universidad Politécnica de Cataluña.

ANEXOS

ANEXO 1: Diagramas de la ECM del motor Hyundai Santa Fe CRDi 2.0







Components

C201	Injector #1
C202	Injector #2
C203	Injector #3
C204	Injector #4
C205	Camshaft position sensor
C206	Air flow sensor
C207	Glow plug
C208	Fuel temperature sensor
C209	Vehicle speed sensor
C213	Crankshaft position sensor
C214	Rail pressure regulator
C215	Rail pressure sensor
C216	ECT sensor & sender
C217	Glow plug relay
C218	Heater relay #1
C219	Heater relay #2
C221	Heater #1
C222	Heater #2
C223	Heater #3
C224	EGR actuator
C229	Water sensor
C230-1	ECM
C230-2	ECM
C235-3	TCM
M12	Multipurpose check connector
M14	Data link connector
M41	Accel position sensor

Connectors

E/R-F
 E/R-G
 E/R-H
 MC20
 MC21
 MC22

Grounds

G30
 G32

ANEXO 2: Comunicación de la ECM con el escáner Carman VG

- Primero aparece esta pantalla indicando las diferentes opciones que se puede realizar en el escáner. Escoger la opción “Diagnóstico del vehículo”.



- Seleccionar la opción “Vehículo Diagnóstico”



- Escoger la marca del vehículo. En este caso es HYUNDAI, KIA.



- Una vez escogido la marca del vehículo, seleccionar la versión del vehículo en este caso es HYUNDAI GENERAL EXPORT.



- Seleccionar el modelo del vehículo SANTA FE 01-05



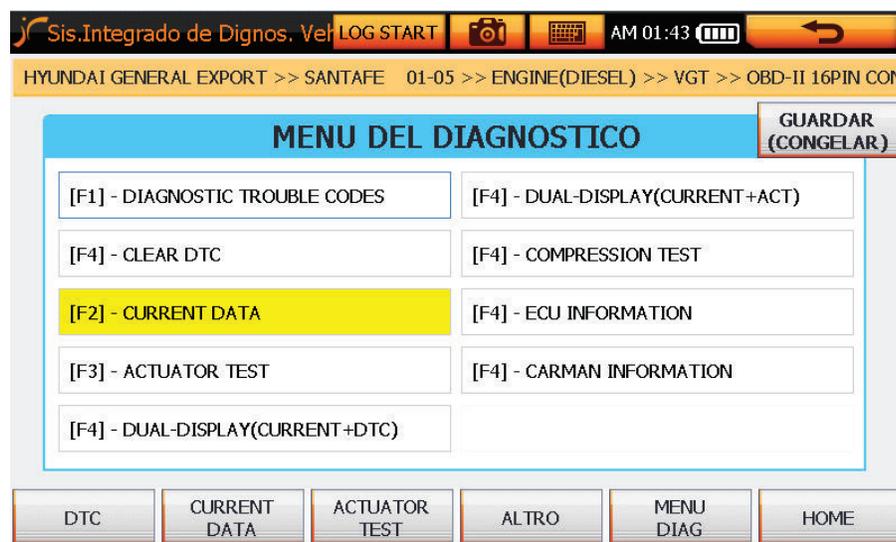
- Se despliega información; si el vehículo es a gasolina o diésel. Seleccionar la opción: ENGINE (DIESEL).



- Escoger la opción: VGT, correspondiente al sistema de sobrealimentación, en este caso (Turbo de Geometría Variable).



- Finalmente seleccionar el tipo de conector para el diagnóstico: OBD-II 16PIN CONNECTOR, seguidamente aparece la pantalla del menú de diagnóstico del vehículo SANTA FE 01-05 >>ENGINE (DIESEL)>>VGT.
- Ingresar con {F2} - CURRENT DATA. para la lectura de los datos actuales del motor.



ANEXO 3: Valores de referencia y equivalencias para las pruebas del circuito de baja presión de combustible y compresión del motor

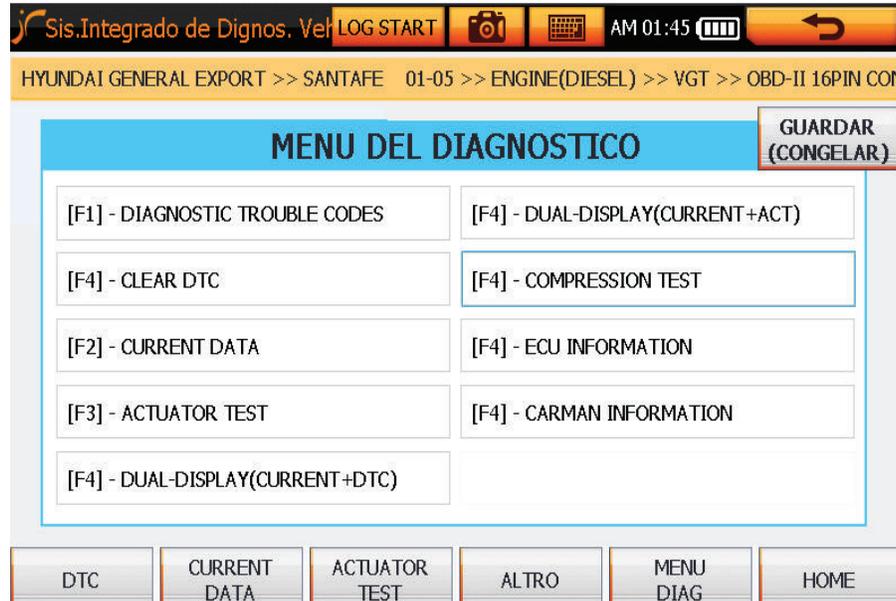
EQUIVALENCIAS DE UNIDADES DE PRESIÓN	
1bar	14,503 psi
1bar	100 kPa
1Pascal (Pa)	10 ⁻⁵ bar

PRUEBAS DEL CIRCUITO DE BAJA PRESION DE COMBUSTIBLE				
DESCRIPCION		VALORES DE REFERENCIA		
		bar	PSI	kPa
Presión normal de funcionamiento de la bomba eléctrica de combustible		1.5 – 3.5	21.75 – 50.75	150 - 350
Presión residual		2,895	42	289.5
Presión de retorno	<i>Motor encendido</i>	0.2 – 0.9	2.9 – 13.05	20 - 90
	<i>Motor apagado</i>	Max. 1.2	Max. 17.4	Max. 120

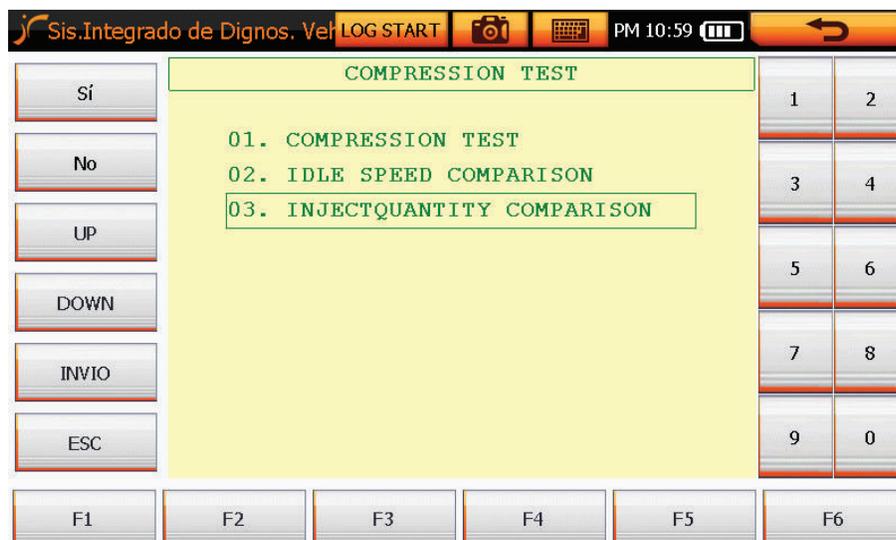
Presión de compresión por cilindro	Límite permisible entre cilindros	(%) Variación entre cilindros
29,42 bar (2942 kPa; 30 kg/cm ² ; 426 psi)	1bar (100 kPa,1 kg/cm ² ; 14 psi)	3

ANEXO 4: Test para la comparación de la cantidad de combustible inyectado a los cilindros del motor.

- En el menú de diagnóstico seleccionar: F4 - COMPRESSION TEST.



- Escoger la opción 03.INJECTQUANTITY COMPARISON.



- Se obtiene a continuación, una tabla con diferentes revoluciones de los cilindros y la cantidad de inyección en mm^3 .

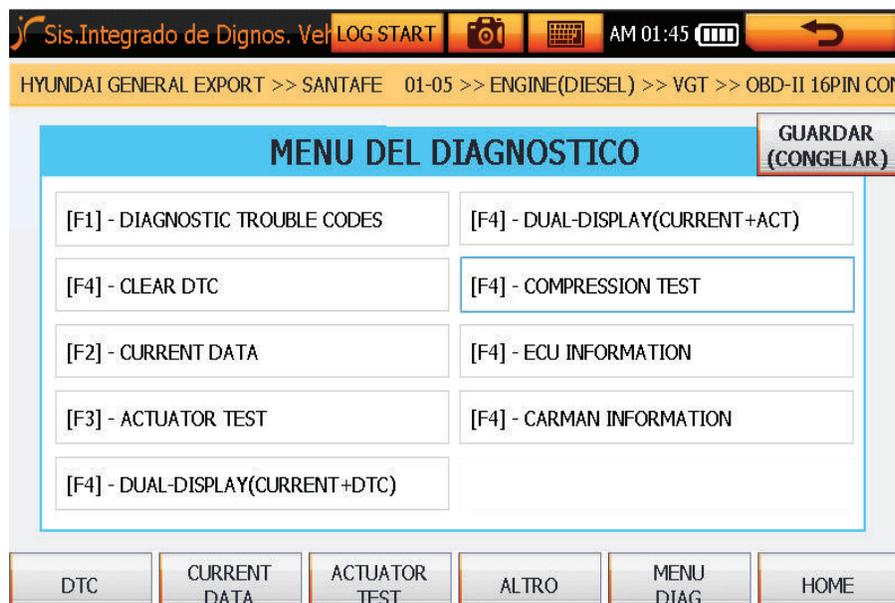
Sis.Integrado de Dignos. Ver LOG START AM 02:43									
INJECTQUANTITY COMPARISON									
ENGINE RPM				INJECTION QUANTITY (MM3)				1	2
#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	3	4
832	834	834	834	-0.50	-0.62	0.36	0.37	5	6
832	834	832	832	-0.54	-0.58	0.39	0.35	7	8
830	834	832	832	-0.51	-0.58	0.38	0.36	9	0
830	832	832	830	-0.55	-0.56	0.36	0.39		
832	832	830	830	-0.52	-0.52	0.33	0.38		
830	832	834	832	-0.47	-0.60	0.32	0.35		
830	832	832	832	-0.50	-0.53	0.30	0.33		
CHECK THE TEST RESULT									
ANAL	F2	F3	F4	F5	F6				

- Luego de efectuar el "Check the test result", seleccionar en la barra inferior ANALIZAR
- Aparecen los resultados finales en la pantalla. En la parte superior las revoluciones promedio de cada cilindro y en la parte inferior la cantidad promedio de combustible inyectado en cada cilindro.

Sis.Integrado de Dignos. Ver LOG START AM 02:45									
ENGINE RPM PER EACH CYL.									
SPEED (RPM)		650	750	850	950	AVG.	1	2	
NO.1 CYL.						830	3	4	
NO.2 CYL.						832	5	6	
NO.3 CYL.						832	7	8	
NO.4 CYL.						831	9	0	
QUANT. (MM3)		-4	-2	0	2	4	AVG.		
NO.1 CYL.							-0.47		
NO.2 CYL.							-0.56		
NO.3 CYL.							0.32		
NO.4 CYL.							0.34		
F1	F2	F3	F4	PREV	HELP				

ANEXO 5: Test para la medición de compresión del motor

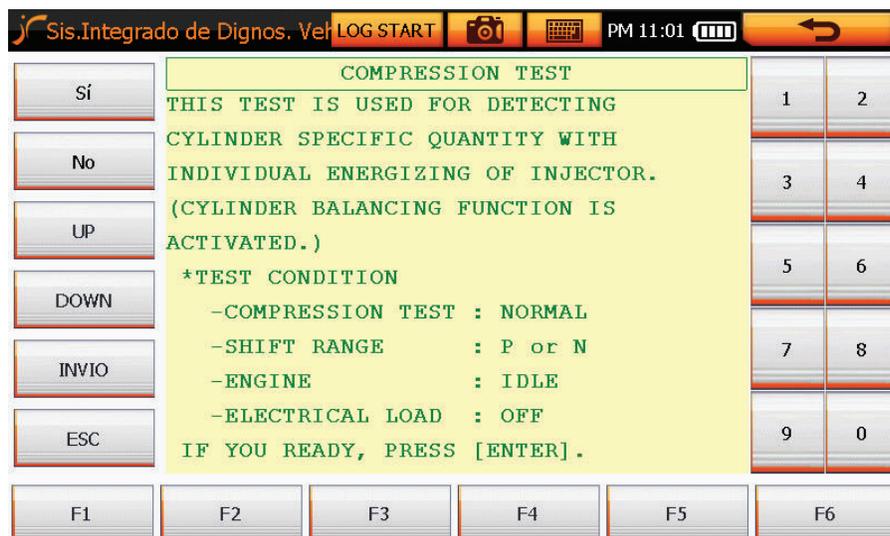
- En el menú de diagnóstico seleccionar: F4 - COMPRESSION TEST.



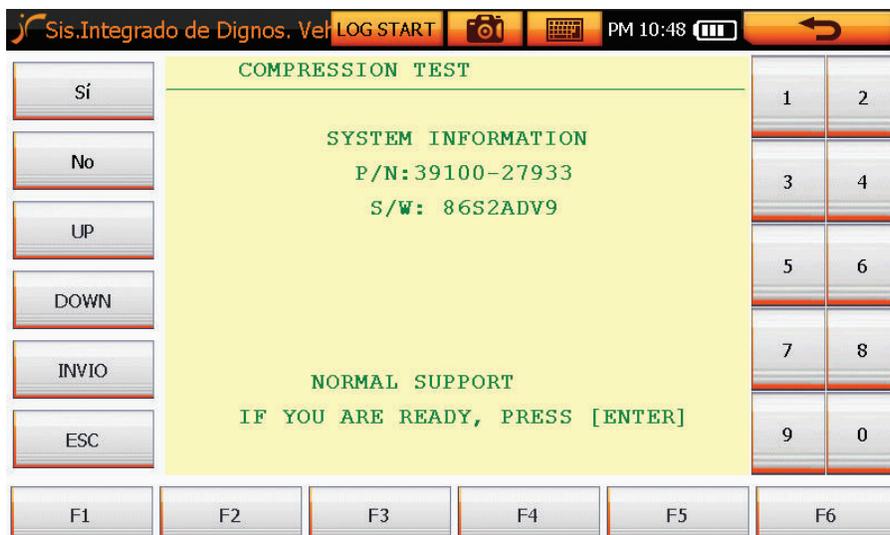
- Aparece el siguiente cuadro, con 3 opciones, escoger la numero 01.COMPRESSION TEST.



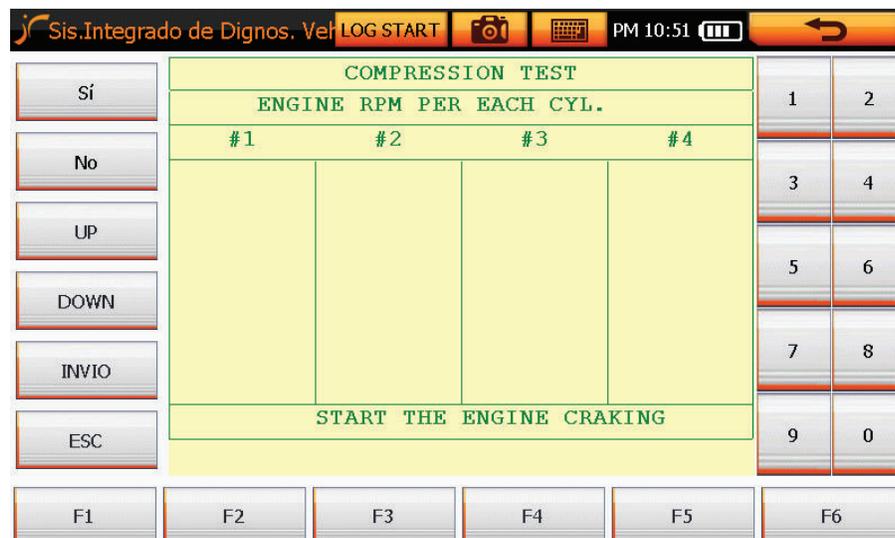
- Se muestra un cuadro de dialogo, con las condiciones para ejecutar el Test, una vez listo presionar {ENTER}.



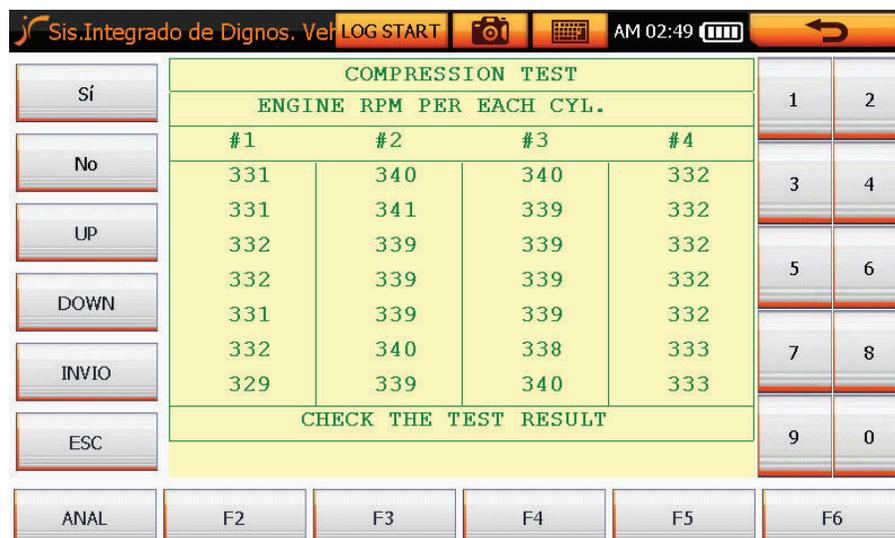
- Seguidamente, aparece un cuadro con información del sistema de la COMPRESSION TEST. Luego presionar nuevamente {ENTER}



- Aparece la pantalla de prueba: COMPRESSION TEST. Seguidamente dar arranque el motor “Start the engine craking”, hasta que la pantalla indique un mensaje de “Stop” o Parada.



- Los resultados de las revoluciones del motor por cada cilindro se visualizan durante el arranque.



- Al presionar en la pantalla anterior la tecla “ANALIZAR”, aparece un cuadro resumen con las revoluciones promedio de cada cilindro.

- El menor número de rpm, representa el cilindro con mayor compresión, debido a que mientras más compresión tenga el cilindro, mayor oposición presentara al desplazamiento del pistón, y por ende generara un número menor de revoluciones o viceversa.

Sis.Integrado de Dignos. Ver LOG START   AM 02:49  								
ENGINE RPM PER EACH CYL.								
SÍ	SPEED (RPM)	200	250	300	350	AVG.	1	2
No	NO. 1 CYL.					331	3	4
UP	NO. 2 CYL.					338	5	6
DOWN	NO. 3 CYL.					338	7	8
INVIO	NO. 4 CYL.					332	9	0
ESC								
F1	F2	F3	F4	PREV	HELP			

ANEXO 6: Encuesta para la determinación de variables

ENCUESTA PARA CONCESIONARIOS Y LABORATORIOS DE SERVICIO EN MOTORES CRDi

Esta encuesta está destinada para determinar los elementos más comunes que se deterioran y se reemplazan en el sistema de alimentación de combustible CRDi

1. Lugar: Fecha:
2. Nombre de la empresa:
3. Tipo de servicio:
 Concesionario () Laboratorio () Taller ()
4. Marque con una (X) los elementos que comúnmente se averían en el sistema de alimentación de combustible CRDi y que se dan mantenimiento en su empresa.

DESCRIPCION	
Inyector	
Filtro de combustible	
Bomba eléctrica de combustible	
Bomba de alta presión	
Sensor de presión del riel	
Regulador de presión del riel	
Sensor de temperatura del diésel	
Asientos de las cañerías	
Otros.	

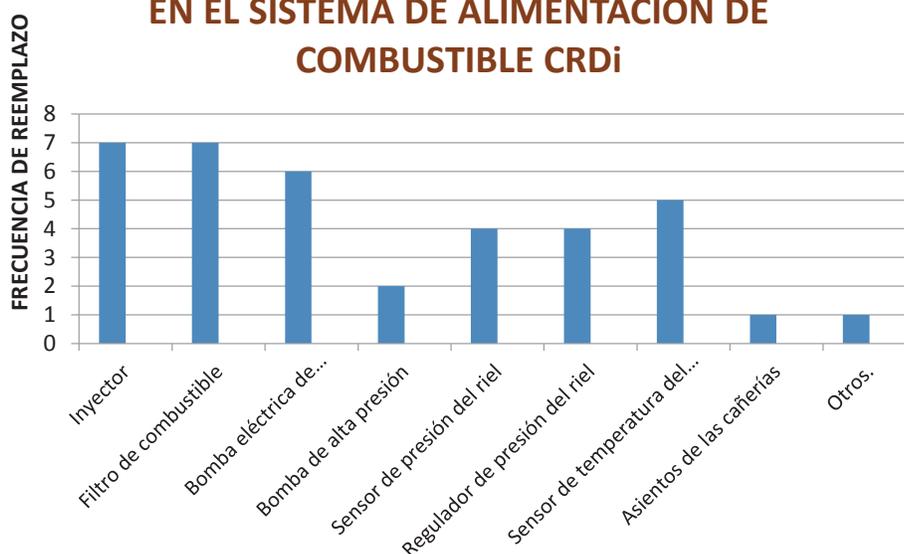
Esta información, será utilizada como propósito de investigación para el campo de diagnóstico automotriz en los motores con sistema de inyección CRDi.

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN.

RESULTADOS FINALES DE LA ENCUESTA			
TIPO DE EMPRESA			
EMPRESAS CONSULTADAS	CONCESIONARIO	LABORATORIO	TALLER
ADECO Cía. Ltda.		X	
METROCAR	X		
TOYOCUENCA	X		
AUTOHYUN S.A	X		
TURBOCUENCA		X	
TALLERES PEÑA		X	
HYUNMOTOR S.A			
TOTAL ENCUESTAS:	7		

DENOMINACIÓN	ELEMENTOS COMUNMENTE REEMPLAZADOS	PRIORIDAD
Inyector	7	Alta
Filtro de combustible	7	Alta
Bomba eléctrica de combustible	6	Alta
Bomba de alta presión	2	Baja
Sensor de presión del riel	4	Alta
Regulador de presión del riel	4	Alta
Sensor de temperatura del diésel	5	Alta
Asientos de las cañerías	1	Baja
Otros.	1	Baja

ELEMENTOS QUE SE AVERÍAN COMÚNMENTE EN EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE CRDi



ANEXO 7: Cuadro de fallas comunes del Motor Hyundai Santa Fe CRDI 2.0 ocasionado por las variables de estudio del Sistema de alimentación de combustible

CUADRO DE FALLAS EN EL MOTOR HYUNDAI SANTA FE CRDI 2.0			
N°	FALLAS	VARIABLES	CAUSAS
1	Humo negro	Inyector	Desconexión eléctrica del inyector
2	Mayor opacidad		Resistencia interna del bobinado fuera de rango
3	Ralentí inestable		Caudal de retorno fuera de rango
4	Ruido del motor fuera del límite		Tobera de inyección desgastada
5	El motor demora en arrancar	Filtro de combustible	Filtro sucio u obstruido
6	Humo blanco		Presencia de Agua en el filtro
7	La luz testigo de presencia de agua se enciende		
8	El motor no arranca	Bomba eléctrica de combustible	Falta de corriente de alimentación
			Relé de la bomba averiado
			Fusible quemado
		Sensor de presión del riel	Bomba eléctrica cortocircuitada
			Baja presión de combustible en la riel
			Falta de señal de alimentación
			Sensor averiado
Voltaje muy bajo de lo normal			
Cable del conector del sensor no deriva a masa			
9	El motor se apaga	Regulador de presión del riel	Desconexión eléctrica del regulador
			Resistencia interna del regulador fuera de rango
10	Mayor caudal de inyección	Sensor de temperatura del combustible	Desconexión del sensor de combustible
11	Aumento de emisiones		Resistencia del sensor fuera de rango

ANEXO 8: Datos iniciales en condiciones normales de funcionamiento del motor.

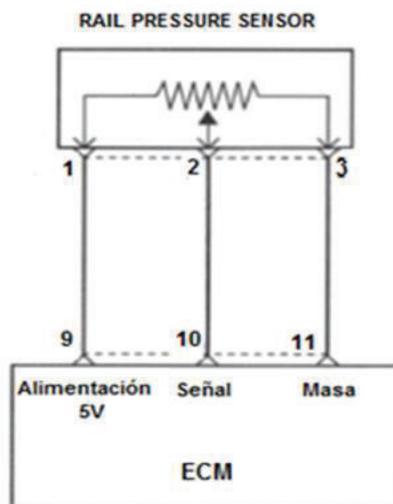
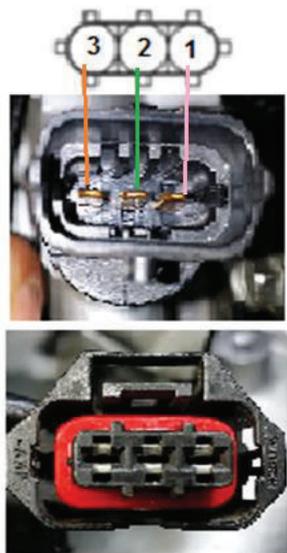
FORMATO PARA TOMA DE DATOS INICIALES					
CONDICIÓN NORMAL DE FUNCIONAMIENTO					
Lugar de Experimentación:	Cámara semi-anechoica	Ubicación:	UPS Cuenca	Presión Atmosférica:	750 hPa
Humedad Relativa:		Temperatura Ambiente:	20°C	Altura Geográfica:	2550 m.s.n.m
Hora de Prueba:	14h30				Temperatura Refrigerante del Motor:
					85°C

PRUEBAS (N°)	REVOLUCIONES DEL MOTOR (RPM)	SENSORES		ACTUADORES		
		Temperatura del combustible (FTS) (°C)	Presión del Riel (RPS) (Bar)	Regulador de Presión del Riel (RPR) (%)	Ancho de pulso Inyección Principal (ms)	Tensión de trabajo - Bomba eléctrica de combustible (V)
1	850	70	320,9	21,1	0,6	14
2	1500	72	397,9	23,4	0,6	14,1
3	2500	75	638,1	30,3	0,6	14,1
4	3000	78	766,5	35,7	0,6	14,1

ANEXO 9: Sockets y arnés de conexión de los sensores y actuadores considerados en la investigación.

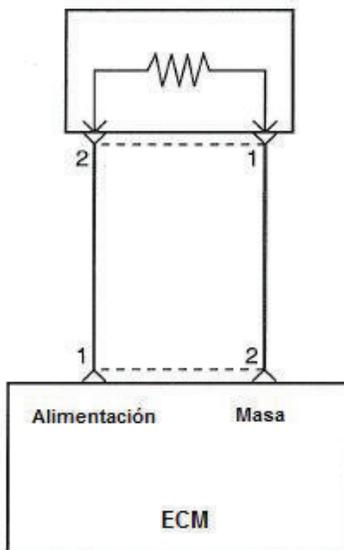
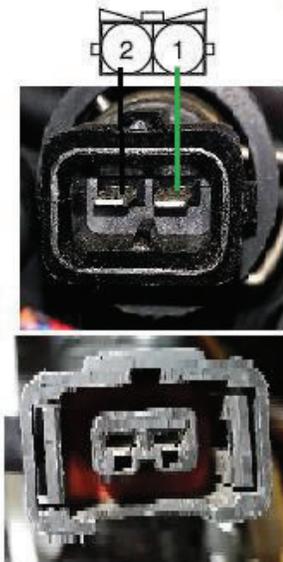
- **Sensor de presión del riel (RPS)**

Arnés de conexión



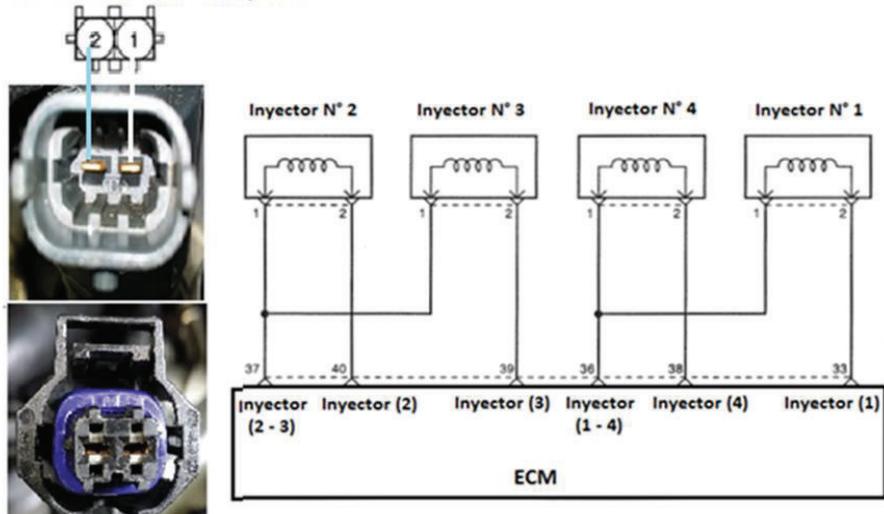
- **Sensor de temperatura del combustible (FTS)**

Socket del Sensor de Temperatura del combustible



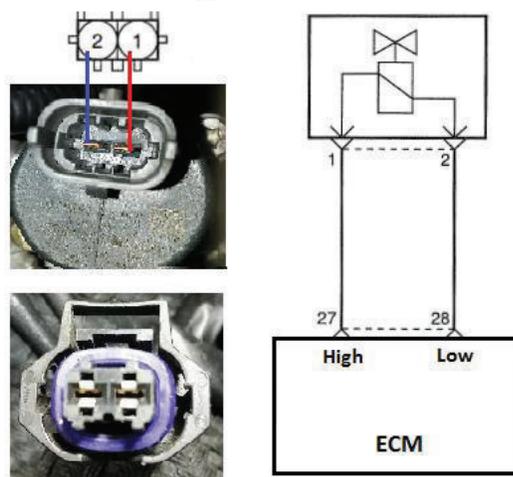
- **Inyector (IJ)**

Socket de conexión del Inyector

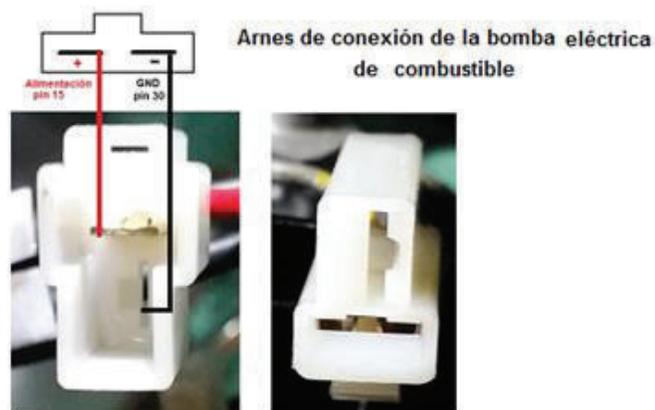


- **Regulador de presión del riel (RPR)**

Socket del Regulador de Presión del Riel



- **Conector de la Bomba eléctrica de combustible**



ANEXO 10: Abreviaturas utilizadas en la investigación

Abreviaturas utilizadas en el Sistema de alimentación de combustible CRDi	
Denominación	Abreviatura
Riel o Conducto Común	CRDi
Regulación Electrónica Diésel	EDC
Módulo de Control Electrónica	ECM
Válvula reguladora de presión de combustible	PRV-DRV
Regulador de Presión del Riel	RPR
Sensor de presión del Riel	RPS
Inyectores	IJ
Sensor de posición del cigüeñal	CKP
Sensor de posición del árbol de levas	CMP
Sensor de posición del pedal del acelerador	APS
Sensor de presión de sobrealimentación	BPS
Sensor de temperatura del aire	IAT
Sensor de temperatura del refrigerante	ECT
Sensor de temperatura del combustible	FTS
Sensor de la masa del aire	MAF
Sensor de presión en el Riel	RPS
Bomba eléctrica de combustible	EFP
Válvula reguladora de presión de combustible	PRV
Válvula de recirculación de gases de escape	EGR
Libras / pulgada ²	PSI
Kilo Pascal	KPa
Common Rail	CR
Motor	Eng