



**ESPE**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

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

**AUTOR: CASANOVA JIMÉNEZ ADRIÁN RENÉ**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTAL  
PARA UN PROCEDIMIENTO DE DIAGNÓSTICO Y  
REPARACIÓN EN TALLER DE SISTEMAS CRDI BOSCH  
CP1 Y CP3 APLICADOS A LA LINEA KIA.**

**DIRECTOR: ING. LUIS MENA  
CODIRECTOR: ING. GERMÁN ERAZO**

**LATACUNGA, AGOSTO 2014**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

YO: **ADRIÁN RENÉ CASANOVA JIMÉNEZ**

**DECLARO QUE:**

El proyecto de grado denominado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTAL PARA UN PROCEDIMIENTO DE DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN EN TALLER DE SISTEMAS CRDI BOSCH CP1 Y CP3 APLICADOS A LA LINEA KIA”** ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Agosto del 2014

---

Adrián René Casanova Jiménez

CI: 172004075-5

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE****CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ****CERTIFICADO**

Ing. Luis Mena (DIRECTOR)  
Ing. Germán Erazo (CODIRECTOR)

**CERTIFICAN:**

Que el trabajo titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTAL PARA UN PROCEDIMIENTO DE DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN EN TALLER DE SISTEMAS CRDI BOSCH CP1 Y CP3 APLICADOS A LA LINEA KIA”** realizado por ADRIÁN RENÉ CASANOVA JIMÉNEZ, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el reglamento de estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Debido a que este es un proyecto de excelente calidad y contenido científico, se recomienda su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN documento empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autoriza al señor: ADRIÁN RENÉ CASANOVA JIMÉNEZ, que lo entregue al ING. JUAN CASTRO CLAVIJO, en su calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

Latacunga, Agosto del 2014

---

Ing. Luis Mena  
DIRECTOR

---

Ing. Germán Erazo  
CODIRECTOR

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

YO:                   ADRIÁN RENÉ CASANOVA JIMÉNEZ

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTAL PARA UN PROCEDIMIENTO DE DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN EN TALLER DE SISTEMAS CRDI BOSCH CP1 Y CP3 APLICADOS A LA LINEA KIA”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Agosto del 2014

---

Adrián René Casanova Jiménez

CI: 172004075-5

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto está dedicado a Yahveh “Tuya es, oh Jehová, la magnificencia y el poder, la gloria, la victoria y el honor; porque todas las cosas que están en los cielos y en la tierra son tuyas. Tuyo, oh Jehová, es el reino, y tú eres excelso sobre todos. Las riquezas y la gloria proceden de ti, y tú dominas sobre todo; en tu mano está la fuerza y el poder, y en tu mano el hacer grande y el dar poder a todos.”

1 Crónicas 29: 11 - 12

**Adrián René Casanova Jiménez**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres quienes me han educado y han formado la persona que soy ahora, que a pesar de todas las cosas los amo y respeto.

A mi esposa Daniela quien ha sido mi confidente, amiga y compañera, por ser el pilar emocional de mi vida, por sus consejos que me han permitido seguir adelante en busca de mis objetivos y por su valentía para enfrentar la vida.

A mi hijo Joaquín quien con su inocencia y ternura me transmite la fortaleza necesaria para no renunciar a mis metas.

A mis maestros quienes a más de formar profesionales útiles para la sociedad han formado personas con calidad humana, valores, principios y respeto para la sociedad.

Al Ing. Germán Erazo por ser un maestro que ha sabido transmitir sus conocimientos de la mejor manera a lo largo mi formación académica, quien me ha brindado su apoyo para seguir adelante y poder culminar con mi carrera.

Al Ing. Luis Mena quien ha sido mi tutor y maestro por sus conocimientos transmitidos y el apoyo en la culminación del presente proyecto.

A Miguel, Darwin y Héctor quienes desinteresadamente me han apoyado en la elaboración de mi proyecto final.

**Adrián René Casanova Jiménez**

## RESUMEN

Los avances tecnológicos generan la necesidad de un crecimiento cognitivo, velocidad de análisis, eficiencia en resultados, disminución de costos así como de los tiempos de reparación en vehículos diseñados sistemas CRDI. Profesionales y especialistas en la rama deben estar en la capacidad de diagnosticar, reparar y realizar pruebas de operación a los vehículos con sistemas CRDI diesel sin necesidad de depender directamente de terceras personas o de laboratorios especializados.

A través de este proyecto de investigación los profesionales y especialistas en la rama podrán capacitarse en los sistemas de control electrónico diesel CRDI Bosch CP1 y CP3 utilizados en los vehículos de la línea KIA, los cuales han alcanzado un alto nivel de tecnología, como también podrán disponer de procedimientos de diagnóstico y reparación similares a los utilizados en laboratorios especializados en CRDI Bosch CP1 y CP3 por medio de un equipo que permita utilizar los recursos ya existentes en el mismo vehículo logrando una eficiencia similar a la obtenida en laboratorios especializados en CRDI.

### **Palabras clave:**

Ingeniería Automotriz, Equipo para diagnóstico CRDI Bosch CP1 y CP3, Talleres automotrices.

## **ABSTRACT**

The technology advances generate the need of a cognitive growing, accuracy of analysis, efficiency in results, and reduction of costs the same as the reduction of times of repairing the vehicles designed with CRDI diesel systems. Professional and specialist people in this branch must be able to diagnosticate, repair and make test of operability to the vehicles with CRDI diesel systems without the need of directly depending of third hand people or specialized labs.

Through this present project the professionals and specialists of this branch are going to be able to get capacitated in the CRDI diesel electronic controlled systems BOSCH CP1 and CP3 used in the KIA line vehicles, which have reached a very high technology level, as well as to get diagnostic and repair procedures same as the ones used in specialized labs in CRDI Bosch CP1 and CP3 based in one equipment that let utilize the resources available in the same vehicle achieving the similar efficiency to the ones got in specialized CRDI labs.

### **Key words:**

Automotive Engineering, Diagnosis equipment for CRDI Bosch CP1 and CP3, Automotive shops.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	ii
CERTIFICADO.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	xxiii
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>EL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.3. OBJETIVO GENERAL .....	1
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO.....	2
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	2
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>4</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1. DESARROLLO DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE LOS MOTORES DIESEL.....	4
2.2. OPERACIONES BÁSICAS DEL MOTOR DIESEL .....	6
2.2.1. PRINCIPIO DE LA COMBUSTIÓN .....	6
2.3. GENERALIDADES DEL COMBUSTIBLE DIESEL .....	7
2.3.1. INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA.....	9

2.4.	INTRODUCCIÓN AL SISTEMA DE INYECCIÓN DIRECTA POR RIEL COMÚN (COMMON RAIL DIRECT INJECTION - CRDI).....	10
2.4.1.	SINOPSIS DEL SISTEMA COMMON RAIL.....	11
2.5.	SISTEMA DE BAJA PRESIÓN .....	15
2.5.1.	DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE .....	16
2.5.2.	TUBERÍAS DE COMBUSTIBLE EN LA PARTE DE BAJA PRESIÓN .....	17
2.5.3.	BOMBA PREVIA.....	17
2.5.4.	FILTRO DE COMBUSTIBLE.....	20
2.6.	SISTEMA DE ALTA PRESIÓN .....	21
2.6.1.	BOMBA DE ALTA PRESIÓN .....	22
2.6.2.	ACUMULADOR DE ALTA PRESIÓN (RIEL) .....	25
2.6.7.	INYECTORES.....	29
2.7.	CONTROL ELECTRÓNICO DIESEL PARA RIEL COMÚN.....	40
2.7.1.	MÓDULO DE CONTROL DEL MOTOR (ECM) .....	40
2.7.2.	SENSORES .....	43
a.	SENSOR DEL PEDAL DEL ACELERADOR - APS .....	43
b.	SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL - RPS .....	46
c.	SENSOR DE FLUJO DE MASA DE AIRE - MAF (Tipo lámina caliente).....	48
d.	SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL - CKP.....	50
e.	SENSOR DE POSICIÓN DEL EJE DE LEVAS - CMP .....	51
f.	SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR (ECT) Y DEL COMBUSTIBLE (FT).....	53
g.	SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO (BPS).....	55
2.7.3.	ACTUADORES .....	56
a.	VÁLVULA DE CONTROL DE PRESIÓN DEL RIEL - RPCV .....	57
b.	VÁLVULA DE RECIRCULACIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE (EGR).....	58
c.	TURBO ALIMENTADOR DE GEOMETRÍA VARIABLE (VGT) .....	59
d.	BUJÍAS INCANDESCENTES .....	60
2.7.4.	RELACIÓN GENERAL ENTRE SENSORES Y ACTUADORES ..	64

<b>CAPÍTULO 3</b> .....	66
<b>PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS</b> .....	66
3.1. HIPÓTESIS.....	66
3.1.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	66
3.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....	66
3.2. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN .....	67
3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	67
3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE .....	67
3.2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARAIBLES.....	67
a. Variable independiente .....	67
b. Variable dependiente .....	68
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	69
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	69
4.1. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN .....	69
4.1.1. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL .....	69
4.2. MÉTODOS A UTILIZAR EN LA PRESENTE INVESTIGACIÓN ...	69
4.2.1. MÉTODO CIENTÍFICO EXPERIMENTAL .....	69
4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	70
4.3.1. ENCUESTA .....	70
4.3.2. OBSERVACIÓN PARTICIPANTE.....	70
4.3.3. ENTREVISTA ESTRUCTURADA O DIRIGIDA.....	71
4.4. PRIMER MÉTODO APLICADO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACION PRIMARIA. ....	71
4.4.1. DISEÑO DE ENCUESTAS PARA LA GENERACIÓN DE INFORMACIÓN.....	72
4.4.2. PRUEBA PILOTO. ....	72
4.4.3. POBLACIÓN .....	74
4.4.4. MUESTRA .....	74
4.4.5. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS DATOS .	75

4.4.6.	VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS.....	78
4.4.7.	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	78
a.	INFORME GERENCIAL.....	79
4.4.8.	CONCLUSIONES .....	84
4.4.9.	RECOMENDACIONES .....	85
4.5.	SEGUNDO MÉTODO APLICADO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN PRIMARIA. ....	86
4.5.1.	OBSERVACIÓN PARTICIPANTE.....	87
4.5.3.	CONCLUSIONES .....	92
4.5.4.	RECOMENDACIONES .....	93
4.6.	TERCER MÉTODO APLICADO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN PRIMARIA. ....	93
4.6.1.	ENTREVISTA ESTRUCTURADA O DIRIGIDA.....	94
4.6.2.	ANÁLISIS DE PARTES CONSTITUTIVAS DEL BANCO DE PRUEBAS. ....	101
4.6.3.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE ELEMENTOS SIMILARES DEL BANCO DE PRUEBAS Y DEL MOTOR DEL VEHÍCULO CRDI. ....	103
4.6.4.	CONCLUSIONES .....	106
4.6.5.	RECOMENDACIONES .....	106
4.7.	ESQUEMA DE LA PROPUESTA.....	106
4.8.	PARÁMETROS DE DISEÑO Y SELECCIÓN DEL INSTRUMENTAL NECESARIO PARA REALIZAR PROCEDIMIENTOS DE DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN EN TALLER DE SISTEMAS CRDI BOSCH CP1 Y CP3. ....	107
4.8.1.	PARÁMETROS DE SELECCIÓN DEL INSTRUMENTAL PARA EL DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE BAJA PRESIÓN. ....	107
a.	ADQUISICIÓN DEL MANÓMETRO DE PRESIÓN.....	109
b.	ADQUISICIÓN DEL MANÓMETRO DE VACÍO.....	110
4.8.2.	PARÁMETROS DE SELECCIÓN DEL INSTRUMENTAL PARA EL DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ALTA PRESIÓN.. ....	111
a.	ADQUISICIÓN DEL VOLTÍMETRO PARA LECTURA DEL RPS.....	112

4.8.3. PARÁMETROS DE SELECCIÓN DEL INSTRUMENTAL PARA EL DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE LA UNIDAD DE ACTIVACIÓN DEL INYECTOR (ELECTROVÁLVULA).....	112
4.8.4. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL CONTROL ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO DEL INSTRUMENTAL.....	114
a. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LAS PLACAS DE TEMPORIZACIÓN .....	117
4.8.5. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA PARA UNIFICAR Y CONTROLAR EL INSTRUMENTAL SELECCIONADO.....	118
4.8.6. COSNTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL ELÉCTRICO DEL EQUIPO.....	121
4.8.7. ENSAMBLAJE DE LOS ELEMENTOS SELECCIONADOS DEL INSTRUMENTAL.....	121
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>123</b>
<b>IMPLEMENTACION DEL CRDI TESTER EN PROCEDIMIENTOS DE DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN EN TALLER DE SISTEMAS CRDI BOSCH CP1 Y CP3 APLICADOS A LA LINEA KIA.....</b>	<b>123</b>
5.1. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA CRDI BOSCH DEL VEHÍCULO EN REPARACIÓN. ....	123
5.2. PRIMERA ETAPA: DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE BAJA PRESIÓN. ....	124
5.2.1. PROCESO DE DIAGNÓSTICO .....	125
a. DIAGNÓSTICO CP1 .....	125
b. DIAGNÓSTICO CP3.....	126
5.2.2. PROCESOS DE REPARACIÓN .....	127
a. REPARACIÓN CP1 .....	127
b. REPARACIÓN CP3 .....	129
5.3. SEGUNDA ETAPA: DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ALTA PRESIÓN. ....	130
5.3.1. PROCESO DE DIAGNÓSTICO .....	130
5.3.2. PROCESOS DE REPARACIÓN .....	132
a. REPARACIÓN DE LA BOMBA DE ALTA PRESIÓN CP3 .....	135

b.	REPARACIÓN DE LA BOMBA DE ALTA PRESIÓN CP1 .....	139
c.	REPARACIÓN DE LA VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN DEL RIEL .....	139
d.	REPARACIÓN DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL .....	140
5.4.	TERCERA ETAPA: DIAGNÓSTICO DE LOS INYECTORES.....	140
5.4.1.	DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE LA UNIDAD DE ACTIVACIÓN (ELECTROVÁLVULA) .....	140
a.	PROCESOS DE REPARACIÓN .....	143
5.4.2.	DIAGNÓSTICO DE ESTANQUEIDAD Y ENTREGA DE CAUDAL.....	143
a.	PRUEBA DE ESTANQUEIDAD.....	144
b.	PRUEBA DE ENTREGA DE CAUDAL.....	146
<b>CAPÍTULO 6.....</b>		<b>148</b>
<b>MARCO ADMINISTRATIVO.....</b>		<b>148</b>
6.1.	RECURSOS.....	148
6.1.1.	RECURSOS HUMANOS .....	148
6.1.2.	RECURSOS TECNOLÓGICOS.....	149
6.1.3.	RECURSOS MATERIALES .....	150
6.2.	PRESUPUESTO .....	151
6.3.	FINANCIAMIENTO .....	152
6.4.	CRONOGRAMA.....	152
CONCLUSIONES .....		153
RECOMENDACIONES.....		155
BIBLIOGRAFÍA.....		157
NETGRAFÍA .....		158
ANEXOS .....		159

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1.	Componentes de los gases de escape. ....	10
Tabla 2. 2.	Sinopsis del sistema COMMON RAIL.....	12
Tabla 2. 3.	Valores promedio de salida APS 1 Y APS 2 .....	45
Tabla 3. 1.	Operacionalización de la variable independiente. ....	67
Tabla 3. 2.	Operacionalización de la variable dependiente.....	68
Tabla 4. 1.	Descripción de variables para el cálculo de la muestra de población finita. ....	74
Tabla 4. 2.	Cálculo de la muestra. ....	75
Tabla 4. 3.	Tabulación pregunta 1. ....	76
Tabla 4. 4.	Tabulación pregunta 2. ....	76
Tabla 4. 5.	Tabulación pregunta 3. ....	76
Tabla 4. 6.	Tabulación pregunta 4. ....	76
Tabla 4. 7.	Tabulación pregunta 5. ....	77
Tabla 4. 8.	Tabulación pregunta 6. ....	77
Tabla 4. 9.	Tabulación pregunta 7. ....	77
Tabla 4. 10.	Tabulación pregunta 8. ....	77
Tabla 4. 11.	Tabulación pregunta 9. ....	78
Tabla 4. 12.	Tabulación pregunta 10. ....	78
Tabla 4. 13.	Análisis comparativo de elementos similares del banco de pruebas y del motor del vehículo CRDI. ....	104
Tabla 4. 14.	Análisis comparativo de elementos similares del banco de pruebas y del motor del vehículo CRDI – parte de alta presión. ....	105
Tabla 4. 15.	Especificaciones del manómetro de presión. ....	109
Tabla 4. 16.	Especificaciones del manómetro de vacío. ....	111
Tabla 4. 17.	Especificaciones del voltímetro para lectura del RPS. ....	112
Tabla 4. 18.	Parámetros de selección del material para la fabricación de los acoples para los retornos. ....	113

Tabla 4. 19. Funciones del sistema de control eléctrico y electrónico del instrumental.....	114
Tabla 4. 20. Cálculo del tiempo de activación del sistema de drenaje..	115
Tabla 4. 21. Cálculo del tiempo de activación del inyector. ....	116
Tabla 4. 22. Elementos de las placas de temporización. ....	117
Tabla 5. 1. Identificación del sistema CRDI BOSCH del vehículo en reparación mediante la ubicación de sus elementos. ....	123
Tabla 5. 2. Identificación del sistema CRDI BOSCH del vehículo en reparación mediante los modelos comercializado en el ECUADOR. ....	124
Tabla 5. 3. Valores del sistema de baja presión en el sistema CRDI BOSCH CP1. ....	126
Tabla 5. 4. Valores del sistema de baja presión en el sistema CRDI BOSCH CP3. ....	127
Tabla 5. 5. Rangos de presión del riel – CRDI BOSCH CP1. ....	131
Tabla 5. 6. Rangos de presión del riel – CRDI BOSCH CP3. ....	132
Tabla 5. 7. Comparación de la cantidad de retorno de los inyectores.	142
Tabla 5. 8. Prueba de estanqueidad de los inyectores. ....	145
Tabla 6. 1. Recursos humanos .....	149
Tabla 6. 2. Recursos tecnológicos .....	150
Tabla 6. 3. Recursos materiales .....	151
Tabla 6. 4. Presupuesto .....	152



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1.	Bomba rotativa (convencional).....	4
Figura 2. 2.	Bomba rotativa (controlada electrónicamente).....	5
Figura 2. 3.	Inyección directa por riel común (CRDI). ....	5
Figura 2. 4.	Ciclo de trabajo del motor diesel.....	7
Figura 2. 5.	Control de presión del riel – tipo de control de salida (primera generación). ....	12
Figura 2. 6.	Control de presión del riel - tipo de control de entrada (primera generación). ....	13
Figura 2. 7.	Control de presión del riel - tipo de control de entrada y salida (segunda generación) – bomba de suministro eléctrica. ....	15
Figura 2. 8.	Parte de baja presión del sistema de inyección COMMON RAIL. ....	16
Figura 2. 9.	Bomba celular de rodillos.....	18
Figura 2. 10.	Bomba eléctrica de combustible. ....	18
Figura 2. 11.	Bomba de engranajes.....	19
Figura 2. 12.	Filtro de combustible.....	20
Figura 2. 13.	Parte de alta presión del sistema de inyección COMMON RAIL.....	21
Figura 2. 14.	Bomba de alta presión – CP1.....	22
Figura 2. 15.	Bomba de alta presión CP3 – sección longitudinal.....	23
Figura 2. 16.	Bomba de alta presión CP1 – sección.....	24
Figura 2. 17.	Acumulador de alta presión (rail). ....	25
Figura 2. 18.	Esquema de control de presión. ....	26
Figura 2. 19.	Regulación de presión del riel en el lado de alta presión..	27
Figura 2. 20.	Regulación de caudal del lado de aspiración.....	28
Figura 2. 21.	Sistema de doble regulación de presión del riel.....	28
Figura 2. 22.	Inyector.....	30
Figura 2. 23.	Funcionamiento del inyector – estados de servicio.....	33

Figura 2. 24.	Posición del inyector de orificios en la cámara de combustión. ....	34
Figura 2. 25.	Tobera del tipo – taladro de asiento.....	35
Figura 2. 26.	Tobera del tipo – taladro ciego.....	35
Figura 2. 27.	Inyectores marcados con X, Y, Z.....	36
Figura 2. 28.	Inyectores marcados con C1, C2 Y C3.....	36
Figura 2. 29.	Inyectores marcados con letras y dígitos.....	37
Figura 2. 30.	Registro de la velocidad máxima del desarrollo de la inyección de un inyector de orificios de turismo.....	37
Figura 2. 31.	Desarrollo de inyección en la inyección con COMMON RAIL.....	38
Figura 2. 32.	Carrera de aguja del inyector y desarrollo de presión con inyección previa. ....	39
Figura 2. 33.	Cálculo de la inyección. ....	40
Figura 2. 34.	Módulo de control del motor.....	41
Figura 2. 35.	Procesamiento de señales en la unidad de control.....	42
Figura 2. 36.	Sensores del sistema de inyección COMMON RAIL. ....	44
Figura 2. 37.	Distribución de pines APS 1 Y APS2. ....	45
Figura 2. 38.	Forma de onda bajo condiciones de ralentí.....	45
Figura 2. 39.	Forma de onda bajo condiciones de carga. ....	46
Figura 2. 40.	Esquema de partes del sensor de presión del riel (RPS)..	46
Figura 2. 41.	Distribución del pines del RPS.....	47
Figura 2. 42.	Gráfica voltaje vs presión del RPS.....	47
Figura 2. 43.	Forma de onda del RPS. ....	48
Figura 2. 44.	Esquema de partes del sensor de flujo de aire. ....	48
Figura 2. 45.	Distribución del pines del sensor MAF.....	49
Figura 2. 46.	Forma de onda del sensor de flujo de aire.....	49
Figura 2. 47.	Esquema de partes del sensor de posición del cigüeñal (CKP).....	50
Figura 2. 48.	Distribución del pines del sensor CKP.....	50
Figura 2. 49.	Cálculo de la velocidad del motor. ....	51

Figura 2. 50.	Sensor de posición del eje de levas - CMP.....	52
Figura 2. 51.	Distribución del pines del CMP. ....	52
Figura 2. 52.	Forma de onda del sensor CMP y sensor CKP. ....	53
Figura 2. 53.	Coeficiente negativo de temperatura (NTC).....	53
Figura 2. 54.	Curva característica del sensor del tipo NTC.....	54
Figura 2. 55.	Esquema del sensor de temperatura del refrigerante. ....	55
Figura 2. 56.	Distribución del pines del sensor ECT. ....	55
Figura 2. 57.	Esquema del sensor de presión del turbo (BPS). ....	56
Figura 2. 58.	Forma de onda en ralentí del sensor de presión del turbo (BPS). ....	56
Figura 2. 59.	Actuadores del sistema de inyección COMMON RAIL. ....	57
Figura 2. 60.	Esquema de partes de la válvula de control de presión del riel (RPCV).....	57
Figura 2. 61.	Señal de salida y forma de onda de la válvula RPCV.....	58
Figura 2. 62.	Esquema de partes de la válvula EGR. ....	59
Figura 2. 63.	Distribución del pines de la válvula EGR. ....	59
Figura 2. 64.	Turbo alimentador de geometría variable (VGT).....	60
Figura 2. 65.	Control de bujías incandescentes – precalentamiento.....	60
Figura 2. 66.	Bujía de espiga incandescente GSK2.....	61
Figura 2. 67.	Diagrama de temperatura – tiempo de bujías de espiga incandescente.....	61
Figura 2. 68.	Control de bujías incandescentes – preparación de incandescencia para el arranque y precalentamiento.....	63
Figura 2. 69.	Relación general entre sensores y actuadores CRDI. ....	64
Figura 4. 1.	Pregunta nº1 .....	79
Figura 4. 2.	Pregunta nº2.....	80
Figura 4. 3.	Pregunta nº3.....	80
Figura 4. 4.	Pregunta nº4.....	81
Figura 4. 5.	Pregunta nº5.....	81
Figura 4. 6.	Pregunta nº6.....	82
Figura 4. 7.	Pregunta nº7.....	82

Figura 4. 8.	Pregunta n° 8.....	83
Figura 4. 9.	Pregunta n° 9.....	83
Figura 4. 10.	Pregunta n° 10.....	84
Figura 4. 11.	Técnicos encuestados por concesión.....	86
Figura 4. 12.	Vehículo KIA SORENTO CRDI.....	87
Figura 4. 13.	KIA SORENTO CRDI - emisión de humo negro por el tubo de escape.....	87
Figura 4. 14.	GDS - prueba de entrega de caudal.....	88
Figura 4. 15.	Inyector desmontado.....	89
Figura 4. 16.	Tobera desarmada.....	90
Figura 4. 17.	Limpieza interna de la tobera.....	90
Figura 4. 18.	Montaje de los inyectores en el motor.....	91
Figura 4. 19.	KIA SORENTO CRDI - presentando la misma falla.....	91
Figura 4. 20.	Comprobador manual de inyectores.....	94
Figura 4. 21.	Banco de pruebas para inyectores diesel.....	95
Figura 4. 22.	Simulador electrónico.....	96
Figura 4. 23.	Prueba de estanqueidad.....	98
Figura 4. 24.	Prueba de caudal.....	98
Figura 4. 25.	Limpieza por ultrasonido.....	99
Figura 4. 26.	Suciedad en el combustible.....	100
Figura 4. 27.	Partes constitutivas del banco de pruebas.....	101
Figura 4. 28.	Simulador de la parte electrónica.....	102
Figura 4. 29.	Simulador de la parte mecánica.....	102
Figura 4. 30.	Bomba de alta presión – válvula de control de presión...	103
Figura 4. 31.	Probetas de vidrio.....	103
Figura 4. 32.	Parámetros de selección del manómetro de presión.....	108
Figura 4. 33.	Modelado 3d - manómetro de presión entre el tanque y el filtro.....	108
Figura 4. 34.	Parámetros de selección del manómetro de vacío.....	110
Figura 4. 35.	Modelado 3d - manómetro de vacío - entre la bomba de alta presión y el filtro.....	110

Figura 4. 36.	Parámetros de selección del voltímetro. ....	111
Figura 4. 37.	Voltímetro para lectura del RPS.....	112
Figura 4. 38.	Modelado 3d – acople para retornos de los inyectores...	113
Figura 4. 39.	Acoples para retornos de los inyectores. ....	113
Figura 4. 40.	Circuito eléctrico del equipo. ....	116
Figura 4. 41.	Modelado de las placas de temporización – PCB WIZARD.....	117
Figura 4. 42.	Placas de temporización terminadas. ....	118
Figura 4. 43.	Modelado 3d - CRDI TESTER. ....	119
Figura 4. 44.	Estructura soldada. ....	120
Figura 4. 45.	Construcción del control eléctrico del CRDI TESTER.....	121
Figura 4. 46.	CRDI TESTER terminado. ....	122
Figura 5. 1.	Conexión hacia los manómetros. ....	125
Figura 5. 2.	Lectura del manómetro de vacío.....	127
Figura 5. 3.	Daño en el eje de accionamiento de la bomba .....	129
Figura 5. 4.	Conexión del equipo electrónico para lectura del RPS del CRDI tester al RPS del riel común del motor. ....	131
Figura 5. 5.	Voltímetro electrónico para lectura del RPS. ....	132
Figura 5. 6.	Pantalla de inicio del gds – análisis de códigos de falla. .	133
Figura 5. 7.	Pantalla de selección de parámetros del vehículo y sistema a diagnosticar del GDS.....	133
Figura 5. 8.	Pantalla de análisis de códigos de falla del GDS.....	134
Figura 5. 9.	Pantalla de análisis de datos del GDS.....	135
Figura 5. 10.	Localización de la válvula de aspiración y de salida. ....	136
Figura 5. 11.	Válvula de ingreso de combustible hacia los pistones de la bomba de alta presión.....	136
Figura 5. 12.	Válvula de salida de combustible hacia el riel de alta presión.....	137
Figura 5. 13.	Filtro interno de la bomba. ....	137
Figura 5. 14.	Desmontaje de la válvula reguladora de presión. ....	138
Figura 5. 15.	Elementos de la válvula reguladora de presión. ....	138

Figura 5. 16. Elementos del cabezal - bomba CP1.....	139
Figura 5. 17. Conexión de las probetas para pruebas de retorno. ....	141
Figura 5. 18. Prueba de retorno de los inyectores. ....	142
Figura 5. 19. Conexión de la cañería de alta presión del CRDI TESTER.....	144
Figura 5. 20. Conexión de la alimentación eléctrica del inyector en pruebas.....	147

## INTRODUCCIÓN

A través del proyecto **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTAL PARA UN PROCEDIMIENTO DE DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN EN TALLER DE SISTEMAS CRDI BOSCH CP1 Y CP3 APLICADOS A LA LINEA KIA”** los futuros ingenieros, profesionales y especialistas en la rama podrán capacitarse en el diagnóstico, reparación y pruebas de operación realizadas en el mismo taller a los vehículos KIA con sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 sin necesidad de depender directamente de laboratorios o terceras personas con una eficacia y eficiencia similar a la obtenida en laboratorios especializados en CRDI.

El **capítulo 1** presenta el análisis metodológico del problema a resolver, relacionado al diagnóstico y reparación de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 aplicados a la línea KIA, debido a la falta de procedimientos específicos como del instrumental necesario para realizarlos en el mismo taller. También se plantea los objetivos así como la justificación e importancia que tiene el desarrollo de la investigación.

El **capítulo 2** trata sobre la fundamentación teórica, analiza elementos mecánicos, elementos electrónicos y parámetros de funcionamiento de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 aplicados a los vehículos de la línea KIA.

El **capítulo 3** plantea y desarrolla las hipótesis a ser demostradas basándose en que si mediante el diseño e implementación de instrumental como también de procedimientos de diagnóstico y reparación en el mismo taller de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 aplicados a la línea KIA darán similares resultados a los obtenidos en un laboratorio especializado en CRDI. Presenta también las variables dependiente e independiente y su operacionalización.

El **capítulo 4** muestra la metodología de la investigación del problema, basándose en la investigación científico experimental aplicando los siguientes métodos: muestreo probabilístico de la población, síntesis de la observación y muestreo selectivo de informantes claves; mediante las siguientes técnicas: encuesta, observación participante y entrevista estructurada o dirigida. Mediante la metodología de la investigación se comprueba la validez del problema presente y se plantea la propuesta para resolverlo.

El **capítulo 5** muestra la ejecución de la propuesta planteada para resolver el problema de la investigación, es decir, muestra los procedimientos de diagnóstico y reparación en taller de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 aplicados a la línea KIA mediante el uso del CRDI – TESTER, equipo diseñado e implementado para apoyar en estos procedimientos.

El **capítulo 6** presenta el marco administrativo que relaciona los diversos recursos humanos, tecnológicos y materiales como también presenta una idea global de la inversión económica y su financiamiento.



# **CAPÍTULO 1**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La demanda de vehículos que incorporan sistemas CRDI va en vertiginoso crecimiento a nivel mundial lo que hace imprescindible disponer de profesionales y especialistas en la rama que dispongan de información inmediata y de fácil acceso que permita el uso de herramientas de bajo costo, con una eficacia y eficiencia similar a la obtenida en laboratorios especializados CRDI.

El futuro ingeniero, profesionales y especialistas en la rama deben estar ejercitados en el uso de equipos básicos de diagnóstico en su proceso de formación, para un efectivo desempeño en el campo laboral.

### **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Para la reparación de los componentes del sistema CRDI Bosch CP1 y CP3 se debe enviar a laboratorios con equipos costosos y complejos por ende con costos elevados; reparación que es frecuente debido a que el combustible del que disponemos en el país no es de buena calidad sumada a la contaminación existente en el mismo por agentes externos.

### **1.3. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar instrumental para un procedimiento de diagnóstico y reparación en taller de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3

aplicados a la línea KIA, con resultados similares a los obtenidos en un laboratorio especializado en CRDI y cumpliendo las especificaciones del fabricante.

#### **1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO**

- Analizar los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 partes, componentes y funcionamiento.
- Analizar los procedimientos de diagnóstico y reparación de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 aplicados en los talleres KIA MOTORS.
- Diseñar e implementar instrumental para el diagnóstico y reparación en taller de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 aplicados a la línea KIA.
- Documentar y registrar la presente investigación para uso pedagógico o profesional en sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 utilizados en vehículos livianos permitiendo a sus usuarios un diagnóstico, reparación, en menor tiempo, a un menor costo con mayor eficacia, eficiencia y productividad.

#### **1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

El parque automotor en el Ecuador crece cada año a gran escala, según un artículo publicado por el diario HOY del 25 de enero del 2012, indica que el parque automotor ecuatoriano cerró el año 2011 con más de 1,8 millones de vehículos matriculados, dentro de los cuales los vehículos

livianos con motor diesel han ido ganando una buena parte de terreno y su aceptación por parte de los ecuatorianos va en aumento.

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

Profesionales y especialistas en la rama deben estar en la capacidad de diagnosticar, reparar y realizar pruebas de operación a los vehículos con sistemas CRDI diesel sin necesidad de depender directamente de terceras personas o de laboratorios especializado.

A través del presente proyecto los profesionales y especialistas podrán capacitarse en los sistemas de control electrónico diesel CRDI Bosch CP1 y CP3 utilizados en los vehículos de la línea KIA, los cuales han alcanzado un alto nivel de tecnología.

A más del estudio de los sistemas diesel CRDI Bosch CP1 y CP3 el proyecto busca investigar, desarrollar y demostrar que es factible realizar las pruebas de operación, así como reparaciones y análisis de resultados en el mismo taller mediante el diseño e implementación de instrumental de mediano costo, anulando la necesidad de enviar trabajos a terceras personas o a laboratorios especializados.

Para el desarrollo del proyecto propuesto contamos con la colaboración directa de KIA ASIAUTO y su red de concesionarios ubicados en la ciudad de Quito y sus valles aledaños.

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. DESARROLLO DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE LOS MOTORES DIESEL

Debido a la creciente y cada vez más severa regulación ambiental con respecto a las emisiones de gases de escape y ruido, sumado a la necesidad de reducir el consumo de combustible, los requerimientos para los sistemas de inyección diesel son cada vez mayores.

En un principio el control del motor diesel se lo realizaba por medios mecánicos, como por ejemplo la bomba rotativa. Sistema con el cual era muy difícil conseguir la eficiencia óptima del motor y lograr además el cumplimiento de las regulaciones y control de emisiones.



Fuente: Edisa.

**Figura 2. 1. BOMBA ROTATIVA (CONVENCIONAL).**

La siguiente generación fue combinar el control electrónico con el mecánico para mejorar las condiciones de funcionamiento del motor como también reducir las emisiones de gases nocivos y se creó la bomba rotativa controlada electrónicamente.



Fuente: Edisa.

**Figura 2. 2. BOMBA ROTATIVA (CONTROLADA ELECTRÓNICAMENTE).**

En la actualidad el sistemas de inyección diesel de última generación es el sistema de Inyección Directa de Riel Común (CRDI), el mismo que actualmente está compuesto por varios sensores y actuadores que permiten que opere independientemente de las revoluciones del motor.



Autor: Adrián Casanova.

**Figura 2. 3. INYECCIÓN DIRECTA POR RIEL COMÚN (CRDI).**

Para modificar las condiciones de operación en forma óptima se utilizan actuadores, controlados por un dispositivo electrónico llamado unidad de control. La unidad de control es un procesador de datos, los mismos que son emitidos por los sensores con el fin de determinar la mejor condición de operación y poder así controlar los actuadores de forma óptima.

## 2.2. OPERACIONES BÁSICAS DEL MOTOR DIESEL

El motor diesel es un motor de encendido por presión de compresión. Generalmente la mezcla se produce dentro de la cámara de combustión. Los inyectores están instalados en la culata e inyectan el combustible directamente a la cámara de combustión, donde se mezcla con el aire.

### 2.2.1. PRINCIPIO DE LA COMBUSTIÓN

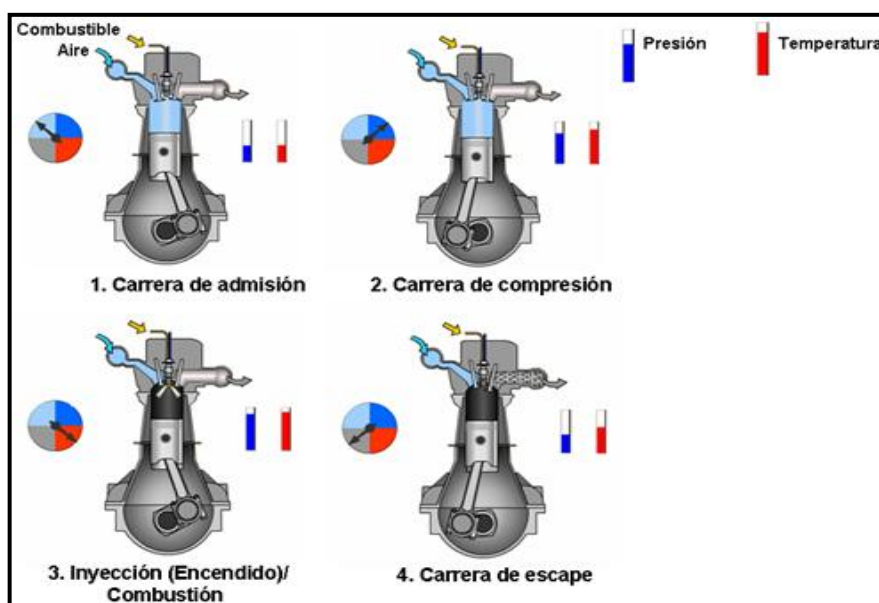
(Bosch, 1999) “En el motor Diesel de cuatro tiempos, las válvulas del cilindro determinan el tiempo correspondiente de trabajo controlando el intercambio de gases. Las válvulas abren o cierran los canales de admisión y de escape del cilindro:

**Tiempo de admisión:** En un movimiento descendente del pistón, el motor aspira durante el primer tiempo de trabajo, el tiempo de admisión, entrando aire sin estrangular a través de la válvula de admisión abierta.

**Tiempo de compresión:** Durante el segundo tiempo de trabajo, el tiempo de compresión, el aire aspirado se comprime por el movimiento ascendente del pistón, según la relación de compresión que corresponda a la ejecución del motor (14:1 – 24:1). El aire se calienta a temperaturas de hasta 900°C. Hacia el final del proceso de compresión, el inyector inyecta el combustible con alta presión (hasta 2000 bar) en el aire calentado.

**Tiempo de combustión:** Una vez transcurrido el tiempo necesario para la transmisión de la temperatura al combustible (retardo de encendido), el combustible finalmente pulverizado se quema casi completamente por auto – encendido, al comienzo del tercer tiempo, el

tiempo de trabajo o combustión. De esta forma se calienta todavía más la carga del cilindro y vuelve a aumentar la presión en el cilindro. La energía liberada por la combustión se trasmite al pistón. En consecuencia, el pistón se mueve otra vez hacia abajo y la energía de combustión se transforma en trabajo mecánico.



Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 4. CICLO DE TRABAJO DEL MOTOR DIESEL.

**Tiempo de escape:** En el transcurso del cuarto tiempo, el tiempo de escape, la carga del cilindro ya quemada es expulsada por la válvula de escape abierta al producirse el movimiento ascendente del pistón. Para el siguiente ciclo de trabajo se aspira otra vez aire fresco.” (Pág. 2)

### 2.3. GENERALIDADES DEL COMBUSTIBLE DIESEL

(Gary & Handwerk, 2003) “Volatilidad, calidad de ignición y viscosidad son las propiedades más importantes de los combustibles de automóviles diesel. El combustible diesel N°1 (llamado algunas veces súper – diesel) se fabrica a partir de reservas vírgenes, poseyendo números de cetano por encima de 50. Tiene un intervalo de ebullición de

360 a 600°F y se utiliza en motores muy revolucionados de camiones y autobuses.

El combustible diesel N°2 posee un intervalo de ebullición más amplio (de 350 a 650°F) que el N°1. Usualmente contiene algunos materiales craqueados y puede ser mezclado a partir de la nafta, queroseno y aceites cíclicos ligeros craqueados. Las especificaciones limitantes son el punto de inflamación (de 120 a 125°F como mínimo), contenido de azufre (máximo 0,5%) intervalo de destilación, número de cetano (mínimo 52) y un punto de fluidez (máximo de -10 a + 10).

Las propiedades de ignición de los combustibles diesel se expresan en términos del número de cetano. Este es muy similar al número de octano de la gasolina y expresa el porcentaje en volumen de cetano ( $C_{16}H_{34}$  alta calidad de ignición) en una mezcla con alfa – metilnaftaleno ( $C_{11}H_{10}$  baja calidad de ignición)". (Pág. 14 – 15)

El combustible diesel es considerado como un aceite combustible y es alrededor de 18% más denso que la gasolina. Este combustible, sin embargo, frecuentemente contiene altas cantidades de azufre. En Europa, las normas de emisiones han forzado a las refinerías a reducir el nivel de azufre en los combustibles diesel debido a que son peligrosos para el medio ambiente. El azufre requiere del uso de filtros catalizadores de partículas de diesel para controlar las emisiones particuladas. Sin embargo, al reducir el azufre también se reduce la lubricidad del combustible, por lo que debe agregarse aditivos para ayudar a lubricar los componentes del sistema de inyección. El diesel contiene aproximadamente un 18% más de energía por unidad de volumen que la gasolina, lo que junto con la mayor eficiencia de los motores diesel, contribuye a la economía del combustible.



### 2.3.1. INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA

(Bosch, 1999) “Al quemarse el combustible diesel se forman residuos muy distintos. Estos productos de reacción dependen del dimensionamiento y de la potencia del motor, y también de la carga de trabajo.

La formación de contaminantes puede reducirse ampliamente con sólo una combustión completa del combustible. De ello se encargan por ejemplo una inyección exacta y la adaptación esmerada de la mezcla de aire – combustible, y también su turbulencia óptima. En primer lugar se produce agua ( $H_2O$ ) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ). En segundo lugar, se produce también en bajas concentraciones: monóxido de carbono ( $CO$ ), hidrocarburos no quemados ( $HC$ ), óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) como producto derivado, dióxido de azufre ( $SO_2$ ) y ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) así como partículas de hollín.” (Pág. 3)

Mientras el motor se encuentra frío, los productos de la combustión notorios en el gas de escape son los hidrocarburos no oxidados o parcialmente oxidados que son visibles en forma de humo blanco o azul y los aldehídos que emiten un fuerte mal olor; así mismo en la medida en que el combustible contiene azufre se forman el dióxido de azufre y el ácido sulfúrico.

El tiempo óptimo de inyección es un factor muy importante en la reducción de emisiones de gases en un motor Diesel. El inicio de la combustión está determinado por el inicio de la inyección. El retraso de la inyección reduce las emisiones de oxígeno y nitrógeno. El exceso de retraso en la inyección aumenta la emisión de hidrocarburos. Las desviaciones del inicio de la inyección a partir del valor nominal por cada

grado de ángulo del cigüeñal pueden aumentar la emisión de Oxido Nitroso (NOx) o Hidrocarburos no quemados (HC) en aproximadamente un 15%.

**Tabla 2. 1. COMPONENTES DE LOS GASES DE ESCAPE.**

Componentes de los gases de escape	Ralentí	Máxima potencia
Óxidos de nitrógeno (NOx) vol.%	0.005.....0.025	0.06.....0.15
Hidrocarburos (HC) vol.%	0.05.....0.06	0.02.....0.06
Monóxido de carbón (CO) vol.%	0.01.....0.045	0.035.....0.2
Dióxido de carbón (CO <sub>2</sub> ) vol.%	.....3.5	.....12.0
Vapor vol.%	.....3.0	.....11.0
Oxígeno (O <sub>2</sub> ) vol.%	....16.0	...10.0
Nitrógeno (N) vol.%	resto	resto
Hollín mg/m <sup>3</sup>	~20	~200
Temperatura de escape °c	100.....200	550.....750

**Tiempo óptimo de inyección**

**Fuente:** KIA MOTORS.

Esta alta sensibilidad requiere que el comienzo de la inyección sea calibrado con precisión. Una calibración precisa para el inicio de la inyección puede mantenerse en forma eficiente mediante un sistema electrónicamente controlado.

## 2.4. INTRODUCCIÓN AL SISTEMA DE INYECCIÓN DIRECTA POR RIEL COMÚN (COMMON RAIL DIRECT INJECTION - CRDI)

(Domínguez & Ferrer, 2008) “El sistema Common Rail es un sistema de inyección por acumulador de presión. En este sistema, los procesos de generación de presión e inyección son independientes del régimen del motor.” (Pág. 56)

(Bosch, 2005) “La separación de las funciones de generación de presión e inyección aporta, en comparación con los sistemas de inyección

convencionales, un mayor grado de libertad en lo relativo al desarrollo de la combustión.

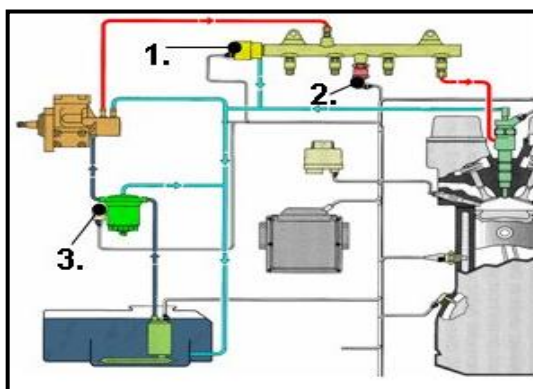
Gracias a las inyecciones previas o múltiples del sistema Common Rail es posible obtener una disminución adicional de las emisiones de gases de escape, y una reducción significativa de los ruidos originados por la combustión. Mediante varias activaciones de la válvula de mando, de funcionamiento extremadamente rápido, pueden efectuarse inyecciones por ciclo de inyección. La aguja del inyector se cierra con asistencia hidráulica y se asegura así un rápido fin de la inyección.” (Pág.7)

El sistema está dividido en los siguientes grupos de funcionamiento: Sistema de baja presión, sistema de alta presión, sensores, actuadores y control electrónico.

#### **2.4.1. SINOPSIS DEL SISTEMA COMMON RAIL**

Las características diferenciadoras esenciales de las diferentes generaciones de sistemas Common Rail consisten en la versión de la bomba de alta presión y de los inyectores, así como en las funciones precisas para el sistema.

(Kia Motors, 2011) “**Tipo de control de salida (Primera generación):** Estos sistemas usan una bomba de alimentación eléctrica para suministrar combustible a la bomba de alta presión. La presión máxima generada en el sistema es de alrededor de 1350 bar, los sistemas de control de salida controlan la presión que sale desde la bomba de alta presión, aumentando o disminuyendo la cantidad total de retorno de combustible.



Fuente: KIA MOTORS.

**Figura 2. 5. CONTROL DE PRESIÓN DEL RIEL – TIPO DE CONTROL DE SALIDA (PRIMERA GENERACIÓN).**

1. Válvula de control de presión del riel (RPCV), 2. Sensor de presión del riel (RPS), 3. Sensor de temperatura del combustible.

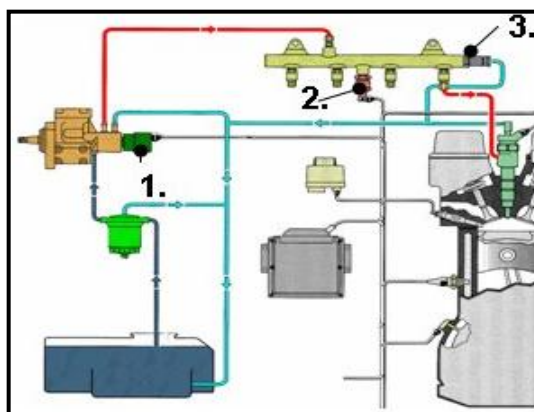
**Tabla 2. 2. SINOPSIS DEL SISTEMA COMMON RAIL**

<b>GENERACIÓN DEL SISTEMA CR.</b>	<b>PRESIÓN MÁXIMA.</b>	<b>INYECTOR.</b>	<b>BOMBA DE ALTA PRESIÓN.</b>
<b>Primera generación (turismos)</b>	1350 a 1450 bares.	Inyector con válvula electromagnética.	CP1 Regulación de la presión en el lado de alta presión con válvula reguladora de presión.
<b>Primera generación (vehículos industriales)</b>	1400 bares.	Inyector con válvula electromagnética.	CP2 Regulación de caudal en el lado de aspiración con dos válvulas electromagnéticas.
<b>Segunda generación (turismos y vehículos industriales)</b>	1600 bares.	Inyector con válvula electromagnética.	CP3, CP1H Regulación de caudal en el lado de aspiración con unidad de dosificación.
<b>Tercera generación (turismos)</b>	1600 (en el futuro 1800 bares).	Inyector piezoeléctrico integrado en la tubería.	CP3, CP1H Regulación de caudal en el lado de aspiración con unidad de dosificación.
<b>Tercera generación (vehículos industriales)</b>	1800 bares.	Inyector con válvula electromagnética	CP3, 3NH Unidad de dosificación

Fuente: BOSCH.

El ECM controla la válvula de control de presión del riel (1), incorporado en el acumulador de alta presión. La válvula de control de presión del riel (RPCV) fija la presión correcta en el riel y la mantiene en su nivel óptimo. Si la presión del riel es excesiva, la RPCV abre y una porción del combustible retorna al tanque de combustible a través de una línea colectora. Si la presión del riel es muy baja, la válvula de control de presión se cierra y sella la etapa de alta presión a partir del estado de baja presión, incrementando así la presión del riel. En estos sistemas se necesita un sensor de temperatura de combustible (3), debido a que esta estrategia de control produce que la temperatura del combustible aumente hasta 80 – 120°C. Por lo tanto, debe realizarse una compensación.” (Pág. 73)

(Kia Motors, 2011) **“Tipo de control de entrada (Primera generación)** Estos sistemas usan una bomba mecánica de piñones instalada dentro de la bomba de alta presión. La presión máxima generada en el sistema es de alrededor de 1350 bar, los tipos controlados en la entrada controlan la cantidad de combustible desde la bomba de alimentación a la bomba de alta presión.



Fuente: KIA MOTORS.

**Figura 2. 6. CONTROL DE PRESIÓN DEL RIEL - TIPO DE CONTROL DE ENTRADA (PRIMERA GENERACIÓN).**

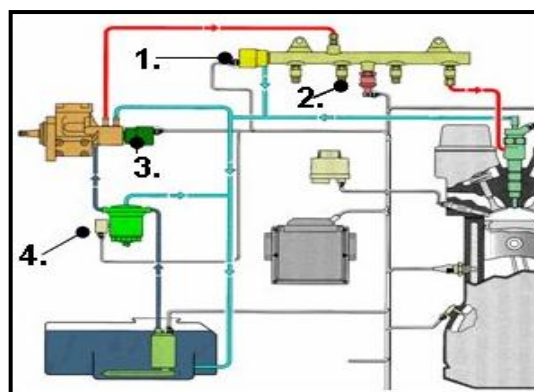
1. Válvula proporcional magnética (MPROP), 2. Sensor de presión del riel (RPS), 3. Válvula limitadora de presión.

El ECM controla una válvula proporcional magnética (1) adosada a la bomba de alta presión. La válvula proporcional magnética (MPROP) es del tipo normalmente abierta y fija la presión correcta en el riel y la mantiene en el nivel adecuado. Si la presión del riel es excesiva, la MPROP se cierra y la cantidad de combustible que ingresa a la bomba de alta presión se abre y se permite el ingreso de una mayor cantidad de combustible a la bomba de alta presión, aumentando así la presión en el riel. La ventaja de este tipo de sistema es que el torque de conducción de la bomba de alta presión es menor en comparación al tipo con control de salida. La desventaja de este sistema es que libera excesiva presión del riel bajo ciertas condiciones de desaceleración. Bajo estas condiciones el tiempo de apertura del inyector se modifica por el ECM con el fin de reducir el exceso de combustible en el riel. Una válvula limitador de presión (3) está instalada en el acumulador de alta presión. Esta es necesaria para libera la presión excesiva en el caso de que la MPROP estuviera atascada en condición abierta.” (Pág. 74)

(Kia Motors, 2011) “**Tipo de control de entrada y control de salida (segunda generación):** Estos sistemas usan una bomba eléctrica de alimentación o una bomba de piñones mecánica para suministrar combustible a la bomba de alta presión. La presión máxima generada en el sistema es de alrededor de 1600 bar. La presión dentro del sistema es controlada por la RPCV y MPROP. Además en estos sistemas se puede incluir un Sensor de Temperatura de Combustible (4).” (Pág. 75)

(Kia Motors, 2011) “**Control de presión del riel (Segunda generación):** La presión del combustible varía entre 400-1600 bar dependiendo de las condiciones predominantes. La presión es regulada usando dos válvulas, una en la bomba de alta presión y otra en el riel de combustible. El ECM comprueba que la presión requerida se obtiene usando un sensor de presión de combustible montado en el riel de

combustible. En la medida que los requerimientos de combustible del motor cambian en un rango amplio, la presión de combustible suministrada por la bomba de alta presión al riel común puede ser regulada. Esto se realiza con la válvula de control de presión del riel (RPCV) y la válvula proporcional magnética (MPROP) y es medida por el sensor de presión del riel.” (Pág. 76)



Fuente: KIA MOTORS.

**Figura 2. 7. CONTROL DE PRESIÓN DEL RIEL - TIPO DE CONTROL DE ENTRADA Y SALIDA (SEGUNDA GENERACIÓN) – BOMBA DE SUMINISTRO ELÉCTRICA.**

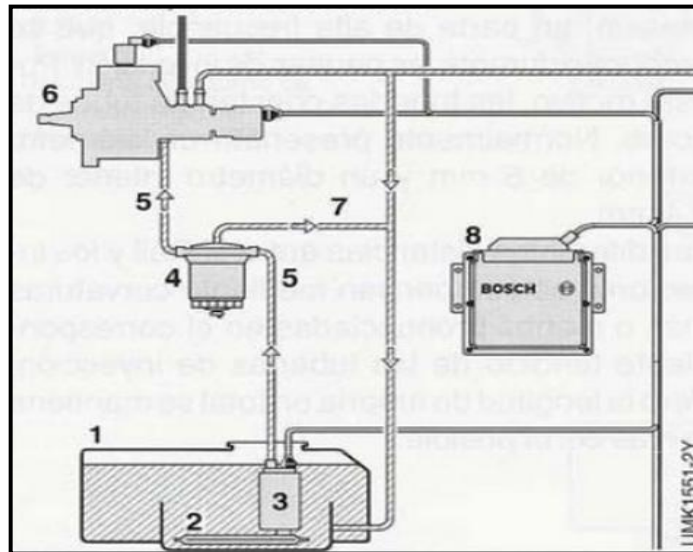
1. Válvula de control de presión del riel (RPCV), 2. Sensor de presión del riel (RPS), 3. Válvula proporcional magnética (MPROP), 4. Sensor de temperatura del combustible.

## 2.5. SISTEMA DE BAJA PRESIÓN

(Domínguez & Ferrer, 2008) “La bomba de transferencia suministra el combustible que es aspirado del depósito. Las impurezas del combustible son filtradas por un filtro para evitar el desgaste prematuro de los componentes de precisión y el combustible sobrante se devuelve al depósito de combustible a través del retorno de combustible.” (Pág. 56)

La bomba de alimentación puede ser una electrobomba de combustible (bomba celular de rodillos) o, alternativamente, una bomba de combustible de engranajes accionada mecánicamente. La bomba

arrastra el combustible desde el tanque y suministra de manera continua la cantidad necesaria de combustible hacia la bomba de alta presión. La parte de baja presión del sistema de combustible con Common Rail está constituida por los siguientes elementos:



Fuente: BOSCH.

**Figura 2. 8. PARTE DE BAJA PRESIÓN DEL SISTEMA DE INYECCION COMMON RAIL.**

1. Depósito de combustible, 2. Filtro previo, 3. Bomba previa, 4. Filtro de combustible, 5. Tubería de combustible de baja presión, 6. Sector de baja presión de la bomba de alta presión, 7. Tubería de retorno de combustible, 8. Unidad de control.

### 2.5.1. DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE

(Bosch, 1999) “Los depósitos de combustible deben ser resistentes a la corrosión y mantenerse estancos incluso a una sobrepresión de servicio doble, pero por lo menos hasta 0,3 bar de sobrepresión. La sobrepresión producida debe poder escapara por sí misma a través de aberturas apropiadas, válvulas de seguridad o similares. El combustible no debe salir por la tapa de la boca de llenado o por los dispositivos para compensación de presión, incluso en posición inclinada, circulando por curvas o en caso de choques.” (Pág. 12)



### **2.5.2. TUBERÍAS DE COMBUSTIBLE EN LA PARTE DE BAJA PRESIÓN**

(Bosch, 1999) “Para la parte de baja presión pueden emplearse además de tubos de acero, también tuberías flexibles con armadura de mallado de acero, que sean difícilmente inflamables. Las tuberías deben estar dispuestas de tal forma que se impidan los daños mecánicos y que el combustible que gotea o se evapora no pueda acumularse ni inflamarse.

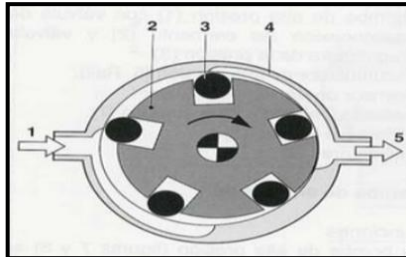
Las tuberías de combustible no deben quedar afectadas en su funcionamiento en caso de deformación del vehículo, un movimiento del motor o similares. Todas las piezas que conducen combustible tienen que estar protegidas contra el calor que perturba el funcionamiento.” (Pág. 13)

### **2.5.3. BOMBA PREVIA**

(Bosch, 1999) “La bomba previa, una electrobomba de combustible con filtro previo (sistema CRDI Bosch CP1) o una bomba de combustible de engranajes (sistema CRDI Bosch CP3), aspira el combustible extrayéndolo del depósito de combustible y transporta continuamente el caudal de combustible necesario, en dirección a la bomba de alta presión.” (Pág. 13)

(Kia Motors, 2011) “La bomba eléctrica de combustible es responsable del suministro de combustible a la bomba de alta presión. Comenzando con el proceso de arranque del motor, la bomba eléctrica funciona continuamente independiente de las revoluciones del motor. Esto significa que la bomba suministra combustible constantemente desde el tanque de combustible, a través del filtro a la bomba de alta presión. El exceso de combustible puede fluir de vuelta al tanque a través de una

válvula de sobre flujo. Un circuito de seguridad está provisto para prevenir el suministro de combustible en caso que el encendido estuviera en ON con el motor detenido.

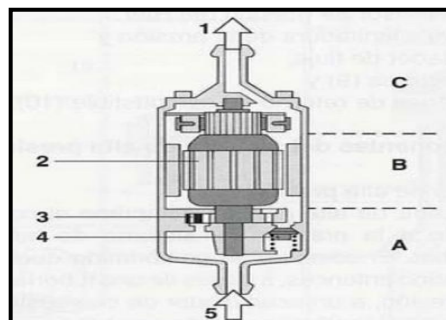


Fuente: BOSCH.

**Figura 2. 9. BOMBA CELUAR DE RODILLOS.**

1. Lado de aspiración, 2. Disco de rotor, 3. Rodillo, 4. Placa básica, 5. Lado de impulsión.

Las bombas eléctricas de combustible en los vehículos KIA están disponibles en “la línea de combustible” o en “el tanque de combustible”. Las bombas de combustible en la línea están instaladas fuera del tanque, entre el tanque y el filtro de combustible. Estas están fijas al piso del vehículo. Por otro lado, las bombas de combustible en el tanque están instaladas al interior del mismo, mediante un anclaje especial. Además de las conexiones eléctricas e hidráulicas exteriores, este anclaje usualmente incorpora una malla de filtro, un indicador de nivel de combustible y un depósito de turbulencia que actúa como reserva de combustible.”(Pág. 69)



Fuente: BOSCH.

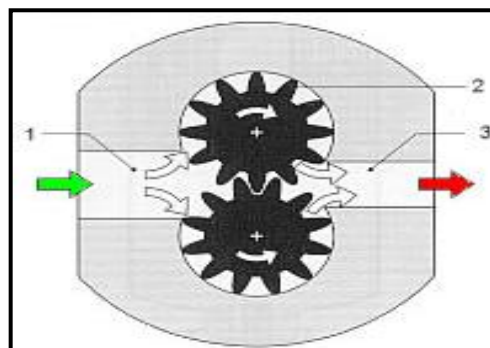
**Figura 2. 10. BOMBA ELÉCTRICA DE COMBUSTIBLE.**

A. Elemento de bomba, B. Electromotor, C. Tapa de conexión.

1. Lado de impulsión, 2. Inducido del motor, 3. Bomba celular de rodillos, 4. Limitador de presión, 5. Lado de aspiración.

La bomba eléctrica de combustible aspira el combustible a través de un filtro previo y lo suministra a la bomba de alta presión con una presión de aproximadamente 6 bares. La potencia de suministro máxima es de 190 l/h.

(Kia Motors, 2011) “En ciertos modelos una bomba de combustible del tipo engranajes se usa para suministrar combustible a la bomba de alta presión del riel común. Está integrada con la bomba de alta presión y comparte el sistema de accionamiento. Los principales componentes son dos engranajes que giran en sentido contrario y que permanecen acoplados uno con el otro cuando están rotando, en estos el combustible es atrapado en las cámaras formadas entre los dientes del engranaje y la pared de la bomba y transportado hacia la salida (lado de presión). La línea de contacto entre los engranajes giratorios suministra el sello entre los extremos de succión y presión de la bomba y previene el flujo inverso del combustible. La cantidad de entrega de la bomba de combustible del tipo engranajes es prácticamente proporcional a la velocidad del motor. La bomba del tipo de engranajes es libre de mantención. Para purgar el sistema de combustible antes del primer arranque, o cuando el estanque se ha quedado vacío, se puede instalar una bomba manual directamente a la bomba de engranajes o en la línea de baja presión.” (Pág. 70)



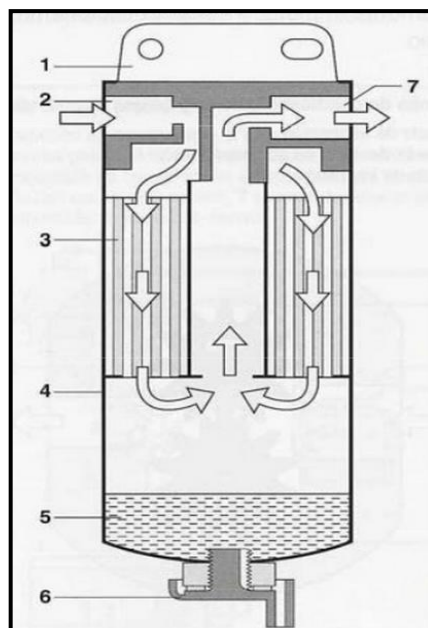
**Fuente:** (Aficionados a la mecánica, 2012)

**Figura 2. 11. BOMBA DE ENGRANAJES.**

1. Lado de aspiración, 2. Rueda dentada de accionamiento, 3. Lado de impulsión.

#### 2.5.4. FILTRO DE COMBUSTIBLE

(Bosch, 1999) “Las impurezas del combustible pueden provocar daños en los componentes de bomba, válvulas de impulsión y toberas de inyección. La aplicación de un filtro de combustible adaptado especialmente a las exigencias de la instalación de inyección es, por lo tanto, condición previa para un servicio sin anomalías y una prolongada vida útil. El combustible puede contener agua en forma ligada (emulsión) o no ligada (formación de agua de condensación debida al cambio de temperaturas). Si el agua ingresa dentro del sistema de inyección, puede producirse daños por corrosión.



Fuente: BOSCH.

**Figura 2. 12. FILTRO DE COMBUSTIBLE.**

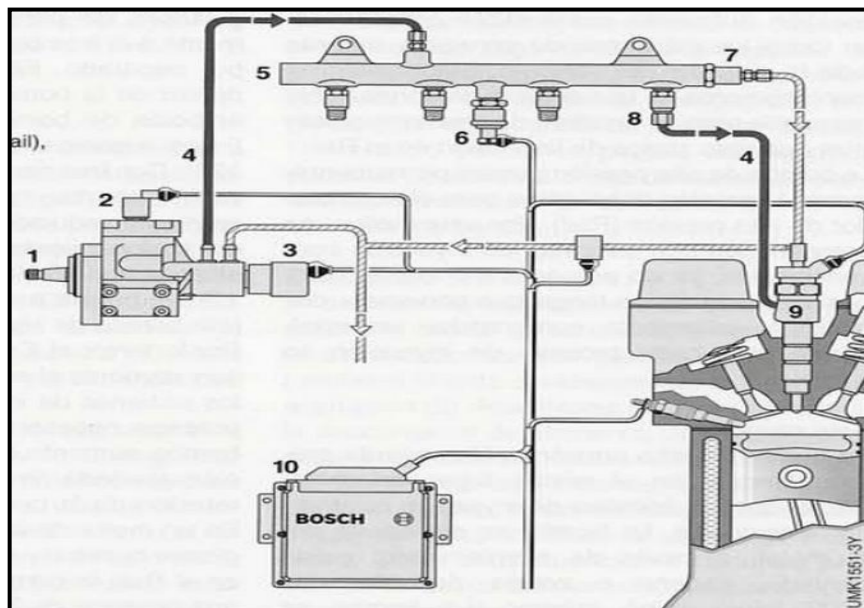
1. Tapa del filtro, 2. Entrada de combustible, 3. Cartucho filtrante de papel, 4. Cuerpo,
5. Recinto acumulador de agua, 6. Tornillo de vaciado de agua, 7. Salida de combustible.

El sistema de inyección de acumulador Common Rail requiere por lo tanto, como otros sistemas de inyección, un filtro de agua. El agua debe vaciarse en los intervalos correspondientes.” (Pág. 16).

## 2.6. SISTEMA DE ALTA PRESIÓN

(Bosch, 2005) “El sector de alta presión del sistema Common Rail se divide en tres sectores: generación de presión, acumulación de presión y dosificación del combustible.” (Pág. 26)

(Bosch, 2005) “La bomba de alta presión lleva a cabo la generación de presión. La acumulación de la presión se efectúa en el conducto común, en el cual está montado el sensor de presión y la válvula reguladora o limitadora de presión. Los inyectores garantizan una inyección correcta respecto al momento y volumen de inyección. Todos los sectores están interconectados mediante tuberías de combustible a alta presión.” (Pág. 26)



Fuente: BOSCH.

**Figura 2. 13. PARTE DE ALTA PRESIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN COMMON RAIL.**

1. Bomba de alta presión, 2. Válvula de desconexión del elemento, 3. Válvula reguladora de presión, 4. Tuberías de combustible de alta presión, 5. Acumulador de alta presión (Riel), 6. Sensor de presión del Riel, 7. Válvula limitadora de presión, 8. Limitador de flujo, 9. Inyector, 10. Unidad de control.

### 2.6.1. BOMBA DE ALTA PRESIÓN

(Bosch, 1999) “La bomba de alta presión se encuentra en la intersección entre la parte de baja presión y la parte de alta presión. La bomba tiene la misión de poner siempre a disposición suficiente combustible comprimido, en todos los márgenes de servicio durante la vida útil del vehículo. Esto incluye el mantenimiento de una reserva de combustible necesaria para un proceso de arranque rápido y un aumento rápido de la presión en el riel. La bomba de alta presión genera permanentemente la presión del sistema para el acumulador de alta presión (riel).” (Pág. 18)



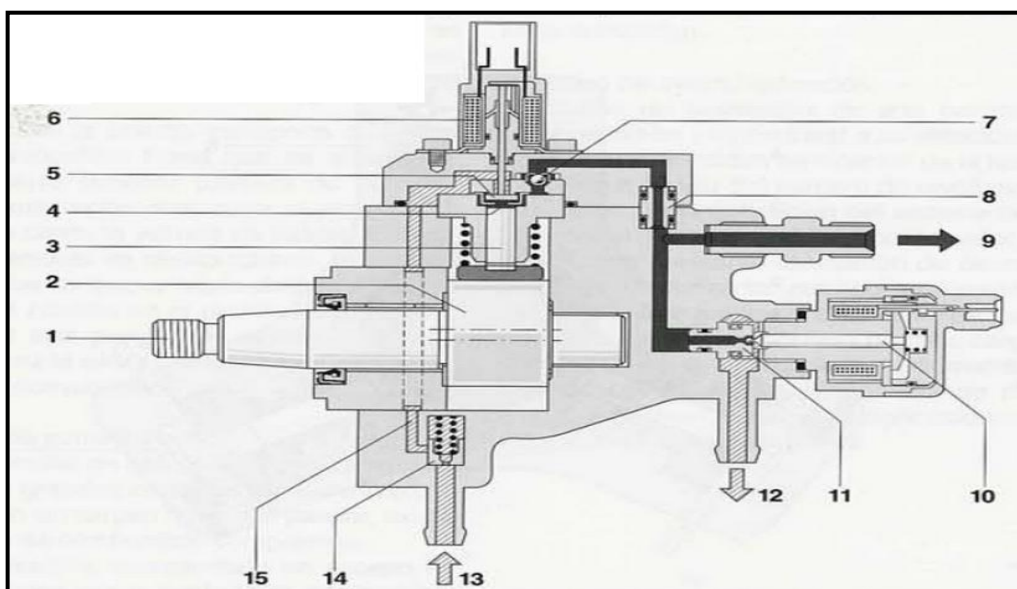
**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 2. 14. BOMBA DE ALTA PRESIÓN – CP1.**

(Kia Motors, 2011) “La bomba de alta presión es conducida por el motor mediante un acople (con la mitad de la velocidad del motor, pero a 3000 rpm máximas) y se lubrica con el combustible que bombea. El interior de la bomba de combustible está compuesto por tres bombas de pistón ordenadas radialmente a un ángulo de 120° entre ellos. Como tres carreras de suministro tienen lugar por cada revolución, solamente se produce un torque reducido en la conducción, por lo que el esfuerzo de la bomba es proporcional a la presión fijada en el riel y a la velocidad de la bomba (cantidad suministrada). Para el giro de un motor de 2 litros a velocidad relativa y con un ajuste de presión de 1350 bar en el riel, la

bomba de alta presión necesita 3.8 Kw suponiendo que la eficiencia mecánica es de alrededor del 90%.” (Pág. 71)

(Bosch, 1999) “La bomba previa transporta el combustible, a través de un filtro con separador de agua, hacia la válvula de seguridad. La bomba impulsa el combustible a través del taladro de estrangulación de la válvula de seguridad (14), hacia el circuito de lubricación y refrigeración de la bomba de alta presión. El eje de accionamiento (1) con su leva excéntrica (2) mueve los tres émbolos de bomba (3) hacia arriba y hacia abajo, en correspondencia con la forma de leva.



Fuente: BOSCH.

**Figura 2. 15. BOMBA DE ALTA PRESIÓN CP3 – SECCIÓN LONGITUDINAL.**

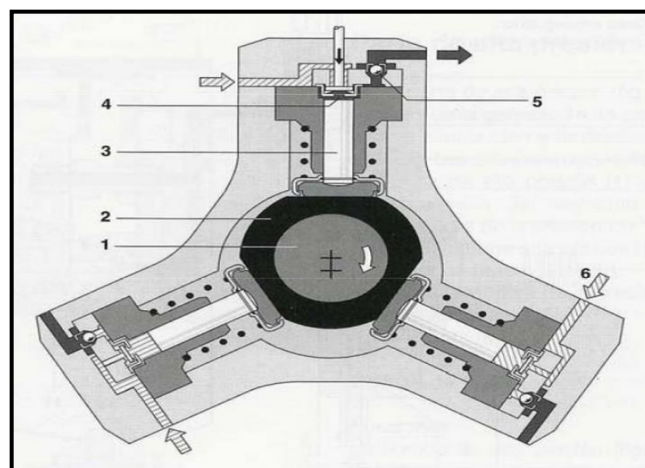
1. Árbol de accionamiento, 2. Leva excéntrica, 3. Elemento de bomba con émbolo de bomba, 4. Recinto del elemento, 5. Válvula de aspiración, 6. Válvula de desconexión del elemento, 7. Válvula de salida, 8. Pieza estanqueizante, 9. Empalme de alta presión hacia el riel, 10. Válvula reguladora de alta presión, 11. Válvula de bola, 12. Retorno de combustible, 13. Entrada de combustible, 14. Válvula de seguridad con taladro estrangulador, 15. Canal de baja presión hacia el elemento de bomba.

Si la presión de suministro sobrepasa la presión de apertura de la válvula de seguridad (0,5 - 1,5 bar), la bomba previa puede impulsar el

combustible a través de la válvula de entrada de la bomba de alta presión, hacia el recinto del elemento en el que el émbolo de la bomba se mueve hacia abajo (carrera de aspiración). Cuando se sobrepasa el punto muerto inferior del émbolo de la bomba, la válvula de entrada cierra, y el combustible en el recinto del elemento (4) ya no puede salir. Solamente puede ser comprimido superando la presión de suministro de la bomba previa. La presión que se forma abre la válvula de salida (7), en cuanto se alcanza la presión en el riel; el combustible comprimido entra en el circuito de alta presión.

El émbolo de la bomba transporta continuamente combustible hasta que se alcanza el punto muerto superior (carrera de suministro). A continuación disminuye la presión, de forma que cierra la válvula de salida. El combustible residual se descomprime; el émbolo de la bomba se mueve hacia abajo.

Cuando la presión en el recinto del elemento es inferior a la presión de la bomba previa, abre otra vez la válvula de entrada y el proceso comienza nuevamente.” (Pág. 19)



Fuente: BOSCH.

**Figura 2. 16. BOMBA DE ALTA PRESIÓN CP1 – SECCIÓN.**

1. Eje de accionamiento, 2. Leva de excéntrica, 3. Elemento de bomba con émbolo de bomba, 4. Válvula de aspiración, 5. Válvula de salida, 6. Entrada.

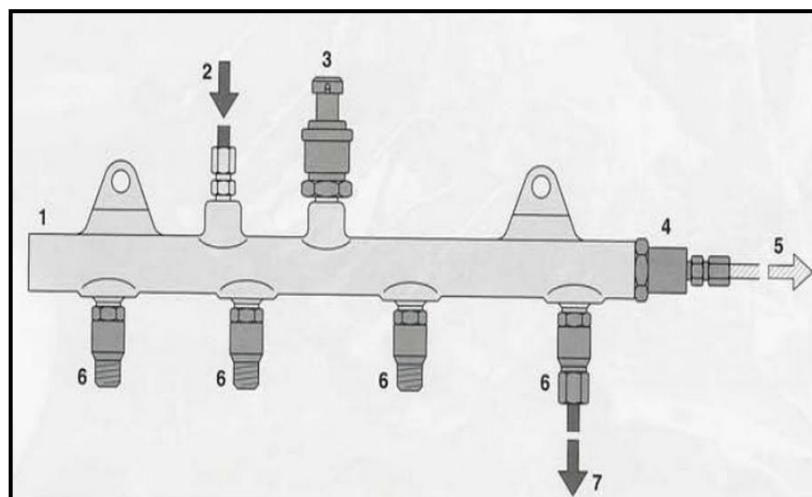


## 2.6.2. ACUMULADOR DE ALTA PRESIÓN (RIEL)

(Bosch, 1999) “El acumulador de alta presión tiene la misión de almacenar el combustible con alta presión. Al hacerlo debe amortiguarse mediante el volumen acumulado, oscilaciones de presión producidas por el suministro de la bomba y la inyección.

La presión en el distribuidor de combustible común para todos los cilindros (Common Rail) se mantiene a un valor casi constante incluso al extraer grandes cantidades de combustible. Con esto se asegura que permanezca constante la presión de inyección al abrir el inyector.

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



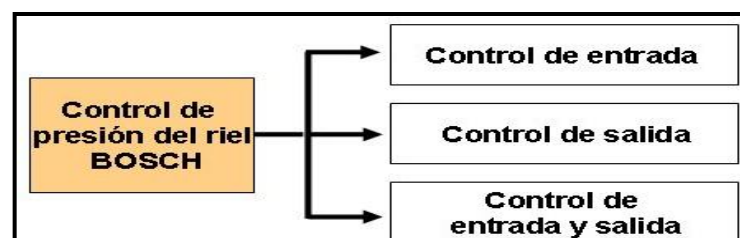
Fuente: BOSCH.

**Figura 2. 17. ACUMULADOR DE ALTA PRESIÓN (RAIL).**

1. Riel, 2. Afluencia de la bomba de alta presión, 3. Sensor de presión riel, 4. Válvula limitadora de presión, 5. Retorno del riel al depósito de combustible, 6. Limitador de flujo, 7. Tubería hacia el inyector.

El volumen existente en el riel está lleno continuamente con combustible sometido a presión. La capacidad de compresión del combustible conseguida con la elevada presión, se aprovecha para obtener un efecto de acumulador. Al extraer combustible del riel para una inyección, se mantiene casi constante la presión en el acumulador de alta presión. Igualmente se amortigua, es decir, se compensan las oscilaciones de presión procedentes de la alimentación pulsatoria por la bomba de alta presión.” (Pág. 21)

Dependiendo de las condiciones, tales como la carga del motor, el módulo de control del motor (ECM) necesita aumentar, reducir o mantener la presión dentro del acumulador (riel). Se aplica diferentes tipos de estrategias de control de presión del riel entre los modelos y motores. En general, el ECM observa la señal del sensor de presión del riel y compara su valor con el valor de presión del riel objetivo.



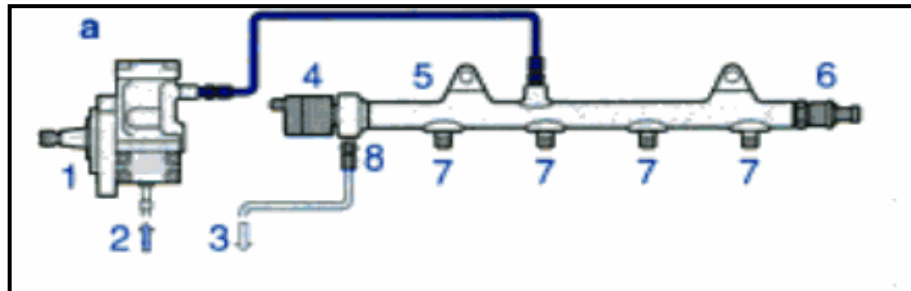
Fuente: KIA MOTORS.

**Figura 2. 18. ESQUEMA DE CONTROL DE PRESIÓN.**

Según el sistema se utilizan diferentes procesos de regulación de la presión.

(Bosch, 2005) “En los sistemas para turismos se regula la presión deseada en el conducto común mediante una válvula reguladora de presión del lado de alta presión (figura 2.20, posición 4). El combustible innecesario para la inyección refluye al circuito de baja presión a través de la válvula reguladora de presión. Esta regulación permite obtener una

rápida adaptación de la presión existente en el conducto común en caso de modificación del momento de servicio, por ejemplo al efectuarse un cambio de carga.



Fuente: BOSCH.

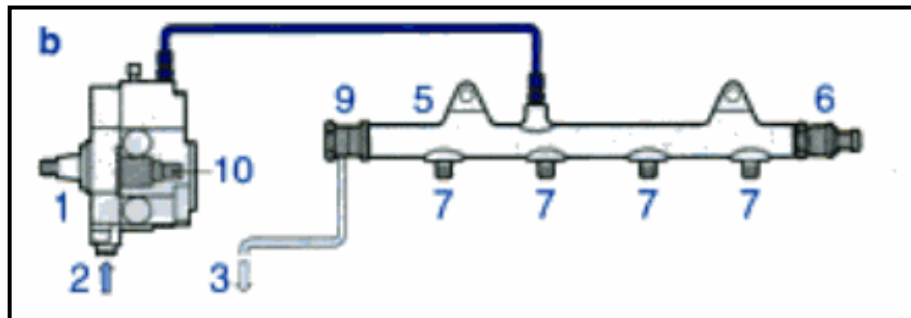
**Figura 2. 19. REGULACIÓN DE PRESIÓN DEL RIEL EN EL LADO DE ALTA PRESIÓN.**

a. Regulación de la presión en el lado de alta presión con válvula reguladora de presión utilizada en turismos.

1. Bomba de alta presión, 2. Alimentación de combustible, 3. Retorno de combustible, 4. Válvula reguladora de presión, 5. Conducto común, 6. Sensor de presión del conducto común, 7. Conexión del inyector, 8. Conexión de retorno de combustible.

Otra probabilidad de regulación de la presión del conducto común consiste en la regulación de caudal del lado de aspiración (figura 2.21). La unidad de dosificación (10) abridada a la bomba de alta presión permite que la bomba suministre al conducto común el caudal de combustible exactamente necesario para mantener la presión de inyección precisa para el sistema. Una válvula limitadora de presión (9) evita que se produzca un incremento inadmisible de la presión del conducto común en caso de avería.

Con la regulación de caudal del lado de aspiración es menor el volumen de combustible a alta presión, y con ello también el consumo de potencia de la bomba. Esto tiene efectos positivos en el consumo de combustible. Al mismo tiempo se reduce la temperatura del combustible devuelto al depósito de combustible en comparación con la de la regulación en el lado de alta presión.



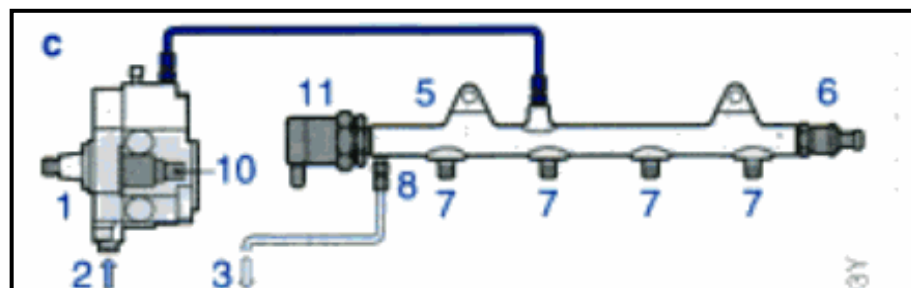
Fuente: BOSCH.

**Figura 2. 20. REGULACIÓN DE CAUDAL DEL LADO DE ASPIRACIÓN.**

b. Regulación de la presión en el lado de aspiración con unidad de dosificación (para turismos y vehículos industriales) abridada a la bomba de alta presión.

1. Bomba de alta presión, 2. Alimentación de combustible, 3. Retorno de combustible, 6. Sensor de presión del conducto común, 7. Conexión del inyector, 9. Válvula limitadora de presión, 10. Unidad de dosificación.

El sistema de doble regulación (figura 2.22), con la regulación de la presión en el lado de aspiración mediante la unidad de dosificación y la regulación en el lado de alta presión mediante la válvula reguladora de presión, combina las ventajas de la regulación en el lado de alta presión y la regulación de caudal en el lado de aspiración.” (Pág. 6 – 7)



Fuente: BOSCH.

**Figura 2. 21. SISTEMA DE DOBLE REGULACIÓN DE PRESIÓN DEL RIEL.**

c. Regulación de la presión en el lado de aspiración con unidad de dosificación y regulación adicional con válvula reguladora de presión (para turismos).

1. Bomba de alta presión, 2. Alimentación de combustible, 3. Retorno de combustible, 6. Sensor de presión del conducto común, 7. Conexión del inyector, 8. Conexión de retorno de combustible, 10. Unidad de dosificación, 11. Válvula reguladora de presión.

### 2.6.7. INYECTORES

(Bosch, 2005) “En el sistema de inyección diesel Common Rail, los inyectores están conectados al conducto común mediante tuberías de combustible de alta presión de escasa longitud. El estanqueizado de los inyectores hacia la cámara de combustión se lleva a cabo mediante una arandela estanquizante de cobre. Los inyectores van montados en la culata mediante elementos de fijación. Los inyectores Common Rail son adecuados para su montaje recto/ oblicuo, según la versión de los inyectores, en los motores diesel de inyección directa. La característica del sistema es la generación de la presión de inyección independientemente del número de revoluciones del motor y del caudal de inyección. El comienzo de inyección y el caudal de inyección se controlan mediante el inyector activado eléctricamente. El momento de inyección se controla con el sistema ángulo – tiempo de la regulación electrónica diesel. Para ello se precisan dos sensores del número de revoluciones, montados uno en el cigüeñal y otro en el árbol de levas para la identificación de los cilindros (identificación de fases).

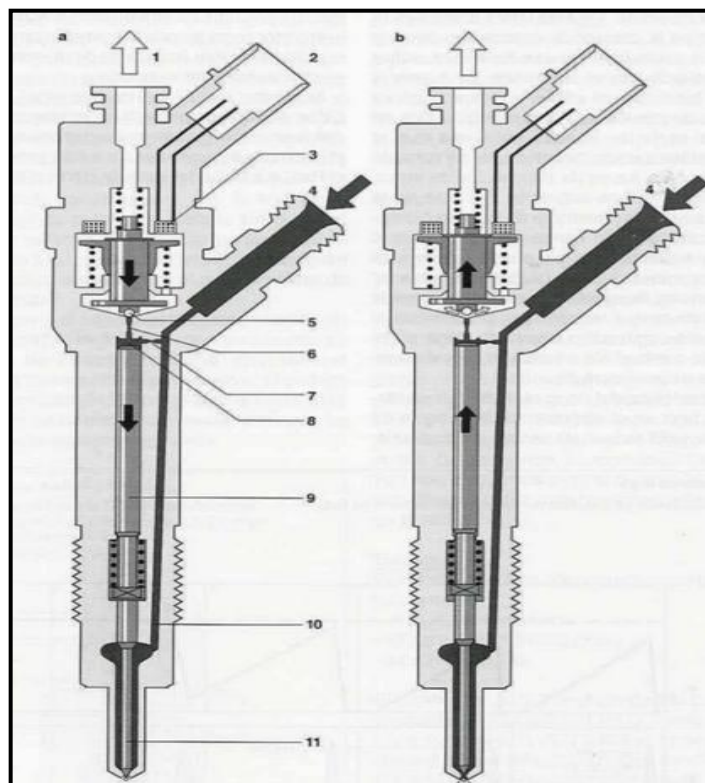
La disminución de las emisiones de gases de escape y la reducción permanente del nivel de ruidos de los motores diesel exige una preparación de la mezcla óptima, por lo que a los inyectores se les exige caudales de preinyección e inyecciones múltiples muy pequeñas.” (Pág. 28)

El inyector puede dividirse en distintos bloques funcionales: el inyector de orificios (toberas), el servosistema hidráulico y la electroválvula.

(Bosch, 1999) “El combustible es conducido desde el empalme de alta presión (4), a través de un canal de afluencia (10) hacia el inyector, así como a través del estrangulador de afluencia (7), a la cámara de

control de válvula (8). La cámara de control de válvula está unida con el retorno de combustible (1), a través del estrangulador de salida (6) que puede abrirse por una electroválvula.

Cuando el estrangulador de salida está cerrando predomina la fuerza hidráulica sobre le émbolo de control de válvula (9), respecto a la fuerza sobre el talón de presión de la aguja del inyector (11). Como consecuencia, la aguja del inyector es presionada contra su asiento y cierra herméticamente el canal de alta presión hacia el motor. De esta forma no puede entrar el combustible en la cámara de combustión.



Fuente: BOSCH.

Figura 2. 22. INYECTOR.

a. Inyector cerrado (estado de reposo), b. Inyector abierto (inyección).

1. Retorno de combustible, 2. Conexión eléctrica, 3. Unidad de activación (electroválvula),

4. Afluencia de combustible (alta presión) del riel, 5. Bola de válvula, 6. Estrangulador de salida, 7. Estrangulador de entrada, 8. Cámara de control de válvula, 9. Émbolo de control de válvula, 10. Canal de afluencia hacia el inyector, 11. Aguja del inyector.

Al activarse la electroválvula se abre el estrangulador de salida. De esta forma disminuye la presión en la cámara de control de válvula y con ello también la fuerza hidráulica sobre el émbolo de control de válvula. En cuanto la fuerza hidráulica es inferior a la fuerza sobre el talón de presión de la aguja del inyector, se abre la aguja del inyector, de forma que el combustible pueda entrar en la cámara de combustión a través de los orificios de inyección.

Esta activación indirecta de la aguja del inyector mediante un sistema hidráulico amplificador de fuerza, se aplica porque con la electroválvula no pueden generarse directamente las fuerzas necesarias para abrir rápidamente la aguja del inyector. El llamado caudal de control requerido adicionalmente al caudal de combustible inyectado, llega al retorno de combustible a través de los estranguladores de la cámara de control. Además del caudal de control existen caudales de fuga en el alojamiento de la aguja del inyector y del émbolo de válvula. Estos caudales de control y de fugas se conducen otra vez al depósito de combustible, a través del retorno de combustible con una tubería colectiva a la que están acopladas también la válvula de descarga, la bomba de alta presión y la válvula reguladora de presión.” (Pág. 25).

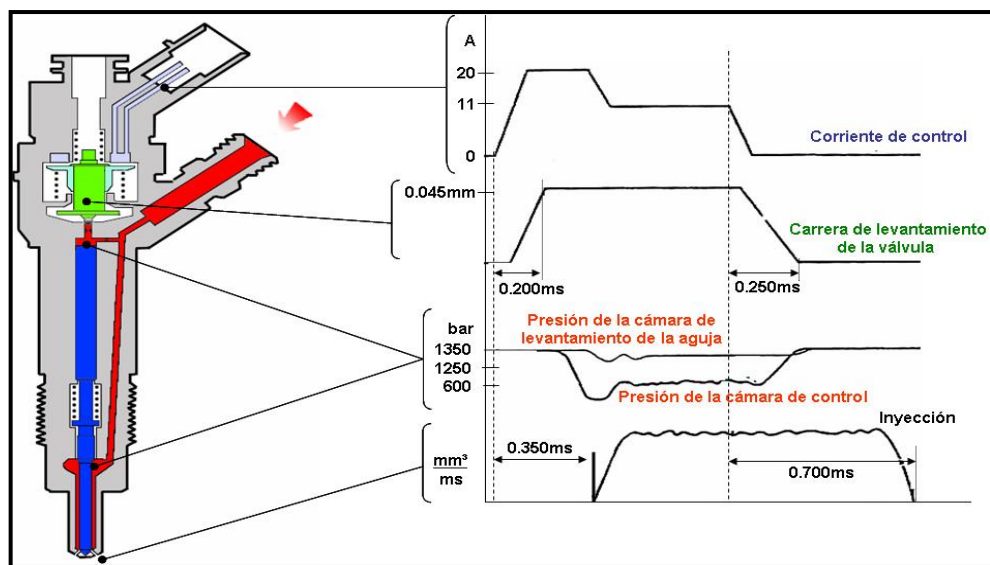
Un circuito de control de corriente divide el tiempo de energización (tiempo de inyección) en la fase de captación de corriente y la fase de retención. Este debe funcionar tan precisamente que para que el inyector garantice inyección bajo todas las condiciones de funcionamiento, adicionalmente este debe reducir la pérdida de potencia en el ECM y los inyectores. El funcionamiento de los inyectores puede dividirse en cuatro estados con el motor funcionando y la bomba de alta presión generando presión. Estos estados de funcionamiento resultan de la distribución de fuerzas aplicadas a los componentes del inyector. Con el motor en reposo y sin presión en el riel, el resorte de la tobera cierra el inyector.

(Kia Motors, 2012) “En estado de reposo, la válvula solenoide no está energizada y por lo tanto está cerrada. Con el orificio de descarga cerrado, el resorte de la válvula fuerza la bola del cuerpo contra el asiento del orificio de descarga. La alta presión del riel se produce en la cámara de la válvula de control y la misma presión también se aplica en la cámara de volumen de la tobera. La presión del riel aplicada en el extremo del vástago de control, junto con la fuerza en el resorte de la tobera, mantienen la tobera en la posición cerrada contra la fuerza de apertura aplicada en su etapa de presión.” (Pág. 33)

(Kia Motors, 2012) “El inyector está en su posición de reposo. La válvula solenoide es energizada con la corriente de captación la que sirve para asegurar que este abra rápidamente. La fuerza ejercida por el solenoide activado ahora excede la del resorte de la válvula y el inducido abre el orificio de descarga. Casi inmediatamente, el alto nivel de la corriente de captación se reduce a una corriente extensa de retención requerida para el electroimán. Esto es posible debido a que la separación del circuito magnético ahora es menor. Cuando se abre el orificio de drenaje, el combustible puede fluir desde la cámara de la válvula de control a la cavidad situada sobre ella y desde ahí al tanque a través de la línea de retorno. El orificio de descarga previene el balance completo de presión y la presión en la cámara de la válvula de control es absorbida como resultado. Esto conduce a que la presión en la cámara de la válvula de control sea inferior que la de la cámara de la tobera que está todavía al mismo nivel de presión del riel. La reducción de presión en la cámara de la válvula de control provoca una reducción en la fuerza ejercida en el vástago de control, como resultado se abre la aguja de la tobera y comienza la inyección. La velocidad de apertura de la aguja es determinada por la diferencia en la relación de flujo a través de los orificios de descarga y alimentación. El vástago de control alcanza su tope



máximo si permanece soportado por una almohadilla de combustible que se genera por el flujo de combustible entre los orificios de descarga y alimentación. La tobera del inyector ahora está completamente abierta y el combustible es inyectado en la cámara de combustión a una presión casi igual que la del riel de combustible. La distribución de fuerza en el inyector es similar a la que existe durante la fase de inyección.” (Pág. 33)



Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 23. FUNCIONAMIENTO DEL INYECTOR – ESTADOS DE SERVICIO.

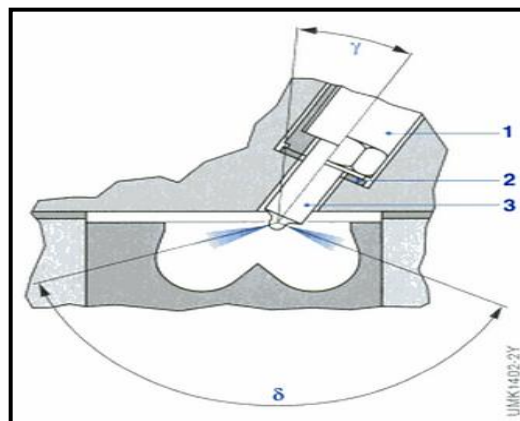
(Kia Motors, 2012) “Tan pronto como la válvula solenoide se desactiva, el resorte de la válvula fuerza el inducido hacia abajo y la bola cierra el orificio de descarga. El inducido tiene un diseño de dos piezas. Aquí, aunque la placa del inducido es guiada por un soporte conductor en su movimiento hacia abajo esta puede “aumentar la presión” con el resorte de retorno de forma que este no ejerce una fuerza de acción hacia abajo en el inducido y la bola. El cierre del orificio de descarga lleva a una producción de presión en la cámara de control a través de la entrada desde el orificio de alimentación. Esta es la misma presión que la del riel y ejerce un incremento de fuerza en el vástago de control a través de su cara del extremo. Esta fuerza, junto con la del resorte, ahora excede la

fuerza ejercida por el volumen de la cámara y la aguja de la tobera se cierra. La velocidad de cierre de la aguja este determinada por el flujo a través del orificio de alimentación. La inyección cesa tan pronto como la aguja de la tobera vuelve contra su tope inferior nuevamente.” (Pág. 34)

Estos estados de servicio se producen por la distribución de fuerzas en los componentes. Si el motor no está en marcha y falta presión en el riel, el muelle del inyector cierra el inyector.

Las toberas de inyección se montan en los inyectores Common Rail. De esta forma, los inyectores Common Rail asumen la función de los porta inyectores. Las toberas deben estar adaptadas esmeradamente a las condiciones presentes en el motor. Para motores de inyección directa en combinación con el sistema.

(Bosch, 2005) “La posición de montaje es determinada generalmente por el diseño del motor. Los agujeros de inyección dispuestos bajo diferentes ángulos tienen que estar orientados en forma idónea respecto a la cámara de combustión.



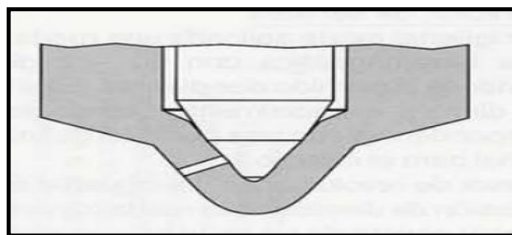
Fuente: BOSCH.

**Figura 2. 24. POSICIÓN DEL INYECTOR DE ORIFICIOS EN LA CÁMAR DE COMBUSTIÓN.**

$\gamma$ . Inclinación,  $\delta$ . Ángulo de conicidad de la inyección, 1. Porta inyector o inyector, 2. Arandela estanqueizante, 3. Inyector de orificios.

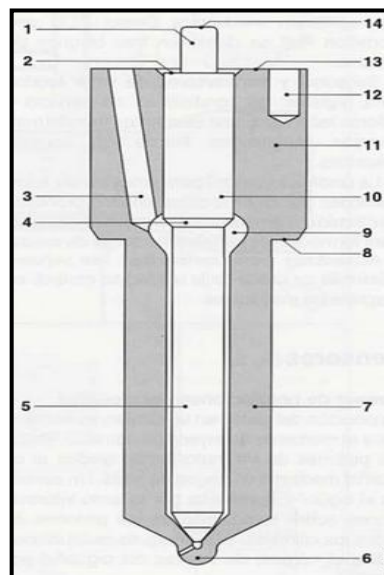
Los inyectores de orificios se dividen en inyectores de orificios ciegos e inyectores de orificios en asiento.

Además, los inyectores de orificios se distinguen por su tamaño constructivo entre: modelo P, con un diámetro de aguja de 4 mm (inyectores de orificios ciegos y de orificios en asiento), o modelo S, con un diámetro de aguja de 5 y 6 mm (inyectores de orificios ciegos para motores grandes).” (Pág. 52)



Fuente: BOSCH.

Figura 2. 25. TOBERA DEL TIPO – TALADRO DE ASIENTO.



Fuente: BOSCH.

Figura 2. 26. TOBERA DEL TIPO – TALADRO CIEGO.

1. Espiga de presión, 2. Superficie tope de carrera, 3. Taladro de afluencia, 4. Reborde de apoyo de presión, 5. Vástago de aguja, 6. Casquete del inyector, 7. Vástago del cuerpo del inyector, 8. Reborde del cuerpo de inyector, 9. Cámara de presión, 10. Guía de aguja, 11. Unidad combinada de cuerpo de fijación, 12. Taladro de fijación, 13. Superficie estanqueizante, 14. Apoyo del perno de presión.

(Kia Motors, 2011) “En los vehículos KIA a partir de la introducción del nuevo SPORTAGE (KM) con turbocargador de geometría variable (VGT), se incorporaron inyectores graduados. Este tipo de inyectores tiene la ventaja que reducen la desviación de inyección de combustible, mejorando de esta forma el ruido, vibración, aspereza (NVH) y emisiones. Téngase en consideración que se están usando diferentes variedades de inyectores graduados (EURO 2, EURO 3, EURO 4). El grado esta estampado en la parte superior del solenoide del inyector así como el procedimiento de programación varía entre los sistemas.

**Inyectores marcados X, Y, Z:** Se usan tres diferentes tipos de inyectores graduados: X, Y y Z. Cuando se reemplaza un inyector, simplemente se debe escoger un tipo de inyector del mismo grado al previo. En cualquier caso debe mantenerse la tabla de combinación mencionada. No importa en qué cilindro se instalan los inyectores con diferentes grados.

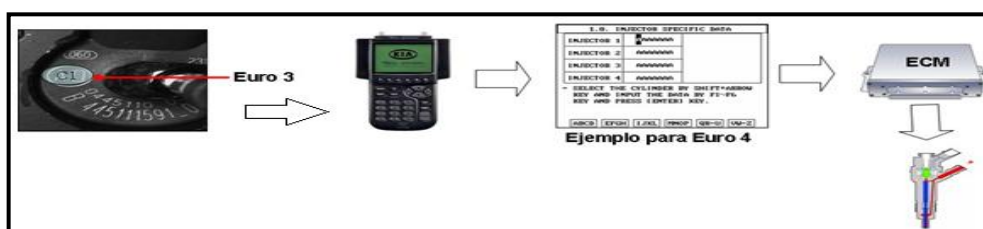


Combinación	Inyector Graduado			Notas
	X	Y	Z	
Caso 1	0	4	0	 <p><b>Nota:</b> Se requiere un mínimo de dos inyectores grado Y</p>
Caso 2	1	3	0	
Caso 3	0	3	1	
Caso 4	1	2	1	
Caso 5	2	2	0	
Caso 6	0	2	2	

Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 27. INYECTORES MARCADOS CON X, Y, Z.

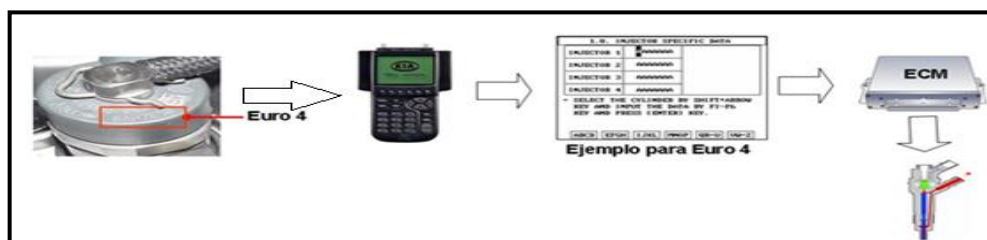
**Inyectores marcados C1, C2, C3:** En este caso se requiere el escáner del vehículo (HI-SCAN pro o GDS) para programar los datos del inyector en el Módulo de Control del Motor (ECM).



Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 28. INYECTORES MARCADOS CON C1, C2 Y C3.

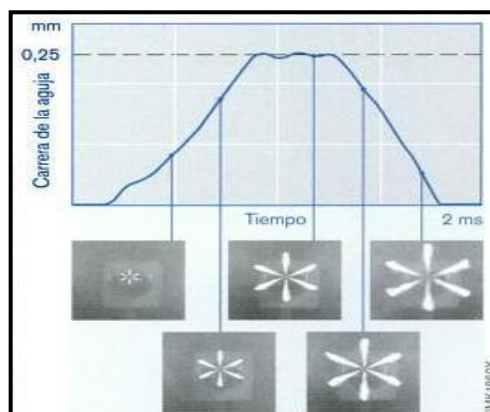
**Inyectores marcados con letras y dígitos:** En este caso se requiere el escáner del vehículo (HI-SCAN pro o GDS) para programas los datos del inyector en el Módulo de Control del Motor (ECM).” (Pág. 78)



Fuente: KIA MOTORS.

**Figura 2. 29. INYECTORES MARCADOS CON LETRAS Y DÍGITOS.**

(Bosch, 2005) “Como norma general, el chorro de inyección de los motores de los turismos es largo y estrecho, ya que estos motores generan una elevada turbulencia en la cámara de combustión. En los motores de los vehículos industriales existe mucha menos turbulencia, por lo que el chorro es más corto y ancho. Los chorros de inyección no deben impactar unos con otros, ni siquiera en caso de existir una gran turbulencia, ya que de lo contrario se inyectaría combustible en los sectores en los cuales ya se hubiera producido una combustión, pobres en aire. Esto originaría una fuerte generación de hollín.” (Pág. 55)



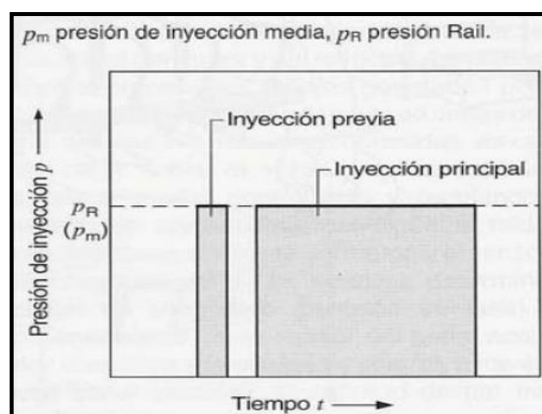
Fuente: Bosch.

**Figura 2. 30. REGISTRO DE LA VELOCIDAD MÁXIMA DEL DESARROLLO DE LA INYECCIÓN DE UN INYECTOR DE ORIFICIOS DE TURISMO.**

(Kia Motors, 2011) “El módulo de control del motor (ECM) calcula la masa de combustible correspondiente al torque del motor requerido usando matrices y tablas. Midiendo la temperatura del combustible, el ECM corregirá la diferencia de densidad entre el combustible frío y caliente. El resultado es la masa de combustible que será agregada o reducida al motor para la combustión. El valor es convertido desde masa de combustible a cantidad de combustible (volumen de combustible). Este valor es entonces transferido a la función de equilibrio del cilindro donde es compensada agregando o restando combustible.” (Pág. 95)

El volumen / combustión del combustible es convertido en tiempo, durante el cual el inyector debe estar abierto dependiendo del flujo del inyector y la presión diferencial predominante. La presión en el riel se mide con el sensor de presión del riel.

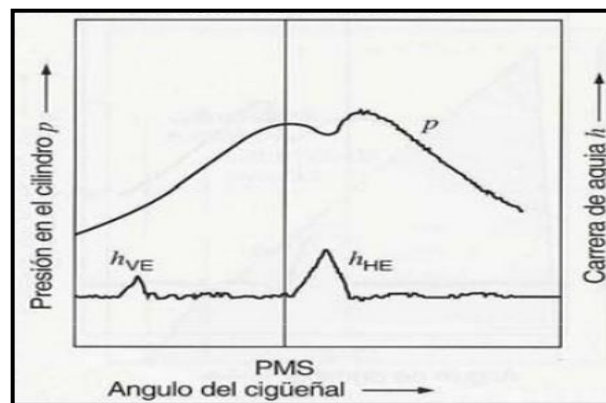
(Bosch, 1999) “La inyección previa puede estar adelantada respecto al punto muerto superior, hasta  $90^\circ$  del cigüeñal. No obstante, para un comienzo de inyección de la inyección previa más avanzado de  $40^\circ$  del cigüeñal antes del PMS, el combustible puede incidir sobre la superficie del pistón y la pared del cilindro, conduciendo a una dilución inadmisibles del aceite lubricante.



Fuente: BOSCH.

**Figura 2. 31. DESARROLLO DE INYECCIÓN EN LA INYECCIÓN CON COMMON RAIL.**

En la inyección previa se aporta al cilindro un pequeño caudal de combustible Diesel (1- 4 mm<sup>3</sup>), que origina un acondicionamiento previo de la cámara de combustión, pudiendo mejorar el grado de rendimiento de la combustión y consiguiendo los siguientes efectos: La presión de compresión aumenta ligeramente mediante una reacción previa o combustión parcial, con lo cual se reduce el aumento de la presión de combustión y las puntas de presión de combustión (combustión más suave). Estos efectos reducen el ruido de combustión, el consumo de combustible y, en muchos casos las emisiones.” (Pág. 9)



Fuente: BOSCH.

**Figura 2. 32. CARRERA DE AGUJA DEL INYECTOR Y DESARROLLO DE PRESIÓN CON INYECCIÓN PREVIA.**

$h_{VE}$  : Carrera de aguja, inyección previa.

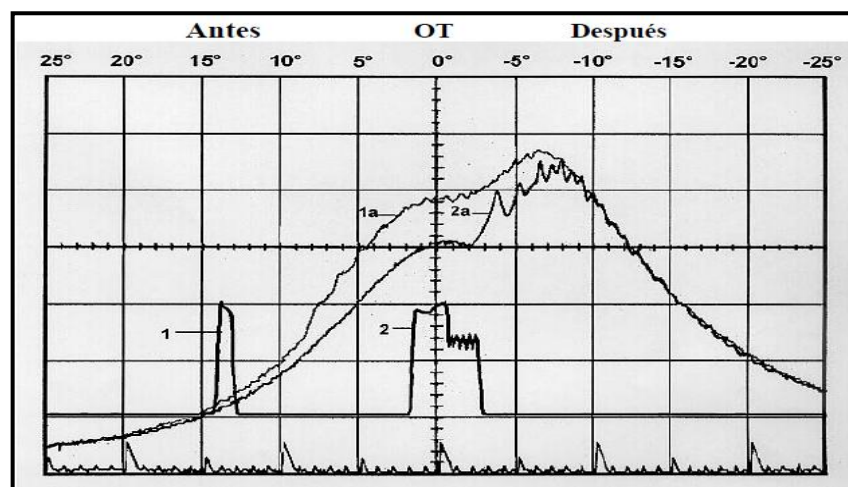
$h_{HE}$  : Carrera de aguja, inyección principal.

(Bosch, 1999) “Con la inyección principal se aporta la energía para el trabajo realizado por el motor. Asimismo es responsable esencialmente de la generación del par motor. En el sistema de inyección de acumulador se mantienen casi inalterada la magnitud de la presión de inyección durante todo el proceso de inyección.

La inyección posterior puede aplicarse para la dosificación de medios reductores (aditivos del combustible) en una determinada variante

del catalizador NOx. La inyección posterior sigue a la inyección principal durante el tiempo de expansión o de expulsión, hasta 200° del cigüeñal después del PMS. Esta inyección introduce en los gases de escape una cantidad de combustible exactamente dosificada.

Contrariamente a la inyección previa y principal, el combustible no se quema sino que se evapora por calor residual de los gases de escape.”  
(Pág. 10)



Fuente: KIA MOTORS.

**Figura 2. 33. CÁLCULO DE LA INYECCIÓN.**

1. Pre-inyección, 2. Inyección principal.

1a. Presión de combustible con pre-inyección, 2a. Presión de combustible sin pre-inyección.

## 2.7. CONTROL ELECTRÓNICO DIESEL PARA RIEL COMÚN

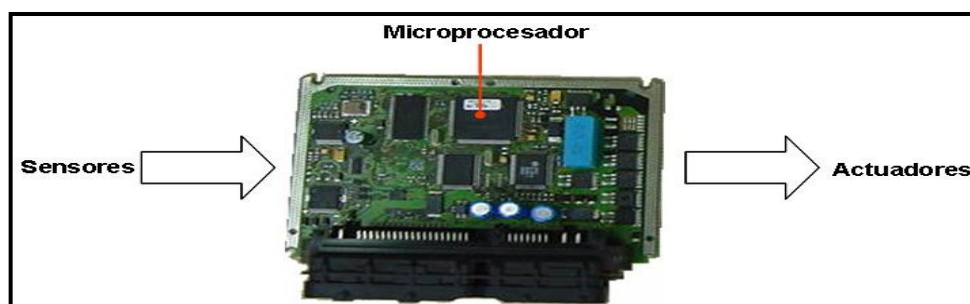
El sistema de control electrónico diesel para riel común está formado por tres bloques principales:

### 2.7.1. MÓDULO DE CONTROL DEL MOTOR (ECM)

El sistema de inyección directa con riel común es controlado por el módulo de control del motor (ECM).



(Bosch, 2003) “Las unidades de control desarrolladas para su utilización en los vehículos están estructuradas de forma similar. Su estructura puede subdividirse en: la elaboración de las señales de entrada, su procesamiento lógico en el micro-ordenador y la preparación de los niveles de lógica o de potencia como señales de regulación o de control”. (Pág. 1065)



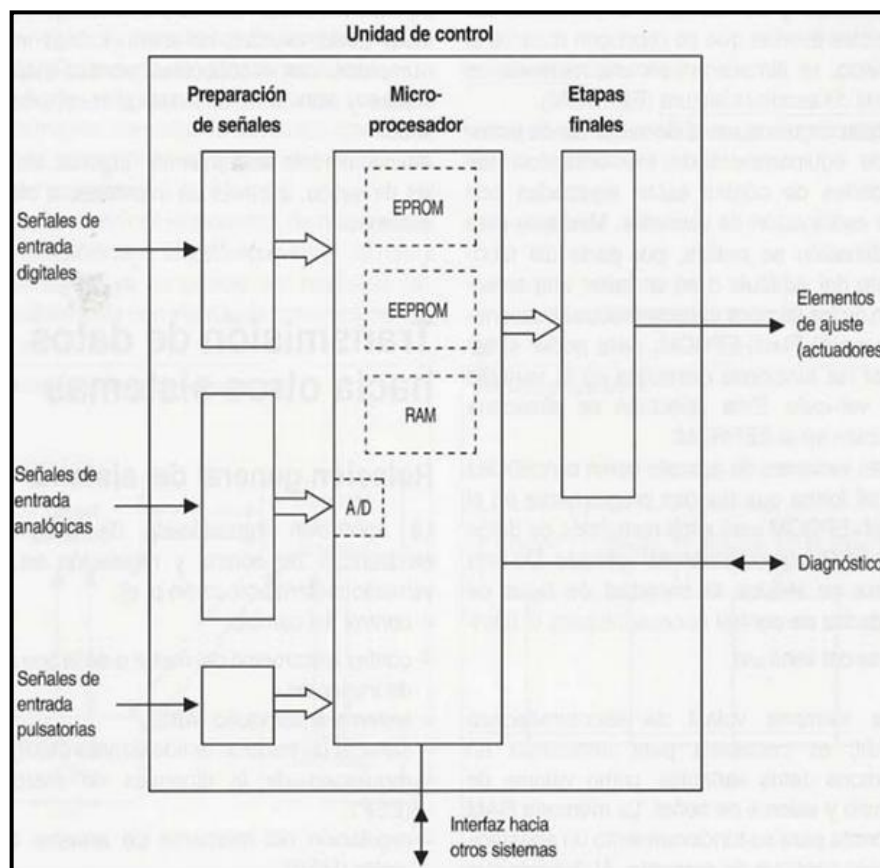
Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 34. MÓDULO DE CONTROL DEL MOTOR.

El Módulo de Control del Motor (ECM) tiene cuerpo metálico. Los sensores, actuadores y suministro de energía están conectados al ECM mediante un conector de terminales multipolar. Los componentes de energía que activan directamente los actuadores están integrados en el ECM de tal manera que ellos pueden disipar de manera eficiente su temperatura al cuerpo del ECM.

(Kia Motors, 2011) “El Módulo de Control del Motor (ECM) evalúa las señales recibidas desde los sensores externos y las limita a un nivel de voltaje permisible. Con los datos de entrada y con los mapas característicos almacenados, el microprocesador del ECM calcula la cantidad y tiempo de inyección. Las señales de salida desde el microprocesador del ECM se utilizan para controlar las etapas de conducción que suministran la energía apropiada para conmutar los actuadores que controlan la presión del riel y cambiar el interruptor a OFF. Adicionalmente, son accionados los actuadores para el funcionamiento

del motor (por ejemplo el actuador EGR, relé para bomba eléctrica de combustible, etc.), así como para aquellas otras funciones auxiliares tales como el relé de bujías incandescentes o del aire acondicionado.” (Pág. 67)



Fuente: BOSCH.

Figura 2. 35. PROCESAMIENTO DE SEÑALES EN LA UNIDAD DE CONTROL.

(Kia Motors, 2011) “El ECM evalúa las señales recibidas desde los sensores y las limita aún nivel de voltaje permisible. La seguridad específica y la respuesta altamente dinámica del motor demanda altos niveles de potencial computacional.

Las señales de salida desde el microprocesador del ECM se usan para activar las etapas de los conductores que proporcionan la energía adecuada para activar los actuadores para el control de presión del riel.

Adicionalmente se accionan los actuadores para el funcionamiento del motor tales como el actuador EGR, el actuador de presión del turbo, bomba eléctrica de combustible, etc.” (Pág. 89)

(Bosch, 2005) “La unidad de control del motor registra la posición del pedal acelerador y el estado de servicio actual del motor y del vehículo con ayuda de los sensores. Estos sensores se encargan de medir, entre otras cosas: el ángulo y número de revoluciones del cigüeñal, la presión existente en el conducto común, la presión de sobrealimentación, la temperatura del aire de admisión, del líquido refrigerante y del combustible, la masa de aire aspirada, la velocidad de marcha, etc.

La unidad de control evalúa las señales de entrada y calcula de forma sincronizada con la combustión las señales de activación para la válvula reguladora de presión o la unidad de dosificación, los inyectores y los restantes elementos de regulación”. (Pág. 8)

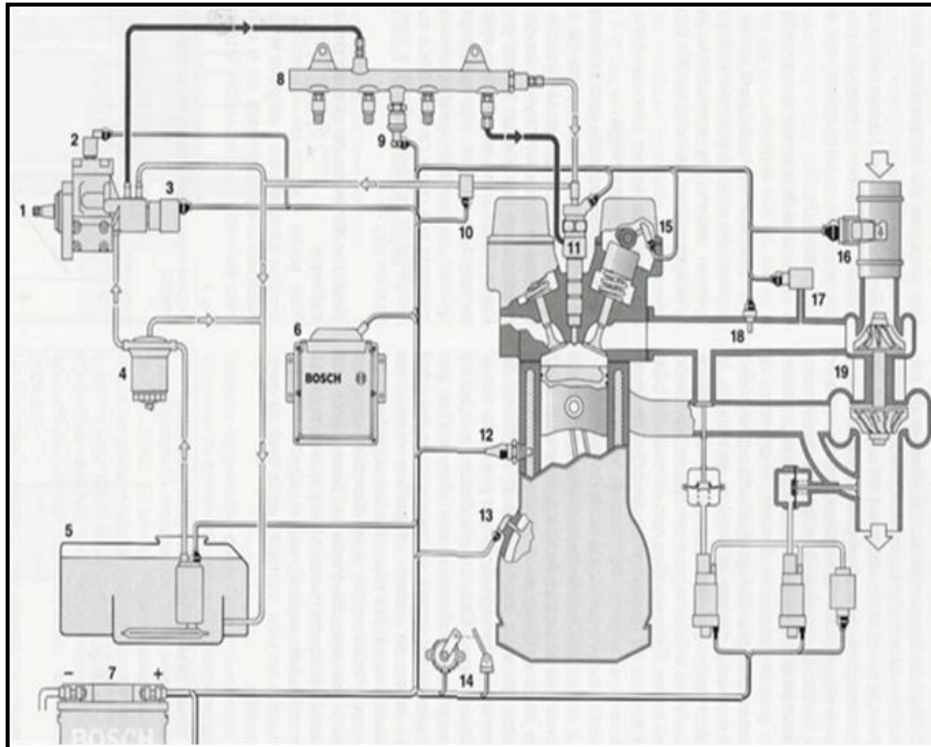
## **2.7.2. SENSORES**

Estos son los encargados de convertir una variedad de parámetros físicos (temperatura, posición, etc.) en señales eléctricas que ingresan al modulo de control del motor para su procesamiento.

### **a. SENSOR DEL PEDAL DEL ACELERADOR - APS**

(Kia Motors, 2003) “En contraste con la distribución convencional y las bombas de inyección en línea, con el control electrónico diesel la aceleración requerida por el conductor ya no se trasmite directamente a la bomba de inyección a través de cable o varillaje mecánico, sino que es registrada por un sensor del pedal del acelerador y transmitida luego al ECM.

(Kia Motors, 2012) “Dependiendo del sistema y modelo aplicado, se utilizan diferentes tipos de sensores de pedal de acelerador. Estos tipos son referidos como conjunto sensor o módulo. El rol principal del APS es medir la posición del pedal del acelerador. Es del tipo potenciómetro con dos resistencias.



Fuente: BOSCH.

**Figura 2. 36. SENSORES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN COMMON RAIL.**

1. Bomba de alta presión, 2. Válvula de desconexión del elemento, 3. Válvula reguladora de presión, 4. Filtro de combustible, 5. Depósito de combustible con filtro previo y bomba previa, 6. Unidad de control, 7. Batería, 8. Acumulador de alta presión (riel), 9. Sensor de presión del riel, 10. Sensor de temperatura del combustible, 11. Inyector, 12. Sensor de temperatura del líquido refrigerante, 13. Sensor de revoluciones del cigüeñal, 14. Sensor del pedal acelerador, 15. Sensor de revoluciones del árbol de levas, 16. Medidor de masa de aire, 17. Sensor de presión de sobrealimentación, 18. Sensor de temperatura del aire aspirado, 19. Turbocompresor.

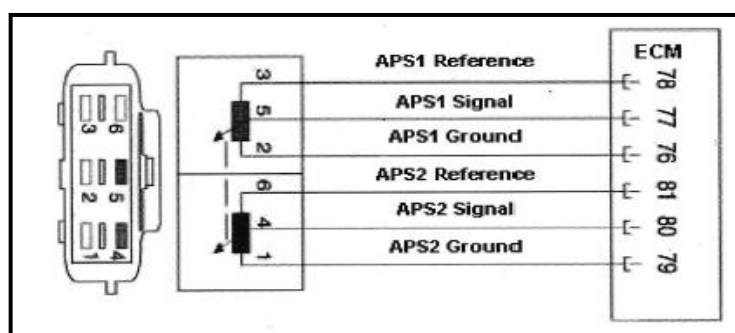
El sensor de posición contiene dos potenciómetros que varían el voltaje de entrada al módulo de control basado en la posición del ángulo

del eje del sensor. Los patines colectores están montados en el eje del sensor de posición y se mueven sobre las resistencias trazadas en relación con los movimientos de eje. Hay dos potenciómetros diferentes para asegurar que la información del sensor sea precisa.

**Tabla 2. 3. VALORES PROMEDIO DE SALIDA APS 1 Y APS 2**

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

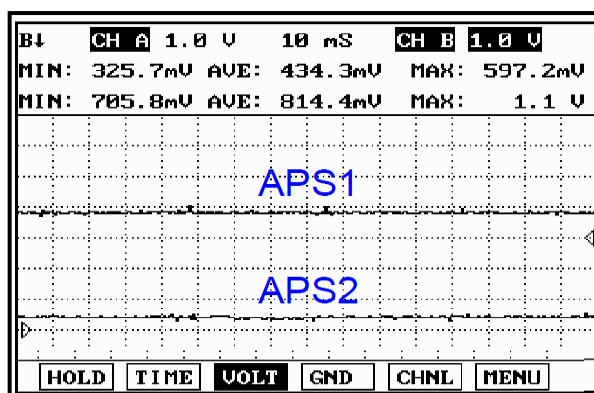
Fuente: KIA MOTORS.



Fuente: KIA MOTORS.

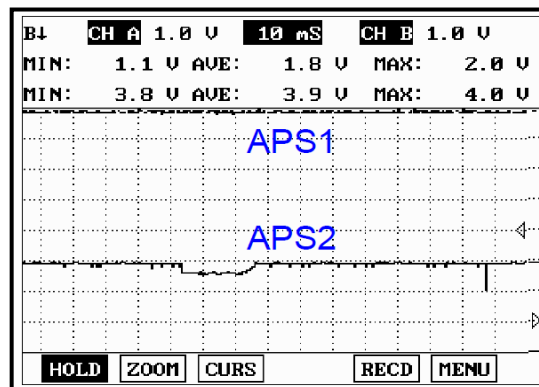
**Figura 2. 37. DISTRIBUCIÓN DE PINES APS 1 Y APS2.**

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



Fuente: KIA MOTORS.

**Figura 2. 38. FORMA DE ONDA BAJO CONDICIONES DE RALENTÍ.**



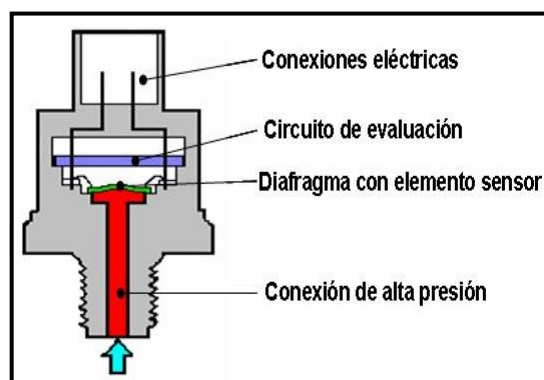
Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 39. FORMA DE ONDA BAJO CONDICIONES DE CARGA.

## b. SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL - RPS

(Kia Motors, 2012) “Con el fin de suministrar una señal de voltaje al ECM que corresponda a la presión aplicada, el sensor de presión del riel debe medir la presión instantánea en el riel con adecuada precisión y lo más rápido posible.

El combustible fluye hacia el sensor de presión del riel a través de una abertura en el riel y al extremo, el que esta sellado por el diafragma del sensor.

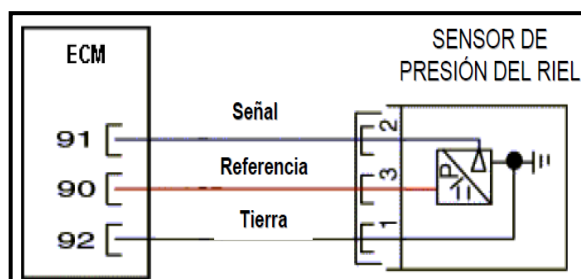


Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 40. ESQUEMA DE PARTES DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL (RPS).

El combustible presurizado alcanza al sensor del diafragma a través de un orificio ciego. El elemento sensor (dispositivo semiconductor)

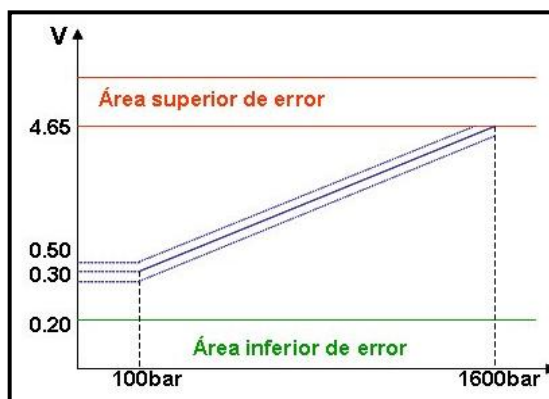
para convertir la presión en una señal eléctrica está montado en este diafragma. La señal generada por el sensor es ingresada al circuito de evaluación que la amplifica y envía la señal al ECM.



Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 41. DISTRIBUCIÓN DEL PINES DEL RPS.

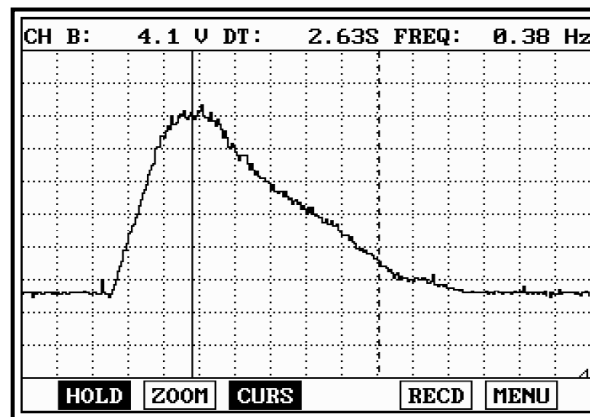
Cuando cambia la forma de diafragma, la resistencia eléctrica de las capas acopladas al diafragma también cambian. El cambio en la forma que resulta de la generación de presión en el sistema, cambia la resistencia eléctrica y provoca un cambio de voltaje a través del puente de resistencia de 5V.



Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 42. GRÁFICA VOLTAJE VS PRESIÓN DEL RPS.

Este cambio de voltaje está en el rango de 0 a 70 mV (dependiendo de la presión) y es amplificado por el circuito de evaluación de 0.5V a 4.5V. Si el sensor de presión del riel falla, la válvula de control de presión puede ser activada (cerrada) utilizando una función de emergencia (modo a prueba de fallas) y fija los valores o se detiene el motor.” (Pág. 16)

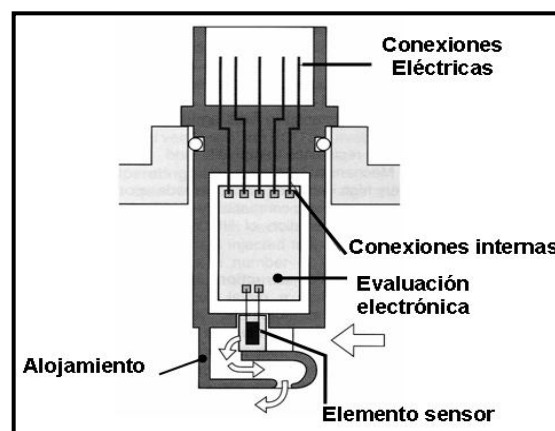


Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 43. FORMA DE ONDA DEL RPS.

### c. SENSOR DE FLUJO DE MASA DE AIRE - MAF (Tipo lámina caliente)

(Kia Motors, 2012) “La principal tarea del sensor de masa de aire (MAF) es medir el flujo de aire al motor y la temperatura del aire. El medidor de flujo es del tipo láminas con resistores sensibles a la temperatura, posee una unidad de medición ubicada en el centro del ducto de aire. Una pequeña porción de aire de admisión pasa a través del ducto a un diafragma de silicio, que mide la relación del flujo y la dirección. Una red de resistencias sensibles a la temperatura y una resistencia para el calefactor están grabadas en el diafragma.

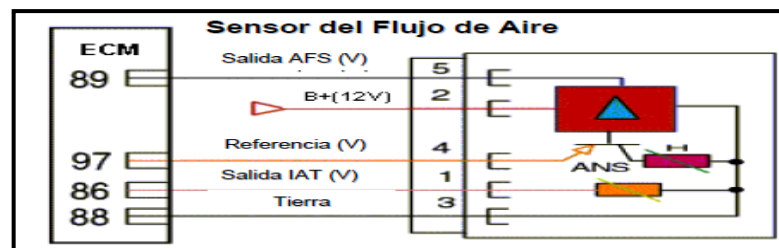


Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 44. ESQUEMA DE PARTES DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE.



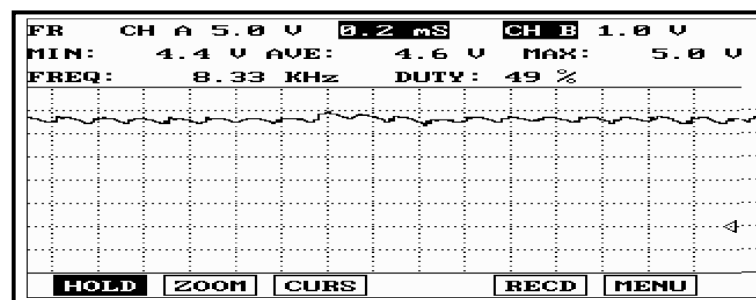
El resistor del calefactor está ubicado en el centro junto con el sensor de temperatura que controla al calefactor. Las resistencias de medición están localizadas simétricamente a cada lado de la zona de calefacción. Si no pasa aire por el diafragma, el calor disminuirá linealmente desde el centro hacia los bordes y todas las resistencias medirán la misma temperatura. Cuando pasa aire por el diafragma, el borde y las resistencias de medición más cercanas a la entrada de aire se enfriarán mientras que las resistencias en el lado opuesto de la zona de calefacción mantendrán su temperatura debido a que el aire se calienta cuando pasa por esta zona. La diferencia en el valor de resistencia es comparada con la lectura del sensor de temperatura en la zona de medición en un amplificador de medición y procesador de la señal.



Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 45. DISTRIBUCIÓN DEL PINES DEL SENSOR MAF.

De esta forma, el sensor de flujo de masa de aire es capaz de determinar la amplitud y la dirección del flujo de aire. La temperatura del aire de admisión se mide con un resistor NTC y es utilizada por el ECM para ejecutar la corrección del control EGR y cantidad de inyección de combustible.” (Pág. 14)

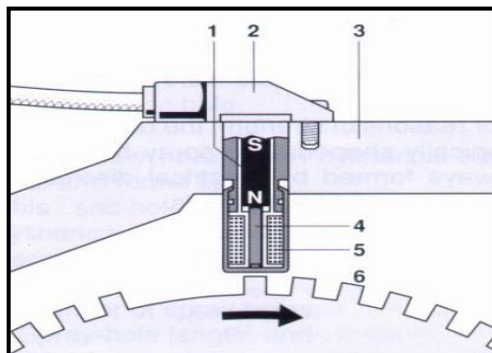


Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 46. FORMA DE ONDA DEL SENSOR DE FLUJO DE AIRE.

#### d. SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL - CKP

(Kia Motors, 2012) “La posición del pistón en la cámara de combustión es decisiva para definir el inicio de la inyección. Un sensor en el cigüeñal suministra información sobre la posición de todos los pistones.

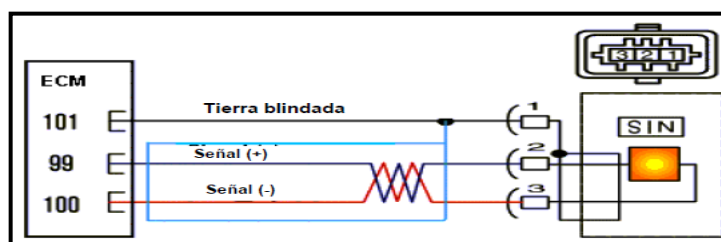


Fuente: KIA MOTORS.

**Figura 2. 47. ESQUEMA DE PARTES DEL SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL (CKP).**

1. Imán permanente, 2. Caja, 3. Caja del cigüeñal del motor, 4. Alma de hierro dulce, 5. Bobinado, 6. Rueda dentada.

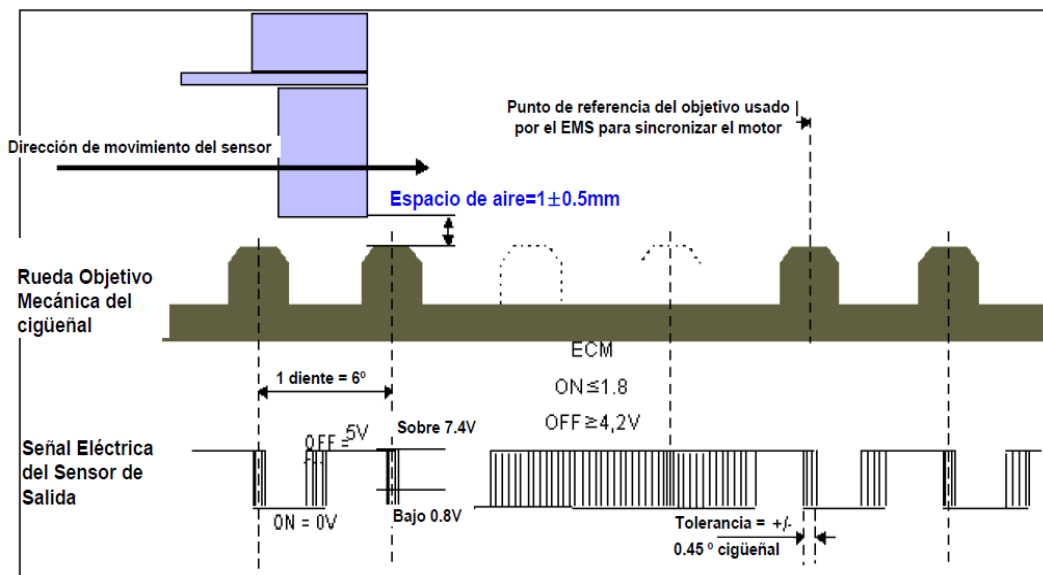
La velocidad de rotación define el número de revoluciones por minuto del cigüeñal. Esta entrada variable importante es calculada en el Módulo de Control del Motor (ECM) utilizando la señal desde el sensor inductivo de posición del cigüeñal (CKP). El CKP registra la secuencia de disparo de los dientes de la rueda dentada. Está formado por un imán permanente y un núcleo de hierro dulce con un embobinado de cobre. El flujo magnético en el sensor cambia en la medida que pasan por el los dientes y las separaciones, generando un voltaje AC sinusoidal.



Fuente: KIA MOTORS.

**Figura 2. 48. DISTRIBUCIÓN DEL PINES DEL SENSOR CKP.**

Para el cálculo de la velocidad del motor, el CKP determina la relación angular (configurada) entre los pistones, tal que dos vueltas completas ( $720^\circ$ ) deben transcurrir antes de comenzar un nuevo ciclo de trabajo en el cilindro 1.



Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 49. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DEL MOTOR.

Los pistones están configurados uniformemente unos respecto de los otros, esto significa que el espacio angular de encendido ( $^\circ$ ) =  $720^\circ$  dividido por el número de cilindros. En un motor de 4 cilindros con una rueda de disparo de 60 dientes, el espacio angular de encendido es  $180^\circ$ , en otras palabras, el sensor de velocidad del cigüeñal debe explorar 30 dientes entre dos ciclos de encendido. El período de tiempo necesario es llamado segmento de tiempo y la velocidad del cigüeñal correspondiente en el segmento de tiempo es la velocidad del motor.” (Pág. 10)

#### e. SENSOR DE POSICIÓN DEL EJE DE LEVAS - CMP

(Kia Motors, 2003) “El eje de levas controla las válvulas de admisión y escape del motor. Gira a la mitad de velocidad del cigüeñal. Cuando un pistón se mueve en dirección del PMS, la posición del eje de

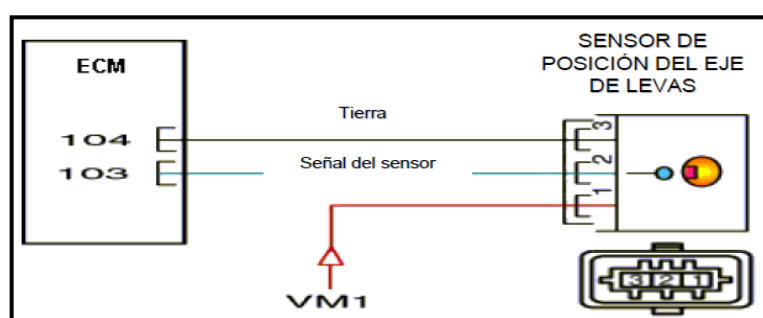
levas determina si está en la fase de compresión con la de encendido subsiguiente o en la fase de escape.



Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 50. SENSOR DE POSICIÓN DEL EJE DE LEVAS - CMP.

Esta información no se puede generar únicamente con el dato de posición del cigüeñal durante la fase de partida. Por otra parte, durante el funcionamiento normal del motor, la información generada por el sensor del cigüeñal basta para determinar el estado del motor. En otras palabras, esto significa que si el sensor del eje de levas fallara mientras se conduce el vehículo, el ECM aún recibe la información sobre el estado del motor desde el sensor del cigüeñal. El sensor del eje de levas utiliza el efecto electromagnético (Hall) al establecer la posición del eje de levas. Un diente de material ferromagnético está unido al eje de levas y gira con él.

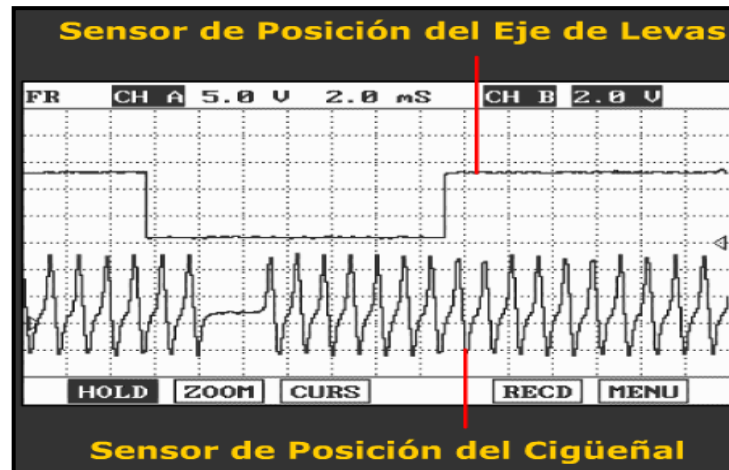


Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 51. DISTRIBUCIÓN DEL PINES DEL CMP.

Cuando este diente pasa frente a los discos semiconductores del sensor del eje de levas, su campo magnético desvía los electrones en los discos semiconductores en ángulos rectos a la dirección de la corriente que fluye a través de los discos.

Esto da como resultado una señal breve de voltaje (voltaje Hall) que informa al ECM que el cilindro nº 1 ha ingresado recién a la fase de compresión.” (Pág. 27)

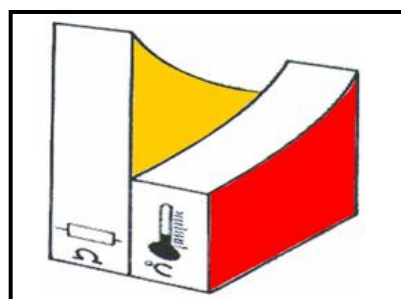


Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 52. FORMA DE ONDA DEL SENSOR CMP Y SENSOR CKP.

#### f. SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR (ECT) Y DEL COMBUSTIBLE (FT)

(Kia Motors, 2012) “Los sensores están equipados con un resistor dependiente de la temperatura con un coeficiente negativo de temperatura (NTC) que es parte de un circuito divisor de voltaje a través del cual se aplican 5V.

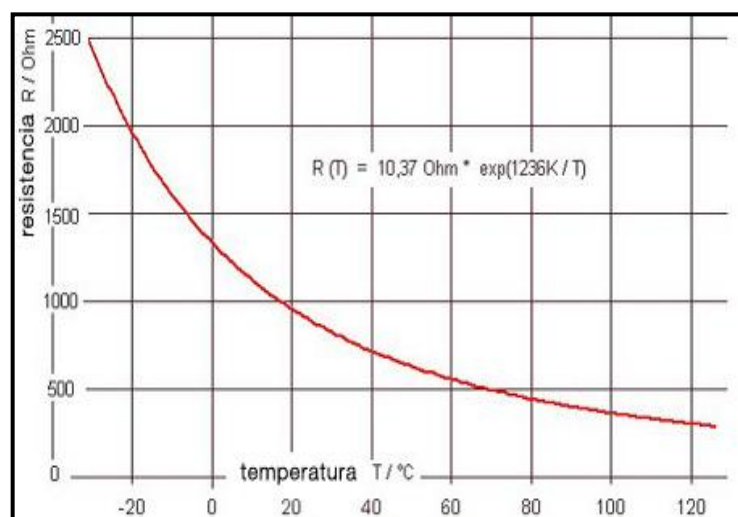


Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 53. COEFICIENTE NEGATIVO DE TEMPERATURA (NTC).

La caída de voltaje a través del resistor es ingresada al Módulo de Control del Motor (ECM) a través de un convertidor análogo a digital

(ADC) y se mide como temperatura. Una curva característica esta almacenada en el microcomputador del ECM, la que define la temperatura como una función del voltaje dado.” (Pág. 12)

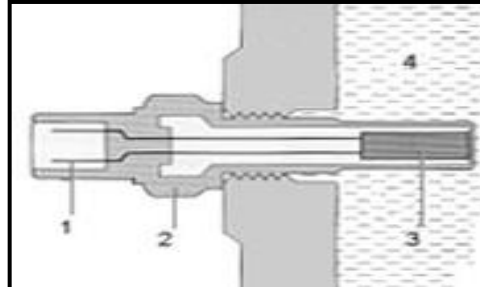


Fuente: Academiatesto.

**Figura 2. 54. CURVA CARACTERÍSTICA DEL SENSOR DEL TIPO NTC.**

(Kia Motors, 2012) “Como la bomba de alta presión está diseñada para suministrar grandes cantidades de combustible, durante el ralentí y el funcionamiento en carga parcial se suministra excesivo combustible. Este combustible excesivo es devuelto al tanque a través de la válvula de control de presión. El combustible comprimido se relaja en el tanque y la energía que fue utilizada para comprimir el combustible se pierde en la forma de calor. Como la temperatura del combustible cambia, también cambia su densidad. Al utilizar un sensor de temperatura de combustible, el ECM puede hacer correcciones de la duración de la inyección y la presión para compensar el cambio de densidad del combustible. El sensor de temperatura del combustible está ubicado en la línea de alimentación de combustible. En la medida que aumente la temperatura del combustible, el ECM modifica la relación de inyección y suministro, al mismo tiempo ajusta los parámetros de funcionamiento para la válvula de control de presión del riel.” (Pág. 13)

El sensor de temperatura del refrigerante del motor ECT está localizado en el pasaje de refrigerante del motor en la culata.

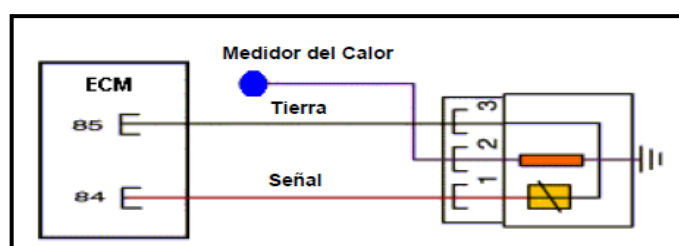


Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 55. ESQUEMA DEL SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE.

1. Conexión eléctrica, 2. Cuerpo del sensor, 3. Resistencia NTC, 4. Líquido refrigerante.

(Kia Motors, 2012) “Este detecta la temperatura del refrigerante del motor y transmite la señal al ECM. El ECM evalúa la temperatura del refrigerante con el voltaje de salida del sensor y suministra el enriquecimiento óptimo del combustible cuando el motor esta frío, adapta la cantidad y sincronización de la inyección, controla las rpm dependiendo de la temperatura del refrigerante, reduce la cantidad de combustible en caso de temperatura muy alta, controla el ventilador de enfriamiento y el sistema de incandescencia.” (Pág. 12)



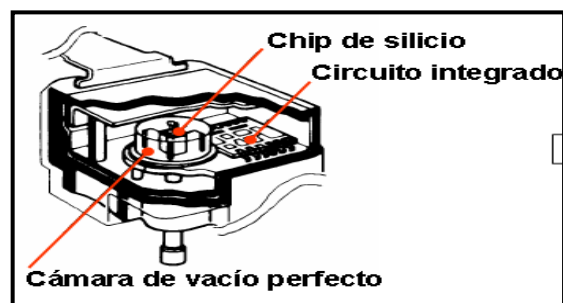
Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 56. DISTRIBUCIÓN DEL PINES DEL SENSOR ECT.

### g. SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO (BPS)

(Kia Motors, 2012) “En los vehículos con Turbo Cargador de Geometría Variable (VGT), hay un Sensor de Presión del Turbo (BPS) montado en el múltiple de admisión.

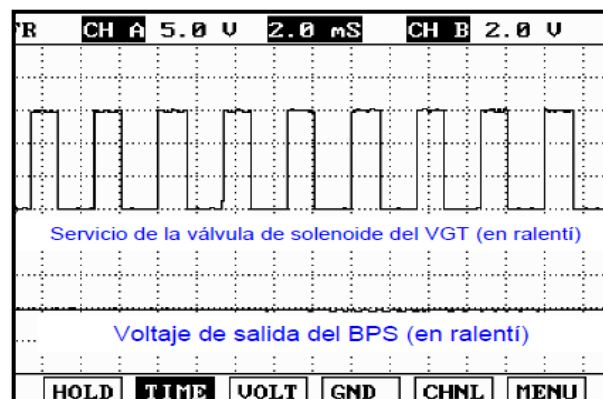
El sensor es necesario para controlar la posición de las aletas dentro del turbo cargador. El sensor está compuesto por un chip de silicio piezo resistivo y un circuito Integrado.



Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 57. ESQUEMA DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO (BPS).

Un vacío perfecto se aplica en un lado del chip de silicio y en el otro lado se aplica la presión del múltiple. La diferencia de presión flexa el chip de silicio, provocando un cambio en su resistencia y por ende un cambio en el voltaje de salida.” (Pág. 17)



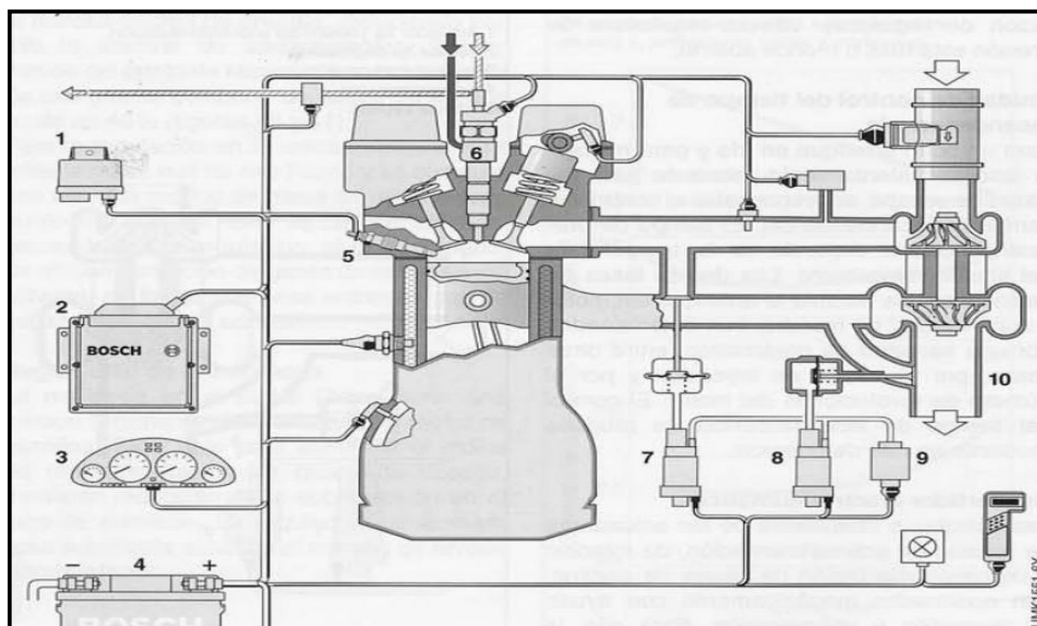
Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 58. FORMA DE ONDA EN RALENTÍ DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL TURBO (BPS).

### 2.7.3 ACTUADORES

Estos convierten las señales de salida eléctricas del ECM en parámetros mecánicos.





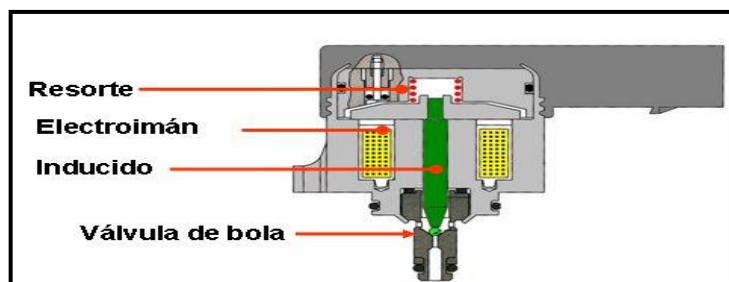
Fuente: BOSCH.

**Figura 2. 59. ACTUADORES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN COMMON RAIL.**

1. Unidad de control del tiempo de incandescencia, 2. Unidad de control, 3. Cuadro de instrumentos con indicación del consumo de combustible, número de revoluciones, etc., 4. Batería, 5. Bujía de incandescencia, 6. Inyector, 7. Actuador de retroalimentación de gases de escape, 8. Actuador de sobrealimentación, 9. Bomba de depresión, 10 turbocompresor.

#### a. VÁLVULA DE CONTROL DE PRESIÓN DEL RIEL - RPCV

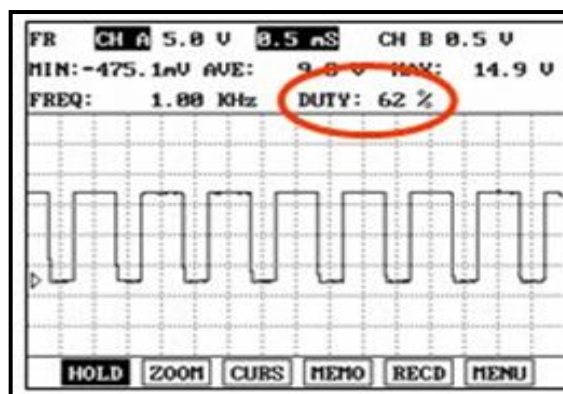
(Kia Motors, 2003) “La válvula de control de presión es responsable de mantener la presión en el riel a nivel constante. Este nivel es función de las condiciones de funcionamiento del motor.



Fuente: KIA MOTORS.

**Figura 2. 60. ESQUEMA DE PARTES DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE PRESIÓN DEL RIEL (RPCV).**

Si la presión de combustible es excesiva, se abre la válvula y el combustible se devuelve al tanque a través de la línea de retorno. Si la presión no es lo suficientemente elevada, se cierra la válvula y la bomba de alta presión aumenta la presión en el riel. La bola del asiento de la válvula está sujeta a la presión del acumulador de alta presión. Esta fuerza se junta al total de las fuerzas que actúan contra la bola desde el otro lado mediante el resorte y el electro imán.



Fuente: KIA MOTORS.

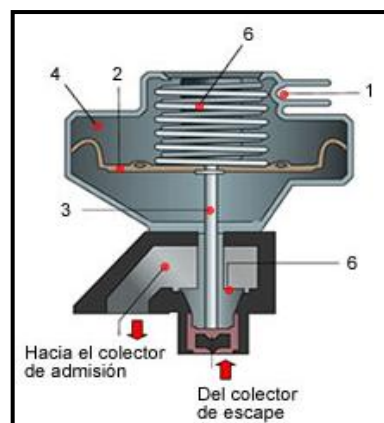
Figura 2. 61. SEÑAL DE SALIDA Y FORMA DE ONDA DE LA VÁLVULA RPCV.

La fuerza generada es función de la corriente con la cual se activa. Por lo tanto, una variación en la corriente permite que la alta presión en el acumulador pueda ser fijada en un valor dado. La corriente variable se obtiene usando la modulación ancha de pulso (PWM) Control modulado ancho de pulso con frecuencia 1.0 KHz.” (Pág. 38)

## b. VÁLVULA DE RECIRCULACIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE (EGR)

(Kia Motors, 2003) “Con la recirculación de los gases de escape (EGR) una parte de los gases de escape es derivada al ducto de admisión del motor. Hasta cierto grado, el alimentar una parte del contenido de los gases de escape residuales tiene un efecto positivo en la conservación de la energía y, por tanto, en las emisiones de los gases de escape.

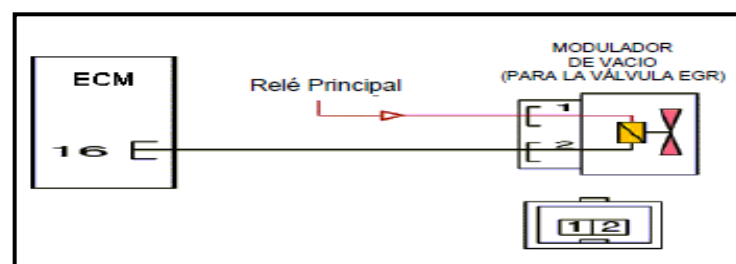
De acuerdo con el punto de funcionamiento del motor, la masa de aire/gas entregada a los cilindros puede estar compuesta por hasta un 40% de gases de escape. Para el control ECM, la masa real de aire fresco que ingresa se mide y se compara en cada punto de funcionamiento con el valor establecido de masa de aire. Con la señal generada por el circuito de control, la válvula solenoide de la EGR se hace funcionar, permitiendo que la EGR se abra por vacío.” (Pág. 43)



Fuente: Aficionadosalamecánica.

Figura 2. 62. ESQUEMA DE PARTES DE LA VÁLVULA EGR.

1. Toma de vacío de admisión, 2. Membrana, 3. Varilla de mando, 4. Cámara sometida a vacío, 5. Válvula de paso, 6. Muelle



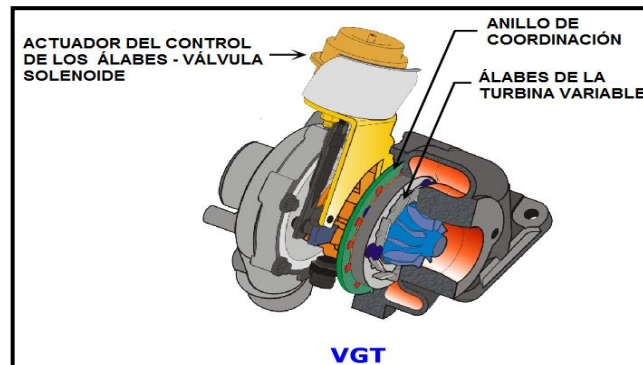
Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 63. DISTRIBUCIÓN DEL PINES DE LA VÁLVULA EGR.

### c. TURBO ALIMENTADOR DE GEOMETRÍA VARIABLE (VGT)

El ECM controla una válvula solenoide (relación de trabajo) para efectuar un vacío en el actuador que a su vez está conectado a un varillaje que tira una placa base giratoria. Dentro de la placa base están

conectadas las paletas mediante un mecanismo de levas a través del cual se establece el ángulo de inclinación de la paleta.

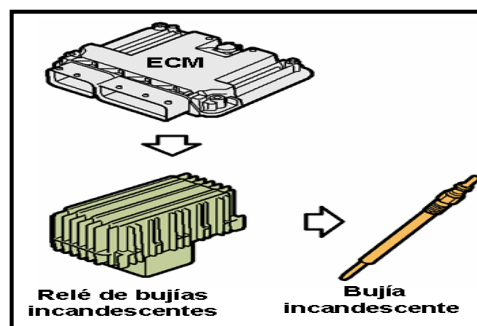


Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 64. TURBO ALIMENTADOR DE GEOMETRÍA VARIABLE (VGT).

#### d. BUJÍAS INCANDESCENTES

(Bosch, 1999) "Para un buen arranque en frío y para mejorar la fase de calentamiento relevante para los gases de escape, es responsable el control del tiempo de incandescencia. El tiempo de pre-incandescencia depende de la temperatura del líquido refrigerante.

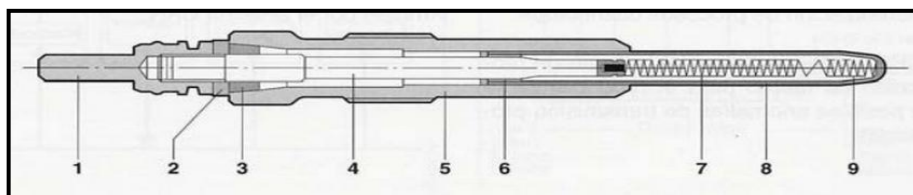


Fuente: KIA MOTORS.

Figura 2. 65. CONTROL DE BUJÍAS INCANDESCENTES – PRECALENTAMIENTO.

Las demás fases de incandescencia durante el arranque del motor o con el motor en marcha, son determinadas por una variedad de parámetros, entre otras cosas, por el caudal de inyección y por el número de revoluciones del motor. El control del tiempo de incandescencia se produce mediante un relé de potencia." (Pág. 38)

(Bosch, 1999) “La espiga incandescente de una bujía de espiga incandescente está montada a presión de forma fija y estanca a los gases en un cuerpo de bujía, y consta de un tubo metálico resistente a los gases calientes y a la corrosión, que lleva en su interior un filamento incandescente rodeado de polvo compacto de óxido de magnesio.

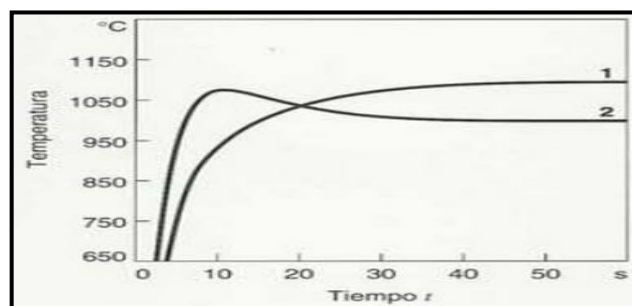


Fuente: BOSCH.

**Figura 2. 66. BUJÍA DE ESPIGA INCANDESCENTE GSK2.**

1. Enchufe de conexión, 2. Arandela aislante, 3. Junta doble, 4. Perno de conexión, 5. Cuerpo, 6. Junta del cuerpo calefactor, 7. Filamento calefactor y regulador, 8. Tubo incandescente, 9. Polvo de relleno.

Este filamento incandescente consta de dos resistencias conectadas en serie: el filamento calefactor dispuesto en la punta del tubo incandescente, y el filamento regulador. Mientras que el filamento calefactor presenta una resistencia casi independiente de la temperatura, el filamento regulador tiene un coeficiente de temperatura positivo (PTC). La temperatura mínima necesaria para el encendido es de 850°C en 4 segundos.” (Pág. 48)



Fuente: BOSCH.

**Figura 2. 67. DIAGRAMA DE TEMPERATURA – TIEMPO DE BUJÍAS DE ESPIGA INCANDESCENTE.**

1. S-RSK, 2. GSK2.

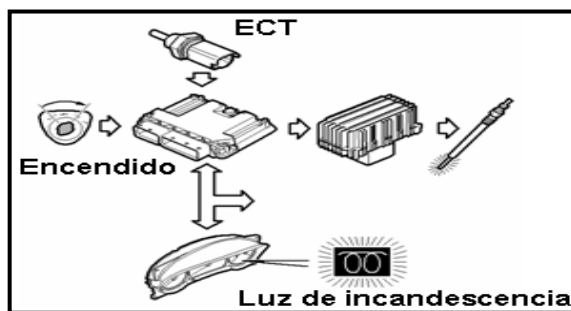
(Bosch, 1999) “La unidad de control del tiempo de incandescencia dispone, para la activación de las bujías de espiga incandescente, de un relé de potencia, así como de bloques de conmutación electrónicos. Estos bloques controlan por ejemplo los tiempos de incandescencia de las bujías de espiga incandescente, o bien realizan funciones de seguridad y de supervisión. Las entradas de control hacia la unidad de control del tiempo de incandescencia están ejecutadas como conector múltiple, y la vía de corriente hacia las bujías de espiga incandescente se conduce mediante pernos roscados o conectores apropiados, con el fin de impedir caídas de tensión no deseadas.” (Pág. 49)

La función de incandescencia tiene cinco sub funciones diferentes: Precalentamiento, Incandescencia de preparación para el arranque, Incandescencia durante el arranque, Post incandescencia, Incandescencia intermedia.

El precalentamiento se inicia una vez que la llave de encendido se activa a ON. La duración de la incandescencia depende de la temperatura del refrigerante y es 0 para un motor caliente.

(Kia Motors, 2011) “Una vez que se completa el precalentamiento, comienza la incandescencia de preparación para el arranque. Esto se usa para mantener las bujías incandescentes calientes esperando el arranque. La incandescencia de preparación para el arranque se desactiva después de cierto periodo de tiempo. Si el motor arranca es reemplazada por la incandescencia durante el arranque.

La incandescencia durante el arranque se activa una vez que el motor ha arrancado y la temperatura del refrigerante es baja. Esta se desactiva cuando se asume que el motor ya está funcionando y entonces es reemplazada por la post-incandescencia.



Fuente: KIA MOTORS.

**Figura 2. 68. CONTROL DE BUJÍAS INCANDESCENTES – PREPARACIÓN DE INCANDESCENCIA PARA EL ARRANQUE Y PRECALENTAMIENTO.**

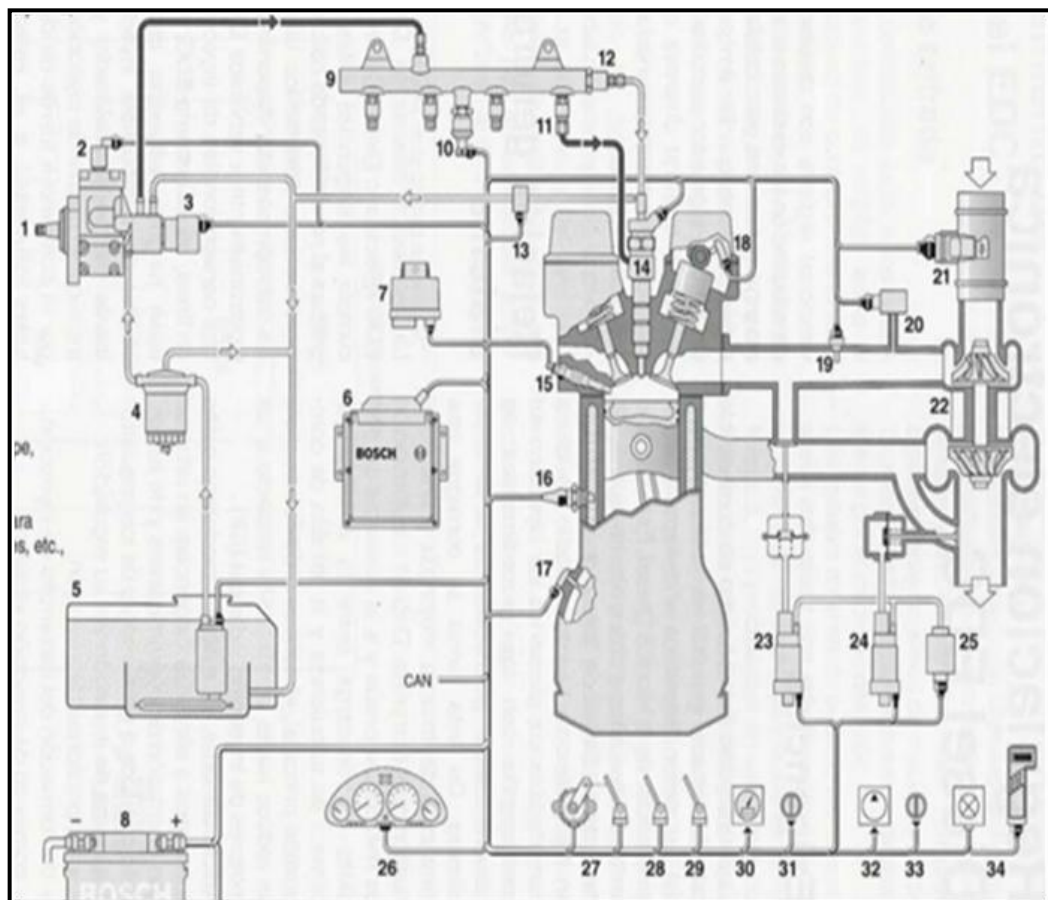
La post incandescencia tiene lugar después de la incandescencia de arranque y se asume que el motor está funcionando. Esto es para reducir el mal encendido y proveer un funcionamiento suave asegurando que la cámara de combustión este caliente mientras que la combustión todavía no ha generado suficiente calor para producir un encendido confiable del combustible. La post incandescencia se desactiva después de un periodo de tiempo que depende de la temperatura del refrigerante. También se desactiva cuando la velocidad del motor o la cantidad de combustible inyectado exceden el límite. Si la velocidad del motor o la cantidad de combustible inyectado caen nuevamente bajo los límites, la post incandescencia nuevamente se activará por un periodo que depende de la temperatura del refrigerante.

Para reducir la refrigeración de la cámara de combustión cuando las cantidades de combustible son bajas o durante el efecto de freno del motor (cantidad de combustible=0), se puede activar la función de incandescencia intermedia. Esto reducirá el humo azul cuando se vuelva a acelerar el motor. La función de incandescencia intermedia también puede activarse cuando se regenera el filtro de partículas y bajo condiciones de conducción cuando la carga del motor es relativamente baja. El alto consumo de energía de las bujías incandescentes aumenta la carga en el generador, lo que a su vez demanda más torque desde el

motor para moverlo. El ECM compensará este requerimiento incrementado de torque aumentando la cantidad de combustible inyectado. El resultado es un aumento en la temperatura y un aumento en el flujo de escape en la trampa de partículas. La función de incandescencia intermedia no se desactivará durante la regeneración cuando la carga del motor sea alta.” (Pág. 103)

#### 2.7.4. RELACIÓN GENERAL ENTRE SENSORES Y ACTUADORES

Con el fin de determinar la relación existente entre los sensores y actuadores del sistema CRDI Bosch CP1 y CP3 se muestra la siguiente figura:



Fuente: BOSCH.

Figura 2. 69. RELACIÓN GENERAL ENTRE SENSORES Y ACTUADORES CRDI.



1. Bomba de alta presión, 2. Válvula de desconexión del elemento, 3. Válvula reguladora de presión, 4. Filtro de combustible, 5. Depósito de combustible con filtro previo y bomba previa, 6. Unidad de control, 7. Unidad de control del tiempo de incandescencia, 8. Batería, 9. Acumulador de presión (Rail), 10. Sensor de presión del Rail, 11. Limitador de flujo, 12. Válvula limitadora de presión, 13. Sensor de temperatura del combustible, 14. Inyector, 15. Bujía de espiga incandescente, 16. Sensor de temperatura del líquido refrigerante, 17. Sensor de revoluciones del cigüeñal, 18. Sensor de revoluciones del árbol de levas, 19. Sensor de temperatura del aire aspirado, 20. Sensor de presión de sobrealimentación, 21. Medidor de masa de aire, 22. Turbocompresor, 23. Actuador de retroalimentación de gases de escape, 24. Actuador de presión de sobrealimentación, 25. Bomba de depresión, 26. Cuadro de instrumentos con salida de señales para consumo de combustible, número de revoluciones, etc., 27. Sensor del pedal acelerador, 28. Contactos de freno, 29. Interruptor de embrague, 30. Sensor de velocidad de marcha, 31. Unidad de operación para regulador de la velocidad de marcha, 32. Compresor de aire acondicionado, 33. Unidad de operación para compresor de aire acondicionado, 34. Indicación de diagnóstico con conexión para apartado de diagnóstico.

Los diagramas eléctricos de los vehículos KIA con sistema CRDI Bosch CP1 y CP3 comercializados en el Ecuador se encuentran detallados en los ANEXOS A, B y C.

## **CAPÍTULO 3**

### **PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS**

#### **3.1. HIPÓTESIS**

##### **3.1.1. HIPÓTESIS GENERAL**

Mediante el diseño e implementación de instrumental, procedimiento de diagnóstico y reparación en taller de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 aplicados a la línea KIA, se puede obtener los mismos resultados obtenidos en un laboratorio especializado en CRDI cumpliendo las especificaciones del fabricante.

##### **3.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- El vehículo equipado con CRDI cumple con las especificaciones para el que fue diseñado.
- Los equipos utilizados en laboratorio permiten que los componentes del sistema CRDI fuera del vehículo lleguen a cumplir las especificaciones para la que fueron diseñadas en condiciones de funcionamiento normal.
- El diseño de instrumental, procedimientos de diagnóstico y reparación en taller permiten lograr la utilización de los componentes en buen estado todavía montados en el vehículo para cumplir con las especificaciones dadas por el fabricante para alcanzar la misma efectividad que las reparaciones que se realizan en un laboratorio.

## 3.2. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

### 3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Equipo instrumental para diagnóstico de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 aplicados a la línea KIA.

### 3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Procedimiento de diagnóstico y reparación de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 aplicados a la línea KIA.

### 3.2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### a. Variable independiente

Tabla 3. 1. OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE.

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
EQUIPO INSTRUMENTAL PARA DIAGNÓSTICO DE SISTEMAS CRDI BOSCH CP1 Y CP3 APLICADOS A LA LÍNEA KIA.	Tecnológica	Instrumentos electrónicos utilizados para el diagnóstico en taller de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3.	¿Cuenta el taller con instrumentos electrónicos para el diagnóstico de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3?
		Herramientas especiales para el diagnóstico en taller de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3.	¿Cuenta el taller con herramientas especiales para el diagnóstico de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3?
		Herramientas especiales para la reparación de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3.	¿Cuenta el taller con herramientas especiales para la reparación de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3?

Elaborado por: Adrián Casanova.

## b. Variable dependiente

**Tabla 3. 2. OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE**

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
PROCEDIMIENTO DE DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN DE SISTEMAS CRDI BOSCH CP1 Y CP3 APLICADOS A LA LÍNEA KIA.	Científica	Procedimientos de diagnóstico de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3.	¿Cuenta el taller con procedimientos establecidos para el diagnóstico de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3?
		Procedimientos de reparación de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3.	¿Cuenta el taller con procedimientos establecidos para la reparación de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3?

**Elaborado por:** Adrián Casanova.

## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **4.1. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **4.1.1. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL**

(Rodríguez, 2005) “Este tipo de investigación, se refiere a una investigación prospectiva. Se presenta mediante 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 particular.” (Pág. 25)

#### **4.2. MÉTODOS A UTILIZAR EN LA PRESENTE INVESTIGACIÓN**

##### **4.2.1. MÉTODO CIENTÍFICO EXPERIMENTAL**

(Rodríguez, 2005) “El método científico es la sucesión de pasos que debemos dar para descubrir nuevos conocimientos, o en otras palabras, para comprobar hipótesis que implican o predicen conductas de fenómenos desconocidos hasta el momento. Resumiendo, podemos decir que el método científico es un conjunto de procedimientos en los cuales se plantean los problemas científicos y se ponen a prueba las hipótesis y los instrumentos de trabajo investigativo. Los elementos fundamentales del método científico son los conceptos y las hipótesis.” (Pág. 26)

Dentro del método científico experimental se utilizó: el muestreo probabilístico de la población, síntesis de la observación y muestreo selectivo de informantes claves.

### **4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

#### **4.3.1. ENCUESTA**

(Soriano, 2006) “Esta técnica consiste en recopilar información sobre una parte de la población denominada muestra, por ejemplo: datos generales opiniones, sugerencias o respuestas que se proporcionen a preguntas formuladas sobre los diversos indicadores que se pretenden explorar a través de este medio. La información recogida con el fin de identificar y conocer la magnitud de los problemas que se supone o se conocen en forma parcial o imprecisa.” (Pág. 221)

(Soriano, 2006) “La construcción de la encuesta presupone seguir una metodología sustentada en: el cuerpo de la teoría, el marco conceptual en que se apoya el estudio, las hipótesis que se pretenden probar y los objetivos de la investigación. Cada una de las preguntas que se incluyan deben estar dirigidas a conocer aspecto específicos de las variables objeto de análisis. En el momento de iniciarse la elaboración del cuestionario, el investigador tendrá a mano el documento con la operacionalización de las variables por investigar, mediante las preguntas que se incluyan en el cuestionario. En este proceso es necesario asegurarse que todas las variables, a través de sus indicadores, estén siendo efectivamente exploradas por las preguntas y que la información resultante sea la buscada.” (Pág. 222)

#### **4.3.2. OBSERVACIÓN PARTICIPANTE**

(Soriano, 2006) “La observación participante permite, adentrarse en las tareas cotidianas que los individuos realizan; conocer más de cerca las expectativas de la gente; sus actitudes y conductas ante determinados estímulos; las situaciones que los llevan a actuar de uno u otro modo; la

manera de resolver los problemas. En este caso, el investigador se desenvuelve con naturalidad dentro del grupo, es decir, se integra de lleno a las actividades que realizan sus componentes” (Pág. 207)

#### **4.3.3. ENTREVISTA ESTRUCTURADA O DIRIGIDA**

(Soriano, 2006) “Esta técnica se emplea en diversas disciplinas para realizar estudios de carácter exploratorio, ya que permite captar información abundante y básica sobre el problema. También se utiliza para fundamentar hipótesis y orientar las estrategias para aplicar otras técnicas de recolección de datos. Asimismo, la entrevista estructurada o dirigida se emplea cuando no existe suficiente material informativo sobre ciertos aspectos que interesa investigar. La entrevista estructurada a informantes clave permite al igual que la observación, obtener información para estructurar un marco teórico y conceptual congruente con la realidad que se estudia. Esta técnica se aplica a informantes clave, llamados así porque poseen experiencias y conocimientos relevantes sobre el tema que se estudia.” (Pág. 217)

Las técnicas así como los instrumentos utilizados para la recolección de datos son el medio a través del cual el investigador se relacionó con los técnicos para obtener la información necesaria que le permita cumplir con los objetivos propuestos en la investigación.

#### **4.4. PRIMER MÉTODO APLICADO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACION PRIMARIA.**

- **Método:** Muestreo probabilístico de la población.
- **Técnica:** Encuestas.

#### **4.4.1 DISEÑO DE ENCUESTAS PARA LA GENERACIÓN DE INFORMACIÓN.**

El principal objetivo de la encuesta es levantar información primaria, la misma que debe ser clara, concisa y verídica para lo cual las preguntas desarrolladas son sencillas, objetivas y de fácil comprensión.

A continuación se presenta el desarrollo de las preguntas de la encuesta que será aplicada a los técnicos de las concesiones consideradas para la investigación.

#### **4.4.2. PRUEBA PILOTO.**

(Soriano, 2006) “Después de diseñados los instrumentos que se piensa utilizar para recoger la información, el siguiente proceso consiste en probarlos antes de lanzarse al trabajo de campo. La prueba se lleva a cabo en una muestra relativamente pequeña, tomándola del universo que se va a investigar.” (Pág. 253)

La prueba piloto se aplicará en una pequeña muestra de técnicos de la red de concesionarios KIA ASIAUTO S.A., de la ciudad de Quito, la aplicación de la encuesta se realizó en los siguientes talleres: ASIAUTO Mariana de Jesús, ASIAUTO Orellana.

La prueba piloto permite determinar la factibilidad de utilizar esta técnica de recolección de datos primarios así como identificar y eliminar posibles problemas, las preguntas se relacionan con las variables de investigación. Para la prueba piloto se utilizaron tres encuestas por cada taller. La aceptación por parte de los técnicos fue muy amplia por lo que no existió ningún inconveniente en su aplicación.



### ENCUESTA TÉCNICA KIA

Estimado Técnico, la encuesta que a continuación se detalla tiene como objetivo levantar información sobre el INSTRUMENTAL Y PROCEDIMIENTOS UTILIZADOS PARA EL DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN EN TALLER DE SISTEMAS CRDI BOSCH CP1 Y CP3.

---

**Concesión:**

**Ciudad:**

**Sector:**

1.- ¿Cuál es el grado de calificación que Ud. tiene dentro de la compañía KIA MOTORS?

En proceso de certificación\_\_\_ Certificado\_\_\_ Experto\_\_\_ Máster\_\_\_

2.- Conoce Ud. el funcionamiento de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 aplicados a la línea KIA. 0%\_\_\_25%\_\_\_50%\_\_\_75%\_\_\_100%\_\_\_

3.- Cuando un vehículo KIA presenta fallas en el sistema CRDI Bosch CP1 o CP3, el proceso de reparación se lo realiza en:

Concesión (taller) \_\_\_ Laboratorio CRDI \_\_\_ Concesión (taller) y Laboratorio CRDI \_\_\_

4.- Para diagnosticar que un vehículo presenta problemas en su sistema CRDI Bosch CP1 o CP3, Ud. utiliza:

Escáner (GDS) \_\_\_ Equipo especial para CRDI\_\_\_ Prueba de ruta\_\_\_

5.- La concesión cuenta con un procedimiento específico que le permita a Ud. realizar un diagnóstico de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 confiable.

Si\_\_\_ No\_\_\_

6.- La concesión cuenta con un procedimiento específico que le permita a Ud. realizar una reparación en los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 confiable.

Si\_\_\_ No\_\_\_

7.- La concesión cuenta con herramientas especiales que sean utilizadas únicamente para el diagnóstico de funcionamiento en los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3.

Si\_\_\_ No\_\_\_

8.- La concesión cuenta con herramientas especiales que sean utilizadas únicamente para realizar reparaciones en los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3.

Si\_\_\_ No\_\_\_

9.- Con qué frecuencia realiza trabajos en los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3.

Nunca\_\_\_ A veces\_\_\_ Poca frecuencia\_\_\_ Frecuentemente \_\_\_ Siempre\_\_\_

10.- Cree Ud. que con procedimientos específicos y herramientas especiales, diseñadas específicamente para procesos de diagnóstico y reparación de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 se podría realizar reparaciones confiables y garantizadas en el mismo taller.

Si\_\_\_ No\_\_\_

### 4.4.3. POBLACIÓN

El desarrollo de la investigación engloba a la red de concesionarios KIA ASIAUTO S.A., de la ciudad de Quito y sus valles aledaños (Sangolquí y Cumbaya); con un total de 40 técnicos distribuidos en las 7 concesiones siguientes: ASIAUTO San Bartolo, ASIAUTO Mariana de Jesús, ASIAUTO Orellana, ASIAUTO Condado, ASIAUTO 6 de Diciembre, ASIAUTO Valle de los Chillos, ASIAUTO Cumbaya.

### 4.4.4. MUESTRA

Mediante la información obtenida conocemos el total de la población, ahora se desea saber cuántos del total tendremos que estudiar, para ello se debe determinar una muestra. La ratificación del tamaño de la muestra, se basa en un modelo de cálculo, el que toma en cuenta el universo en estudio o tamaño de la población finita a través la siguiente ecuación:

**Ecuación. 4. 1. TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA POBLACIÓN FINITA.**

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Fuente: Slideshare.

**Tabla 4. 1. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES PARA EL CÁLCULO DE LA MUESTRA DE POBLACIÓN FINITA.**

<b>n</b>	<b>Total de la muestra.</b>
<b>N</b>	Total de la población.
$Z_{\alpha}$	Nivel de confianza prefijado. Para una seguridad del 95% = 1,96
<b>P</b>	Proporción esperada del parámetro a evaluar 50% = 0,5 (maximiza el tamaño muestral).
<b>Q</b>	1 - p = 1 - 0,5 = 0,5
<b>D</b>	Error muestral deseado 5% = 0,05.

Fuente: Slideshare.

Tabla 4. 2. CÁLCULO DE LA MUESTRA.

DATOS:	CÁLCULO:
$n = ?$	$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$
$N = 40$	$n = \frac{40 * 1,96^2 * 0,5 * 0,5}{0,05^2 * (40 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$
$Z_{\alpha} = 1,96$	$n = \frac{38,416}{0,0975 + 0,9604}$
$p = 0,5$	$n = \frac{38,416}{0,0975 + 0,9604}$
$q = 0,5$	$n = 36,313$
$d = 0,05$	$n = 37$
<b>Con el fin de obtener resultados confiables mínimo se debe realizar 37 encuestas.</b>	

Elaborado por: Adrián Casanova.

Idealmente se debe considerar al total de la población finita para ser encuestada (40 técnicos), pero en condiciones reales no es posible acceder a todos los técnicos por diferentes circunstancias tales como permisos, vacaciones, enfermedad, falta de tiempo o simplemente la negación a realizarla, por lo tanto, fue factible aplicar la encuesta a un total de 37 técnicos; valor mínimo comprobado por el cálculo de la muestra para que los resultados sean confiables.

#### 4.4.5. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS DATOS

Las encuestas desarrolladas por los técnicos de las diferentes concesiones, serán sometidas a la tabulación de datos, codificación, cálculos, análisis etc. con el objetivo de identificar los puntos más relevantes de la investigación.

Tabla 4. 3. Tabulación PREGUNTA 1.

1.- ¿Cuál es el grado de calificación que Ud. tiene dentro de la compañía KIA MOTORS?

EN PROCESO DE CERTIFICACIÓN	CERTIFICADO	EXPERTO	MASTER
2 Técnicos	19 Técnicos	7 Técnicos	9 Técnicos
6%	52%	19%	24%

Elaborado por: Adrián Casanova.

Tabla 4. 4. Tabulación PREGUNTA 2.

2.- Conoce Ud. el funcionamiento de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 aplicados a la línea KIA.

0 Técnicos	4 Técnicos	20 Técnicos	5 Técnicos	8 Técnicos
0%	25%	50%	75%	100%
0%	11%	54%	13%	22%

Elaborado por: Adrián Casanova.

Tabla 4. 5. Tabulación PREGUNTA 3.

3.- Cuando un vehículo KIA presenta fallas en el sistema CRDI Bosch CP1 y CP3, el proceso de reparación se lo realiza en:

CONCESIÓN	LABORATORIO CRDI	CONCESIÓN Y LABORATORIO CRDI
19 Técnicos	15 Técnicos	3 Técnicos
51%	41%	8%

Elaborado por: Adrián Casanova.

Tabla 4. 6. Tabulación PREGUNTA 4.

4.- Para diagnosticar que un vehículo presenta problemas en su sistema CRDI Bosch CP1 o CP3, Ud. utiliza:

ESCÁNER(GDS)	EQUIPO ESPECIAL PARA CRDI	PRUEBA DE RUTA
30 Técnicos	7 Técnicos	0 Técnicos
81%	19%	0%

Elaborado por: Adrián Casanova.

Tabla 4. 7. Tabulación PREGUNTA 5.

5.- La concesión cuenta con un procedimiento específico que le permita a Ud. realizar un diagnóstico de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 confiable.

SI	NO
10 Técnicos	27 Técnicos
27%	73%

Elaborado por: Adrián Casanova.

Tabla 4. 8. Tabulación PREGUNTA 6.

6.- La concesión cuenta con un procedimiento específico que le permita a Ud. realizar una reparación en los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 confiable.

SI	NO
10 Técnicos	27 Técnicos
27%	73%

Elaborado por: Adrián Casanova.

Tabla 4. 9. Tabulación PREGUNTA 7.

7.- La concesión cuenta con herramientas especiales que sean utilizadas únicamente para el diagnóstico de funcionamiento de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3.

SI	NO
16 Técnicos	21 Técnicos
43%	57%

Elaborado por: Adrián Casanova.

Tabla 4. 10. Tabulación PREGUNTA 8.

8.- La concesión cuenta con herramientas especiales que sean utilizadas únicamente para realizar reparaciones en los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3.

SI	NO
16 Técnicos	21 Técnicos
43%	57%

Elaborado por: Adrián Casanova.

**Tabla 4. 11. Tabulación PREGUNTA 9.**

**9.- ¿Con qué frecuencia realiza trabajos en los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3?**

NUNCA	A VECES	POCA FRECUENCIA	FRECUENTEMENTE	SIEMPRE
4 Técnicos	3 Técnicos	8 Técnicos	20 Técnicos	2 Técnicos
11%	8%	22%	54%	5%

**Elaborado por:** Adrián Casanova.

**Tabla 4. 12. Tabulación PREGUNTA 10.**

**10.- Cree Ud. que con procedimientos específicos y herramientas especiales, diseñadas específicamente para procesos de diagnóstico y reparación de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 se podría realizar reparaciones confiables y garantizadas en el mismo taller.**

SI	NO
33 Técnicos	4 Técnicos
89%	11%

**Elaborado por:** Adrián Casanova.

#### **4.4.6. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS**

La aplicación de encuestas fue el instrumento mediante el cual se obtuvo una parte de la información primaria, esta fue desarrollada en relación directa a las variables de investigación, la confiabilidad esperada es del 95% y se consideró a 37 técnicos de las concesiones KIA ASIAUTO.S.A de la ciudad de Quito y sus valles aledaños (Los Chillos y Cumbaya).

#### **4.4.7. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Una vez concluido el proceso para levantar la información primaria a través de las encuestas, se procedió a la tabulación de datos, codificación, cálculos, etc.; con el fin de determinar los hallazgos más importantes de la investigación, para ello se utilizó las herramientas de office específicamente Microsoft Excel, programa que permitió ingresar la

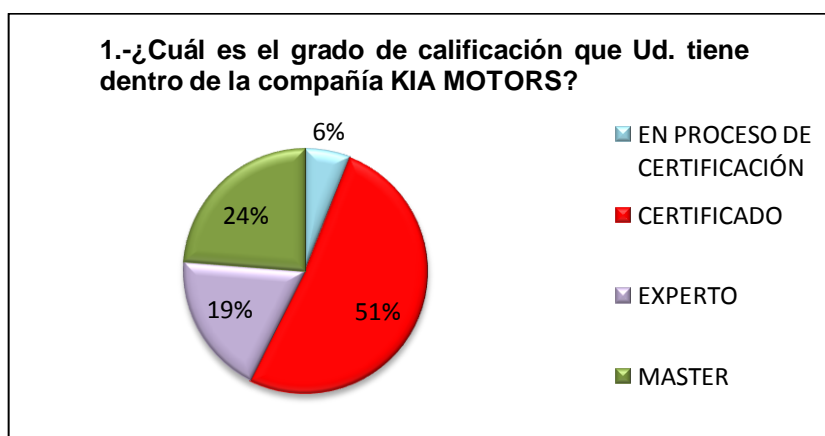
información primaria de manera manual y generar los cálculos automáticamente.

#### a. INFORME GERENCIAL

Los datos obtenidos como resultado del levantamiento de la información primaria permitieron palpar una realidad mucho más exacta en la cual se desenvuelven los técnicos diariamente, es decir, permite al investigador recabar información de las personas más involucradas en el área de influencia del proyecto.

A continuación se detallan los resultados obtenidos del levantamiento de la información primaria.

El 24% de los encuestados son técnicos con grado de MASTER dentro de la compañía KIA MOTORS, el 19 % corresponden al grado de EXPERTO, el 52% al grado de CERTIFICADO y el 6% es personal nuevo que está en proceso de certificación.

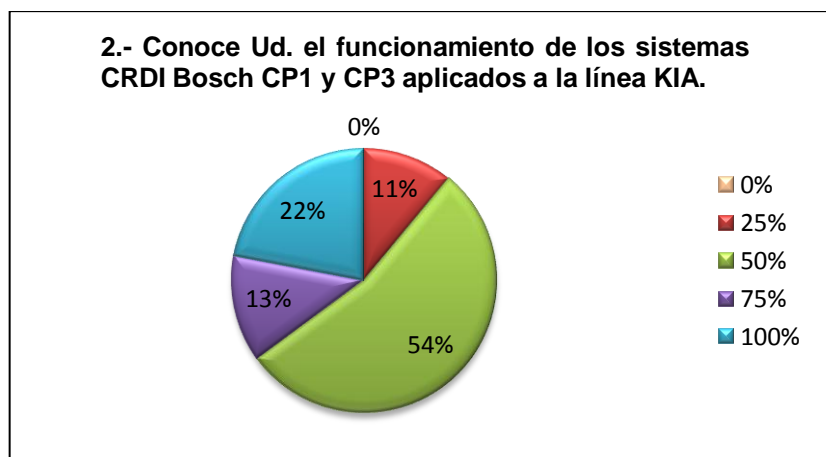


Elaborado por: Adrián Casanova.

**Figura 4. 1. PREGUNTA N°1**

El 54% de los técnicos dice que su conocimiento sobre los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 aplicados a la línea KIA es del 50%, el

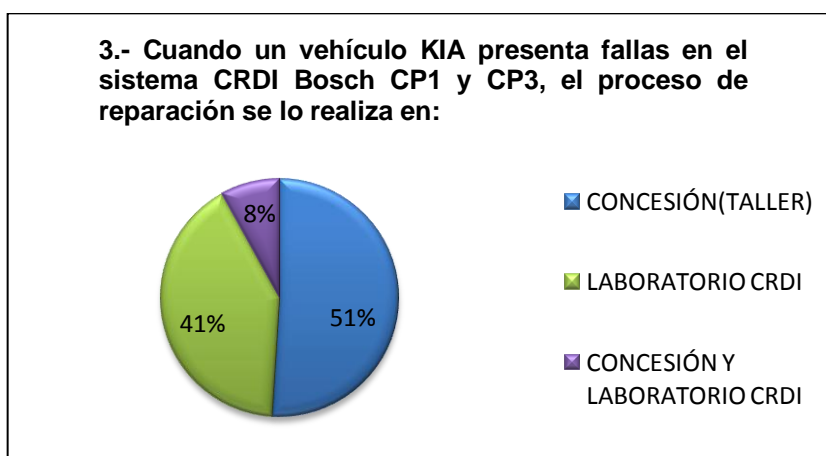
22% dice que su conocimiento es del 100%, el 13% dice que su conocimiento es del 75% y el 11% dice que su conocimiento es del 25%.



Elaborado por: Adrián Casanova.

**Figura 4. 2. PREGUNTA N°2**

El 51% de los técnicos dice que cuando un vehículo KIA presenta fallas en el sistema CRDI Bosch CP1 y CP3, el proceso de reparación se lo realizar en la misma concesión (taller), el 41% de los técnicos dice que se envía a un laboratorio especializado en sistemas CRDI y el 8% dice que una parte se lo hace en el taller y otra en un laboratorio especializado en CRDI.

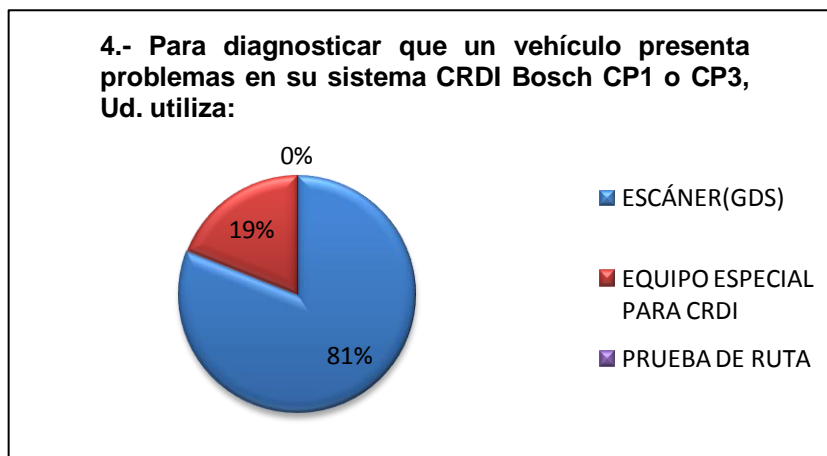


Elaborado por: Adrián Casanova.

**Figura 4. 3. PREGUNTA N°3**



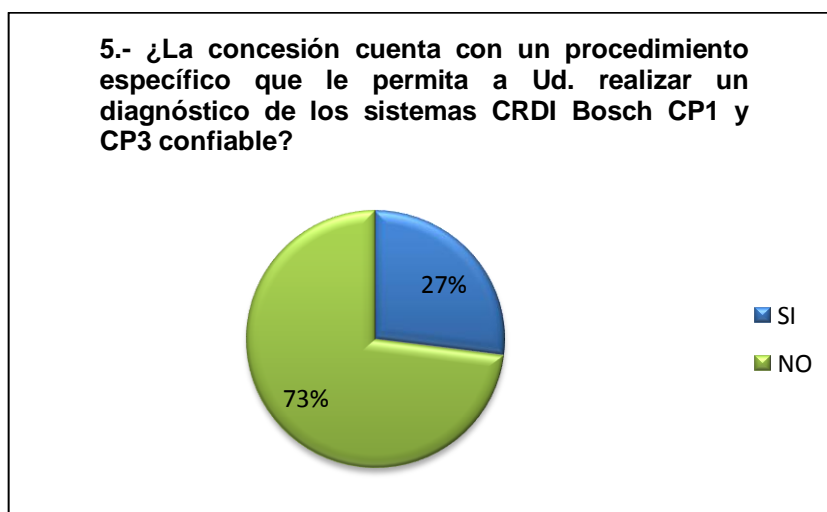
El 81% de los técnicos dice que para diagnosticar que un vehículo presenta problemas en su sistema CRDI Bosch CP1 o CP3 utiliza el escáner de la marca (GDS), mientras que el 19% dice que utiliza un equipo especial para CRDI y el 0% dice que utiliza una prueba de ruta.



Elaborado por: Adrián Casanova.

Figura 4. 4. PREGUNTA N°4

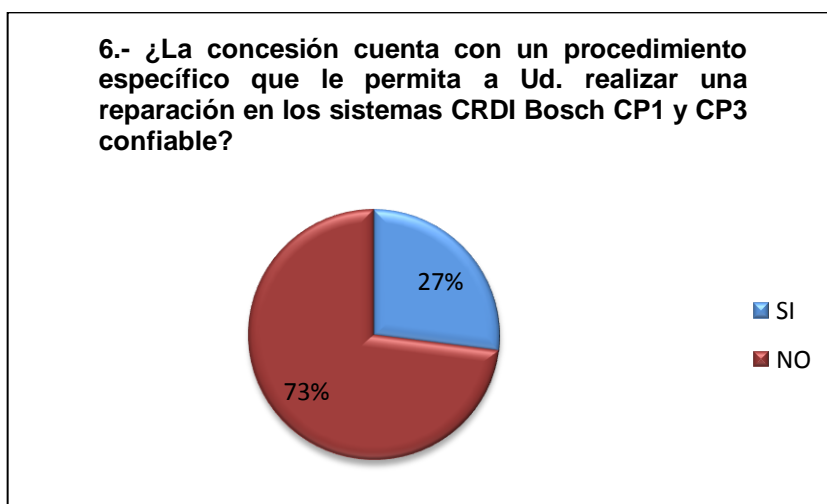
El 73% de los técnicos dice que la concesión no cuenta con un procedimiento específico que les permita realizar un diagnóstico de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 confiable mientras que el 27% de los técnicos dice que sí.



Elaborado por: Adrián Casanova.

Figura 4. 5. PREGUNTA N°5

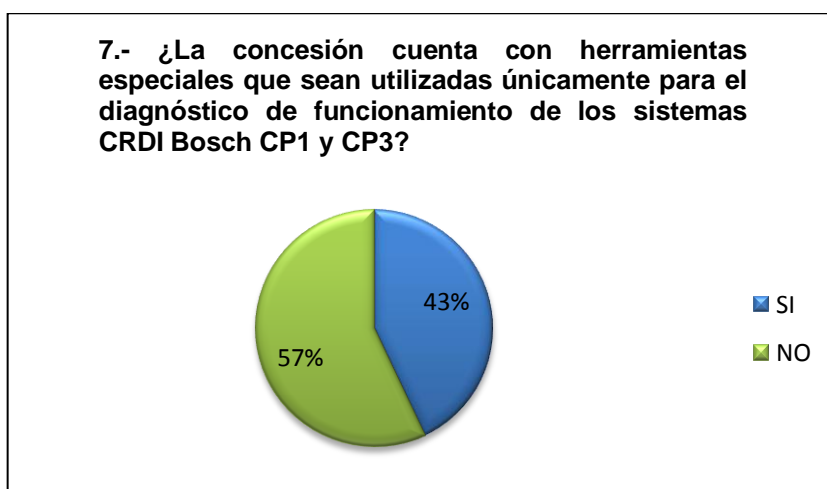
El 73% de los técnicos dice que la concesión no cuenta con un procedimiento específico que les permita realizar reparaciones de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 confiables mientras que el 27% de los técnicos dice que sí.



Elaborado por: Adrián Casanova.

**Figura 4. 6. PREGUNTA N°6**

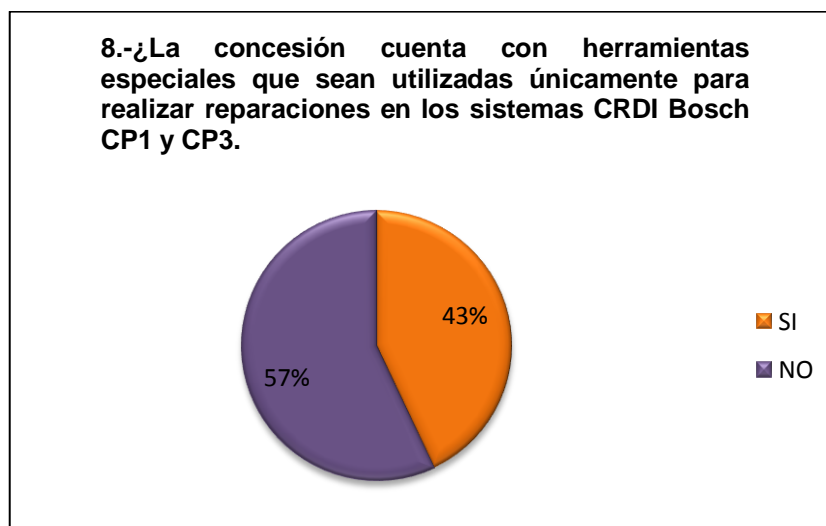
El 57% de los técnicos dice que la concesión no cuenta con herramientas especiales que sean utilizadas únicamente para el diagnóstico de funcionamiento de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 mientras que el 43% de los técnicos dice que sí.



Elaborado por: Adrián Casanova.

**Figura 4. 7. PREGUNTA N°7**

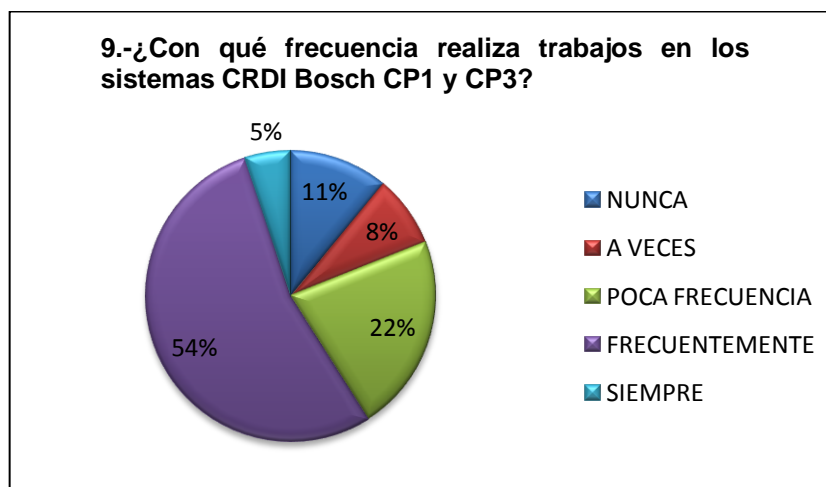
El 57% de los técnicos dice que la concesión no cuenta con herramientas especiales que sean utilizadas únicamente para realizar reparaciones en los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 mientras que el 43% de los técnicos dice que sí.



Elaborado por: Adrián Casanova.

**Figura 4. 8. PREGUNTA N° 8**

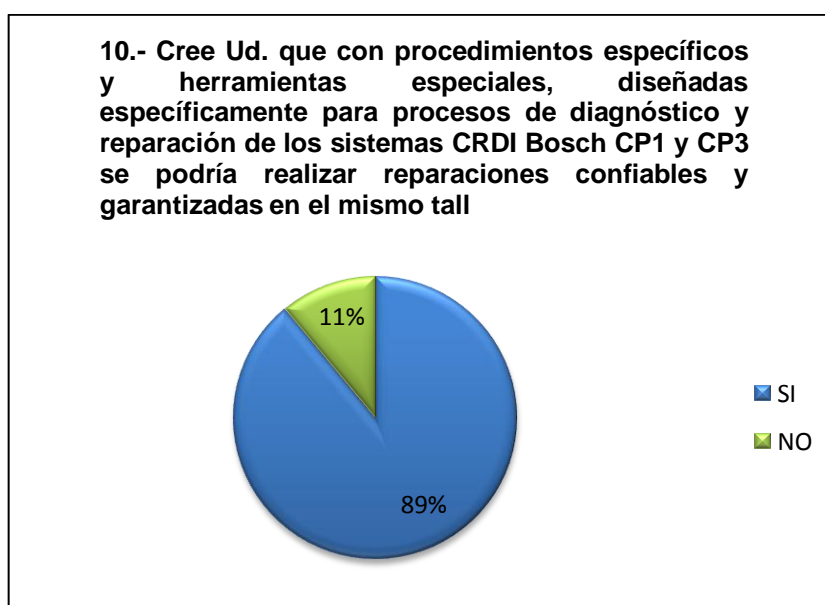
El 54% de los técnicos dice que realiza trabajos en los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 frecuentemente, el 22% con poca frecuencia, el 11% nunca, el 8% a veces y el 5% lo hace siempre.



Elaborado por: Adrián Casanova.

**Figura 4. 9. PREGUNTA N° 9.**

El 89% de los técnicos dice que con procedimientos específicos y herramientas especiales, diseñadas específicamente para procesos de diagnóstico y reparación de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 se podría realizar reparaciones confiables y garantizadas en el mismo taller, mientras que el 11% dice que no.



Elaborado por: Adrián Casanova.

Figura 4. 10. PREGUNTA N° 10

#### 4.4.8. CONCLUSIONES

- El 94% de los técnicos que participaron en el levantamiento de la información primaria mantienen grados de reconocimiento dentro de la compañía KIA MOTORS, es decir, han participado en varios cursos de capacitación, por lo tanto los criterios emitidos son confiables.
- Más de la mitad de los técnicos encuestados manifiesta que frecuentemente realizan trabajos en vehículos KIA con sistema CRDI Bosch tanto CP1 como CP3 en las concesiones.

- El 89% de los técnicos encuestados considera que con procedimientos específicos y herramientas especiales para proceso de diagnóstico y reparación de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 se podría realizar reparaciones confiables y garantizadas en la misma concesión.

#### **4.4.9. RECOMENDACIONES**

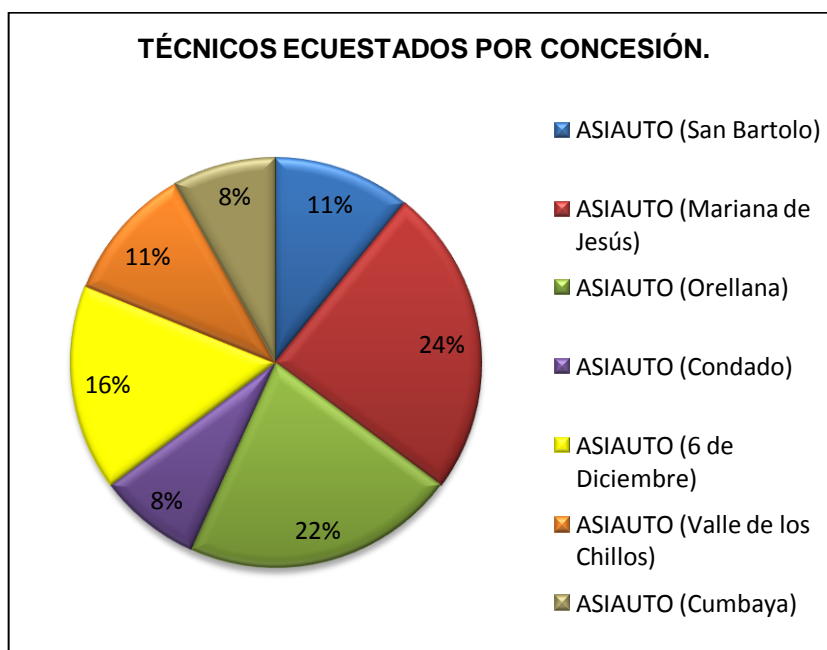
- El 41 % de los técnicos encuestados manifiesta que las reparaciones en vehículos que presentan fallas en sus sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 se las realizan en la concesión, es decir, en el mismo taller, utilizando principalmente el escáner de la marca (GDS), por lo que se recomienda aplicar otro tipo de método científico experimental para obtener información primaria más cercana a la realidad en la que se desenvuelven los técnicos.
- Un porcentaje menor de técnicos manifiesta que para diagnosticar que un vehículo presenta problemas en su sistema CRDI Bosch CP1 o CP3 utilizan un equipo especial para CRDI; así mismo manifiestan que la concesión cuenta con procedimientos y herramientas especiales para realizar diagnósticos y reparaciones en los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3, por lo que se recomienda aplicar el método de síntesis de la observación mediante la técnica de observación participante, para conocer tanto los procedimientos con las herramientas especiales utilizados para solventar problemas en este tipo de vehículos.
- Para la nueva recolección de la información primaria se recomienda realizar la investigación en una de las concesiones principales de la ciudad de Quito; de preferencia la más grande, es

decir, la que maneje un número grande de técnicos y exista una gran afluencia vehicular por día.

#### 4.5. SEGUNDO MÉTODO APLICADO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN PRIMARIA.

- **Método:** Síntesis de la observación.
- **Técnica:** Observación participante.

Para identificar cual de las concesiones ASIAUTO S.A. es la más confiable para realizar una investigación de campo se considero el total de técnicos encuestados por concesión.



**Elaborado por:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 11. TÉCNICOS ENCUESTADOS POR CONCESIÓN.**

La concesión con mayores técnicos encuestados es ASIAUTO (Mariana de Jesús). La mayor cantidad de técnicos así como la gran cantidad de vehículos que atiende la concesión diariamente nos ha permitido realizar una investigación más precisa.

El objetivo principal de la observación participante es recopilar información acerca de los procesos de diagnóstico y reparación de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 que aplican los técnicos en el taller.

#### 4.5.1. OBSERVACIÓN PARTICIPANTE

El vehículo KIA SORENTO diesel CRDI Bosch ingresa al taller para un mantenimiento preventivo de 70 000 km.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 12. VEHÍCULO KIA SORENTO CRDI**

A más del mantenimiento preventivo, el vehículo presenta las siguientes novedades expuestas por el dueño del vehículo, que son registradas en la orden de trabajo; revisar inyectores, auto se atranca, auto humea.

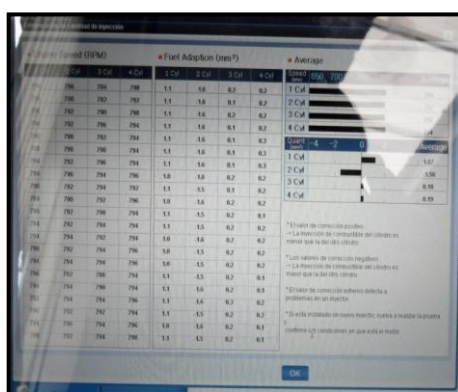


**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 13. KIA SORENTO CRDI - EMISIÓN DE HUMO NEGRO POR EL TUBO DE ESCAPE.**

El vehículo es asignado a un técnico, el mismo que verifica el estado del vehículo encendiendo el motor y acelerando, comprobando que el vehículo se atranca y emite humo de color negro por el tubo de escape. El técnico asignado ingresa el vehículo a su puesto de trabajo y procede con la reparación. Realiza el mantenimiento preventivo de 70 000 km y posterior a eso inicia con el diagnóstico de la falla en el sistema de alimentación de combustible (CRDI). El técnico inicia descartando que el atrancamiento del vehículo se produzca por un filtro tapado, por lo que procede a cambiar el filtro de combustible.

Una vez que el filtro es colocado nuevamente, se procede a encender el vehículo, mismo que sigue presentando la falla de humo negro y atrancamiento. El técnico se apoya en el escáner de la marca GDS (Global Diagnostic System) tratando de buscar indicios sobre la causa del problema. El GDS es un equipo que permite conectar el ECM a un ordenador cualquiera que tenga instalado el software controlador del GDS, a través de este software podemos verificar los datos que está emitiendo el ECM.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 14. GDS - PRUEBA DE ENTREGA DE CAUDAL.**

Con el GDS se verifica si existe algún código de falla, mismo que no se encuentra, razón por la cual el técnico procede a realizar una prueba de entrega de caudal de los inyectores mediante el escáner. La



prueba de entrega de caudal de los inyectores que el GDS permite realizar se utiliza para comparar la corrección de cantidad de inyección de cada cilindro con compensación de cilindros en ralentí.

Los resultados que arroja la prueba son los siguientes: la inyección de combustible del cilindro 1 es menor que la de los otros cilindros y que la inyección de combustible del cilindro 2 es mayor que la de los otros cilindros, por lo que el técnico maneja las hipótesis de que el inyector 1 se encuentre sin funcionar y que el inyector 2 este abierto, o no este cerrando de forma correcta.

El técnico procede a desmontar los inyectores para realizar una limpieza debido a que es probable que la falla se encuentre únicamente en las toberas.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 15. INYECTOR DESMONTADO.**

Una vez desmontados los cuatro inyectores del vehículo el técnico procede a desarmar las toberas con el propósito de limpiarlas. El proceso de desarmado de las toberas inicia con el desmontaje de las arandelas de cobre de los inyectores que hacen la función de sellos para evitar que la compresión del cilindro se escape. Desarmada la tobera, se coloca los elementos internos en una bandeja de metal imantada, con el fin de evitar que las piezas se extravíen. Los elementos internos de la tobera son piezas muy pequeñas razón por la cual son muy fáciles de extraviar. En el

caso de que uno de estos elementos llegara a perderse, habría que cambiar toda la tobera.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 16. TOBERA DESARMADA.**

El técnico realiza la limpieza interna y externa con limpiador de carburadores, verificando también que ningún orificio se encuentre tapado.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 17. LIMPIEZA INTERNA DE LA TOBERA.**

El mismo procedimiento se repite para los otros tres inyectores. El técnico procede a realizar la limpieza de las toberas de dos inyectores al tiempo. Desarma las toberas, realiza la limpieza y los vuelve a armar.

Una vez que el técnico ha realizado la limpieza de los cuatro inyectores y estos se encuentran listos para ser montados en el vehículo, el técnico realiza la limpieza de los orificios de montaje de los inyectores, coloca nuevas arandelas de cobre y procede a colocar los inyectores en

el motor. Como antes de desarmar los inyectores, no se tomo la precaución la ubicación anterior de cada uno, los inyectores son montados aleatoriamente.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 18. MONTAJE DE LOS INYECTORES EN EL MOTOR.**

La reparación realizada por el técnico ha finalizado, el vehículo está listo para ser probado. El técnico procede a encender el vehículo y se percata que el vehículo mantiene los mismos síntomas de falla que antes de realizar la reparación, es decir el vehículo se atranca y presenta gran cantidad de humo negro por el escape.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 19. KIA SORENTO CRDI - PRESENTANDO LA MISMA FALLA.**

Con el GDS el técnico procede a realizar una prueba de entrega de caudal de los inyectores, para verificar si estos están entregando los caudales correctos de combustible. Los resultados que arroja la prueba

son los siguientes: la inyección de combustible del cilindro 1 es menor que la de los otros cilindros y que la inyección de combustible del cilindro 4 es mayor que la de los otros cilindros, por lo que el técnico sigue manejando las mismas hipótesis que en un principio de que el inyector 1 se encuentre sin funcionar y que el inyector 4 este abierto o no está cerrando de forma correcta; al momento que el técnico retiro los inyectores no tomo en cuenta la ubicación inicial de los inyectores, por lo que también maneja la hipótesis de que el inyector que estaba en el segundo cilindro se intercambio por el inyector que estaba en el cuarto cilindro por lo que la falla en los dos inyectores continua.

El técnico procede a informar los resultados obtenidos de la reparación del vehículo al jefe de control de calidad, el mismo que le indica que continúe buscando la posible falla en el sistema CRDI.

#### **4.5.3. CONCLUSIONES**

- La falta de instrumentos de diagnóstico como también de procedimientos adecuados hacen que los procesos de diagnóstico y reparación en taller de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 sean mucho más extensos, además se expone a que elementos que se encuentren en buen estado sean cambiados o reparados por un mal diagnóstico.
- Los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 son sistemas costos y sumamente delicados; un solo cabello humano puede provocar daños irreversibles al sistema razón por la cual la manipulación de estos debe hacerse bajo estrictas normas de higiene.
- Las pruebas que podemos realizar con el escáner de la marca (GDS) son dirigidas hacia la parte de control electrónico y de

software razón por la cual quedan hipótesis abiertas sobre el funcionamiento de la parte mecánica que puede ser el origen del problema que se esté presentado.

#### 4.5.4. RECOMENDACIONES

- Diseñar e implementar procedimientos que le permitan al técnico realizar diagnósticos confiables de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 para agilizar los procesos de reparación.
- Implementar en el taller instrumental especial que sea utilizado únicamente para realizar diagnósticos y reparaciones en los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3.
- Realizar una tercera investigación científico experimental a un laboratorio especializado en sistemas CRDI, con el fin de conocer las máquinas, herramientas y procedimientos para realizar los respectivos diagnósticos y reparaciones en este tipo de sistemas.

#### 4.6. TERCER MÉTODO APLICADO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN PRIMARIA.

- **Método:** Muestreo selectivo de informantes clave.
- **Técnica:** Entrevista estructurada o dirigida.

El objetivo principal de la entrevista estructurada o dirigida es recopilar información acerca de las máquinas, herramientas y procedimientos de diagnóstico y reparación de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 que son empleados por los laboratorios CRDI.

#### 4.6.1. ENTREVISTA ESTRUCTURADA O DIRIGIDA

La investigación se realizó en uno de los principales laboratorios CRDI de la ciudad de Quito. Los resultados obtenidos después de la entrevista estructurada se detallan a continuación:

Muchos laboratorios que realizan trabajos en sistemas CRDI poseen únicamente un comprobador manual de inyectores, en el cual el técnico envía una presión máxima de 400 bares al inyector a través de una bomba manual, prueba que se realiza con un inyector a la vez.

La simulación de pulsos se lo realiza a través de un módulo electrónico que este a su vez permite al técnico escoger el tipo de inyector (Bosch, Delphi, Denso o Siemens) ya sean magnéticos o piezoeléctricos, también permite graduar bajando o subiendo el ancho de pulso.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 20. COMPROBADOR MANUAL DE INYECTORES.**

En el comprobador manual de inyectores se puede probar un inyector, pero no es posible realizar una prueba exacta o precisa, debido a la baja presión con la que trabaja de apenas con un máximo de 400 bares, mientras que la presión normal de funcionamiento del inyector va desde 1000 a 1800 bares. En este caso el laboratorio lo posee para realizar una comprobación previa al inyector antes de colocarlo al banco

de pruebas debido a las altas presiones de funcionamiento del banco (1800 bares aprox.). Esta comprobación previa sirve para verificar el estado de funcionamiento del inyector (si trabaja o no), debido a que algunos inyectores ya vienen previamente desarmados en los talleres en donde se está realizando la reparación del vehículo pero que por falta de conocimiento así como del instrumental necesario para su comprobación y reparación por parte de los técnicos a cargo los termina estropeando aun mas al o los inyectores con falla.

Los bancos de pruebas utilizados por los laboratorios CRDI diesel, son equipos de alto costo, a mas de utilizar gran cantidad de espacio debido a su tamaño.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 21. BANCO DE PRUEBAS PARA INYECTORES DIESEL.**

El banco de pruebas utilizado en este laboratorio esta avaluado aproximadamente en 60 000 dólares razón por la cual para muchos talleres automotrices es una inversión alta por lo que están obligados a acudir a estos laboratorios o en muchos casos han optado por una reparación en los mismos talleres, debido a que enviar a los laboratorios encarece los costos de reparación.

El simulador del banco de pruebas permite al operario escoger el tipo de inyector con el que se desee trabajar (Bosch, Delphi, Denso,

Siemens) y también el tipo de bomba inyectora que se desea comprobar (Bosch, Caterpillar, Cummins, etc.) una vez seleccionados estos parámetros se selecciona la numeración del inyector, cantidad de inyectores a comprobar (1 a 6) y se procede a realizar la prueba, según las especificaciones del fabricante.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 22. SIMULADOR ELECTRÓNICO.**

El caudal de transferencia de baja presión lo proporciona una bomba eléctrica incorporada en el banco de pruebas. La alta presión lo genera una bomba de alta presión montada en el banco de pruebas dependiendo del sistema que se desee comprobar.

Una vez que un vehículo llega con fallas, se procede a borrar los códigos de falla existentes, hacer una prueba de ruta y verificar que los códigos son los que se están generando nuevamente, los mismos que nos darán indicios del problema presente en el vehículo.

Una bomba de alta presión solamente genera presión, siempre y cuando tenga la alimentación de la bomba de transferencia, la misma que esta acoplada a la bomba de alta presión o una bomba eléctrica que este alimentando a la bomba de alta presión, si la bomba eléctrica de transferencia o la bomba de piñones de transferencia no tienen una buena alimentación para la bomba de alta, esta va a generar una presión



errónea, siempre la bomba de baja tiene que trabajar bajo parámetros específicos para que la bomba de alta de una buena presión.

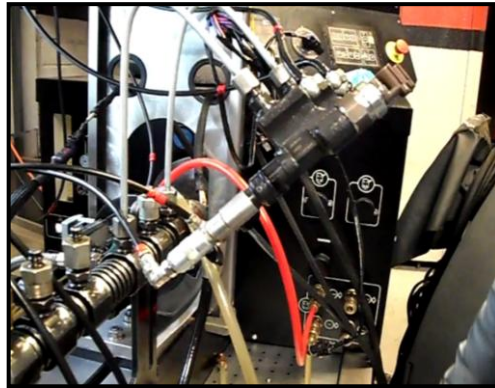
En los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 el sistema de baja presión está alimentado por una bomba de transferencia eléctrica que se encuentra generalmente ubicada en el tanque de combustible, o una bomba mecánica de piñones que se encuentra ubicada en la parte posterior de la bomba de alta presión, en estos sistemas cuando se genera un problema es necesario comprobar la presión de la bomba de baja, con un manómetro (4 - 6 bares aproximadamente); la bomba de alta presión mantiene un funcionamiento normal con 1,5 bar de presión de transferencia, con una presión menor la bomba ya no trabaja debido a que los elementos internos se pueden dañar, desgastar o quemarse.

La función que realiza el combustible dentro de la bomba es principalmente lubricar y refrigerar, cuando la bomba de alta presión comienza a generar temperatura excesiva hay un sensor de temperatura de combustible que va a determinar si la temperatura se eleva, una vez que esta información llega al ECM esta apaga el motor del vehículo para que la bomba se detenga evitando posibles daños por sobrecalentamiento.

Una vez comprobado caudales y presiones del sistema de baja, así como verificado que los inyectores y conectores eléctricos del sistema CRDI se encuentre en buenas condiciones se puede diagnosticar que la bomba de alta presión tiene algún tipo de problema.

La primera prueba que se realiza en el banco es la de estanqueidad. Esta prueba consiste en montar los inyectores y enviar la presión a la que normalmente trabajarían en el vehículo, no se envía ningún pulso eléctrico al inyector motivo por el cual el inyector permanece

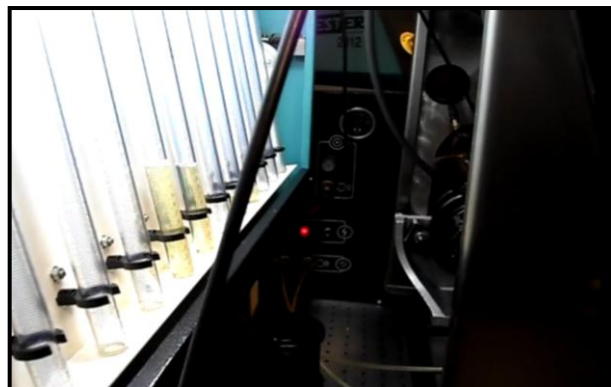
cerrado todo el tiempo. Finalmente lo que se comprueba es que el inyector no esté abierto o con fugas de combustible.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 23. PRUEBA DE ESTANQUEIDAD.**

La prueba de entrega de caudal consiste en ir variando la frecuencia, pulsaciones y presión con las que trabaja el inyector para saber la cantidad de inyección que cada inyector está dando; esta prueba se la realiza bajo tres condiciones: entrega mínima, media y máxima.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 24. PRUEBA DE CAUDAL.**

En el caso de que la cantidad de inyección no se esté dando correctamente, se diagnostica un problema que puede ser hidráulico o mecánico, esto debido a que el banco de pruebas da las presiones y frecuencias reales a las que opera un vehículo.

No todos los inyectores nos van a dar la misma cantidad de inyección, por lo que se hace imprescindible disponer de los parámetros técnicos de cada marca, para saber si un determinado vehículo está entregando la cantidad necesaria de combustible para que ese motor trabaje adecuadamente, estos parámetros técnicos son proporcionados por el fabricante del banco de pruebas y viene incluido en el software del simulador.

Una vez diagnosticado un problema en una de las dos pruebas, estanqueidad o prueba de entrega de caudal se procede a desarmar las toberas de los inyectores.

Después de haber desarmado las toberas de los inyectores se procede a limpiarlos para ello se utiliza una limpieza por ultrasonido.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 25. LIMPIEZA POR ULTRASONIDO.**

Al momento de proceder a armar nuevamente las toberas del inyector estas deben ir montadas con torque caso contrario la presión se escaparía. Dar torque es importante debido a que la tuerca es elástica y podría dañarse. De igual forma hay que tomar en cuenta el estado de los elementos internos y externos ya que si están corroídos hay que cambiar.

Una vez armados los inyectores, se procede a montarlos nuevamente en el banco de pruebas y comprobar que las anomalías presentadas en un principio hayan desaparecido.

Cuando el proceso de reparación de los inyectores ha concluido, se arma nuevamente en el motor del vehículo y se procede hacer un escaneo para borrar códigos de falla, hacer una prueba de ruta y comprobar que no se genere nuevamente el problema.

Cuando un laboratorio especializado en sistemas CRDI realiza un trabajo, este se encarga de mandar probados todos los elementos que se haya procedido a reparar y/o verificar su funcionamiento, para ello utiliza el banco de pruebas, lo que garantiza que los elementos se encuentran funcionando correctamente dentro de los parámetros especificados por el fabricante, además envía indicaciones al mecánico para el montaje de los inyectores en el vehículo, indicaciones principalmente de higiene y limpieza del área de trabajo. Si por ejemplo, no se limpia la base del inyector adecuadamente al momento de armar, este no asienta bien debido a residuos de suciedad que se quedan en la base, produciendo que los gases de la combustión se escapen deteriorando la tobera pudiendo llegar a quemarla, de igual forma crea carbonillas internas lo que produce que el inyector se quede abierto.



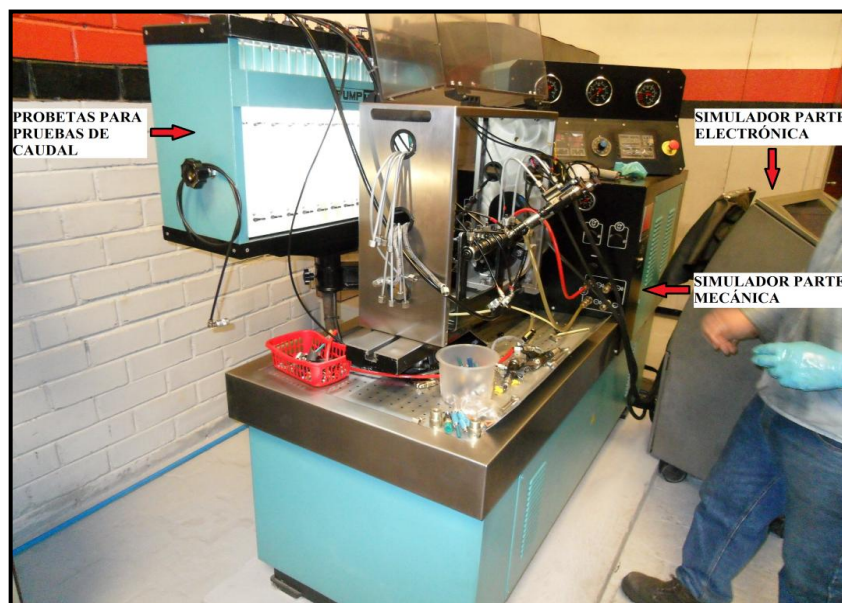
**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 26. SUCIEDAD EN EL COMBUSTIBLE.**

En cuanto a los mantenimientos del sistema es similar a un sistema de gasolina en el que se recomienda realizar un mantenimiento preventivo de los inyectores cada 40 000 km, para evitar daños en el sistema de inyección así como en el motor. Debido a la mala calidad del Diesel ecuatoriano se recomienda cambiar los filtros de combustible cada 5000 km para evitar que el agua pase al sistema de inyección y dañe los componentes.

#### 4.6.2. ANÁLISIS DE PARTES CONSTITUTIVAS DEL BANCO DE PRUEBAS.

El banco de pruebas utilizado en el laboratorio CRDI consta esencialmente de tres secciones constitutivas: sección mecánica, sección electrónica y probetas.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 27. PARTES CONSTITUTIVAS DEL BANCO DE PRUEBAS.**

El simulador de la parte electrónica es un computador con un sistema operativo Windows el mismo que consta de un software especialmente diseñado para simular las condiciones de trabajo bajo las cuales el sistema CRDI funciona normalmente en un vehículo, es decir,

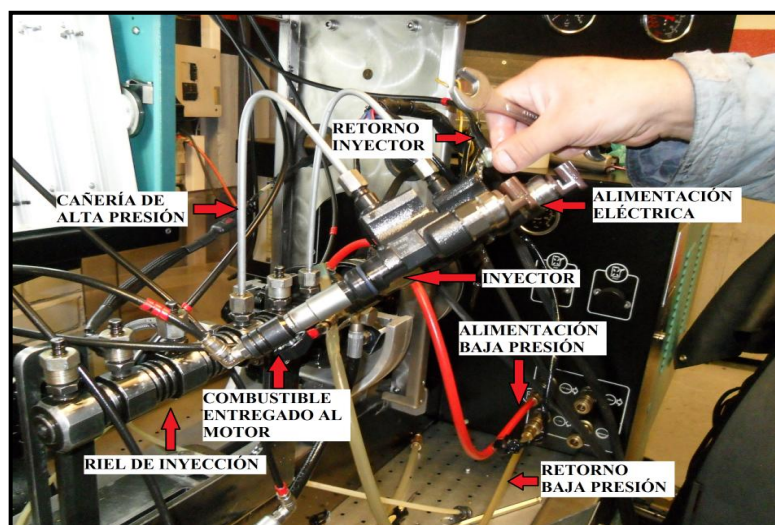
este simulador electrónico hace las mismas funciones que realiza el ECM en el sistema CRDI cuando este se encuentra montado en el vehículo.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 28. SIMULADOR DE LA PARTE ELECTRÓNICA**

El simulador de la parte mecánica es un conjunto de elementos mecánicos capaces de simular las mismas condiciones de trabajo bajo las cuales los elementos del sistema CRDI funcionan en el vehículo.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 29. SIMULADOR DE LA PARTE MECÁNICA.**

Entre las principales funciones del simulador mecánico están: ensamblar los diferentes elementos del sistema CRDI Bosch de tal forma que se asemeja a la forma en la que se encuentran montados en el vehículo, generar el caudal de transferencia para el sistema de baja presión, generar la fuerza necesaria para mover la bomba de alta presión

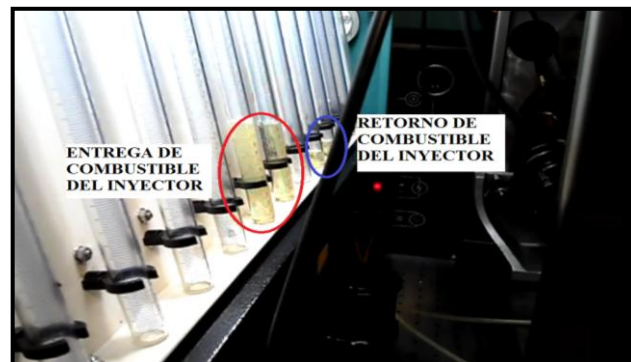
del tal forma que genere la presión óptima de funcionamiento para el sistema de alta presión.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 30. BOMBA DE ALTA PRESIÓN – VÁLVULA DE CONTROL DE PRESIÓN.**

Las probetas utilizadas para pruebas de caudal son envases de vidrio los cuales están reglados. Estas probetas permiten hacer dos tipos de pruebas; la primera medir la cantidad de combustible entregado por el inyector al motor, y la segunda medir la cantidad de combustible enviado por el retorno del inyector.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 31. PROBETAS DE VIDRIO**

#### **4.6.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE ELEMENTOS SIMILARES DEL BANCO DE PRUEBAS Y DEL MOTOR DEL VEHÍCULO CRDI.**

Debido a que el banco de pruebas es un simulador de condiciones reales de funcionamiento del sistema CRDI una gran parte de elementos que posee el banco de pruebas son similares a los utilizados en el motor de combustión interna del vehículo.

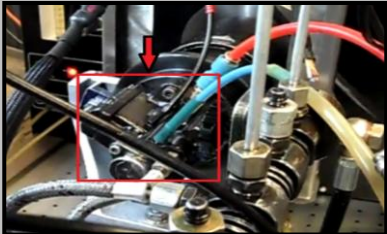
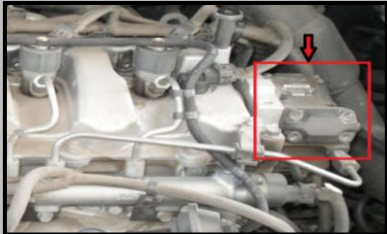
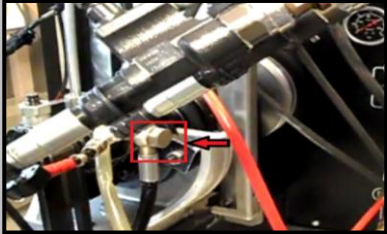

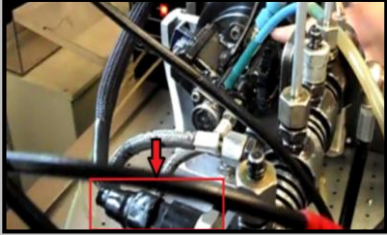
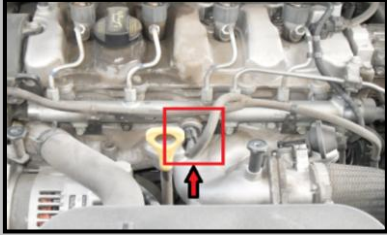
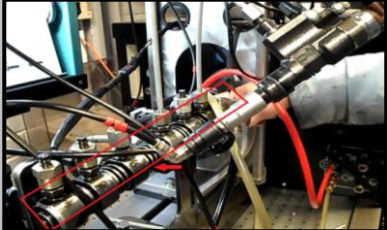

**Tabla 4. 13. ANÁLISIS COMPARATIVO DE ELEMENTOS SIMILARES DEL BANCO DE PRUEBAS Y DEL MOTOR DEL VEHÍCULO CRDI.**

ELEMENTOS DEL BANCO DE PRUEBAS CRDI.	ELEMENTOS EXISTENTES EN EL VEHÍCULO.
<p data-bbox="371 546 730 575"><b>A. BANCO DE PRUEBAS CRDI.</b></p> <p data-bbox="300 640 802 792">Máquina que opera mediante un motor eléctrico, diseñada para simular las condiciones reales de funcionamiento del sistema de alimentación de combustible CRDI de un motor de combustión interna.</p> 	<p data-bbox="831 546 1370 633"><b>B. VEHÍCULO KIA CON SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE CRDI BOSCH.</b></p> <p data-bbox="831 640 1370 763">Máquina que opera mediante un motor de combustión interna, diseñada para funcionar con un sistema de alimentación de combustible CRDI Bosch.</p> 
<p data-bbox="357 1088 746 1117"><b>A.1. SIMULADOR ELECTRÓNICO.</b></p> <p data-bbox="300 1151 802 1303">Elemento de control electrónico diseñado para simular las condiciones reales de funcionamiento el ECM que incorpora un vehículo con sistema de control de combustible CRDI.</p> 	<p data-bbox="863 1088 1337 1117"><b>B.1. ECM (ELECTRONIC CONTROL UNIT)</b></p> <p data-bbox="831 1151 1370 1238">Elemento de control electrónico diseñado para funcionar en un vehículo con sistema de combustible CRDI.</p> 
<p data-bbox="339 1561 762 1648"><b>A.2 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE – PARTE DE BAJA PRESIÓN.</b></p> <p data-bbox="300 1659 802 1906">La parte de baja presión del sistema de alimentación de combustible del banco de pruebas CRDI posee: depósito de combustible, filtro previo, bomba previa (eléctrica), filtro de combustible, tubería de combustible de baja presión, sensor de baja presión de la bomba de alta presión, tubería de retorno de combustible.</p>	<p data-bbox="839 1561 1358 1621"><b>B.2. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE – PARTE DE BAJA PRESIÓN.</b></p> <p data-bbox="831 1659 1370 1906">La parte de baja presión del sistema de alimentación de combustible del vehículo con sistema CRDI Bosch posee: depósito de combustible, filtro previo, bomba previa (eléctrica o mecánica), filtro de combustible, tubería de combustible de baja presión, sensor de baja presión de la bomba de alta presión, tubería de retorno de combustible.</p>

**Elaborado por:** Adrián Casanova.



**Tabla 4. 14. ANÁLISIS COMPARATIVO DE ELEMENTOS SIMILARES DEL BANCO DE PRUEBAS Y DEL MOTOR DEL VEHÍCULO CRDI – PARTE DE ALTA PRESIÓN.**

ELEMENTOS DEL BANCO DE PRUEBAS CRDI.	ELEMENTOS EXISTENTES EN EL VEHÍCULO.
<p><b>A. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE – PARTE DE ALTA PRESIÓN.</b></p>	<p><b>B. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE – PARTE DE ALTA PRESIÓN.</b></p>
<p>La parte de baja presión del sistema de alimentación de combustible del banco de pruebas CRDI posee:</p>	<p>La parte de alta presión del sistema de alimentación de combustible del vehículo con sistema CRDI Bosch posee:</p>
<p>1. Bomba de alta presión.</p>	<p>1. Bomba de alta presión.</p>
	
<p>2. Válvula limitadora de presión.</p>	<p>2. Válvula limitadora de presión.</p>
	
<p>3. Sensor de presión del riel.</p>	<p>3. Sensor de presión del riel.</p>
	
<p>4. Acumulador de alta presión (Riel)</p>	<p>4. Acumulador de alta presión del riel.</p>
	

Elaborado por: Adrián Casanova.

#### **4.6.4. CONCLUSIONES**

- La función principal que tiene el banco de pruebas es alcanzar las mismas condiciones de funcionamiento que en un vehículo CRDI, razón por la cual podemos considerarlo como un simulador que consta de elementos similares a los utilizados en los vehículos CRDI.
- El sistema CRDI está diseñado para operar en el vehículo, con el motor de combustión interna que posee, razón por la cual está trabajando bajo condiciones del fabricante.

#### **4.6.5. RECOMENDACIONES**

- Implementar normas de higiene similares a las utilizadas en el laboratorio especializado en CRDI. Los elementos que constituyen el sistema CRDI son delicados y con calibraciones en micras, razón por la cual deben ser manipulados en zonas limpias, libres de suciedad.
- Cada una de las pruebas que realiza el laboratorio especializado en sistemas CRDI son parte de un procedimiento ordenado que permiten encontrar el origen del problema, razón por la cual se recomienda recrear cada una de estas pruebas.

#### **4.7. ESQUEMA DE LA PROPUESTA.**

Con los resultados obtenidos la propuesta es:

Diseñar e implementar instrumental para diagnóstico y reparación en taller de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 aplicados a la línea KIA.

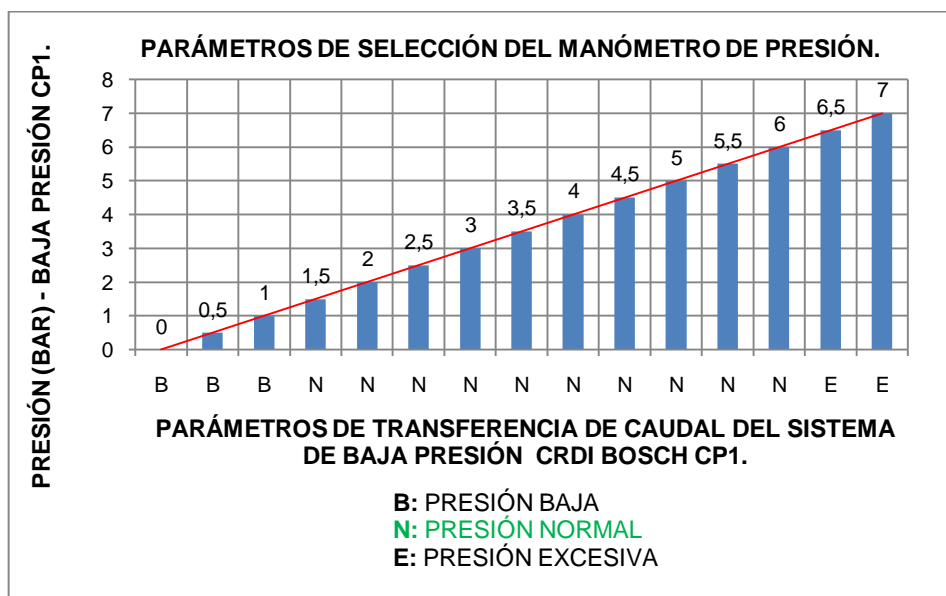
Diseñar e implementar procedimientos específicos para diagnóstico y reparación en taller de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 aplicados a la línea KIA.

#### **4.8. PARÁMETROS DE DISEÑO Y SELECCIÓN DEL INSTRUMENTAL NECESARIO PARA REALIZAR PROCEDIMIENTOS DE DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN EN TALLER DE SISTEMAS CRDI BOSCH CP1 Y CP3.**

Los elementos que posee el motor de un vehículo con sistema CRDI Bosch son capaces de generar la presión necesaria tanto para el sistema de baja como para el de alta presión, dando un óptimo funcionamiento del mismo, además que operan bajo las condiciones especificadas por el fabricante. El banco de pruebas es un simulador de condiciones reales de funcionamiento de un motor con sistema CRDI, que permite comprobar el estado de operación únicamente de los inyectores y bomba de alta presión, dejando de lado el sistema de baja, acumulador (riel), sensores, actuadores y ECM. Hay que tener en cuenta que en los vehículos actuales con control electrónico diesel el óptimo funcionamiento del sistema CRDI Bosch depende de la parte mecánica y de la parte electrónica, en muchas ocasiones una falla electrónica puede entenderse o interpretarse como mecánica por lo que es necesario comprobar todo el sistema, por lo tanto el esquema de la propuesta se fundamenta en dejar de utilizar un simulador de una parte del sistema CRDI del vehículo para utilizar todo el sistema real del vehículo con sistema CRDI.

##### **4.8.1. PARÁMETROS DE SELECCIÓN DEL INSTRUMENTAL PARA EL DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE BAJA PRESIÓN.**

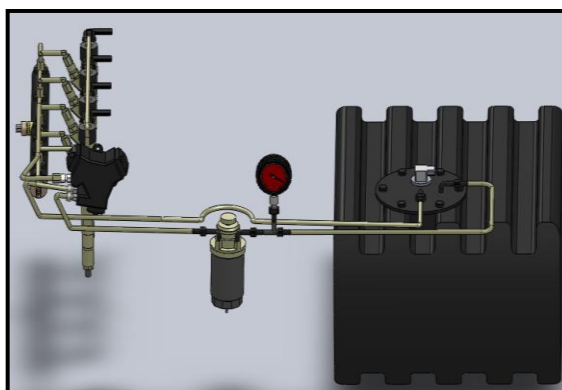
El sistema CRDI Bosch CP1 tiene una bomba eléctrica de baja presión situada en el tanque de combustible, que es la encargada de transferir el combustible desde el tanque hacia la bomba de alta presión.



Elaborado por: Adrián Casanova.

**Figura 4. 32. PARÁMETROS DE SELECCIÓN DEL MANÓMETRO DE PRESIÓN**

Para comprobar que la bomba de baja presión está entregando la presión necesaria de combustible hacia la bomba de alta se va a utilizar un manómetro de presión. El manómetro de presión que se va a adquirir debe tener un rango de operación mínimo de entre 1,5 – 6 bar.



Elaborado por: Adrián Casanova.

**Figura 4. 33. MODELADO 3D - MANÓMETRO DE PRESIÓN ENTRE EL TANQUE Y EL FILTRO.**


Como la bomba eléctrica de baja envía presión al sistema; para la comprobación del sistema de baja presión CP1 se va a colocar el

manómetro de presión entre la bomba eléctrica de baja y el filtro de combustible. El resultado de esta medición es la presión de transferencia del sistema de baja hacia el sistema de alta presión.

#### a. ADQUISICIÓN DEL MANÓMETRO DE PRESIÓN

En el mercado se encuentra disponible el siguiente manómetro de presión que cumple con los parámetros de selección:

**Tabla 4. 15. ESPECIFICACIONES DEL MANÓMETRO DE PRESIÓN.**

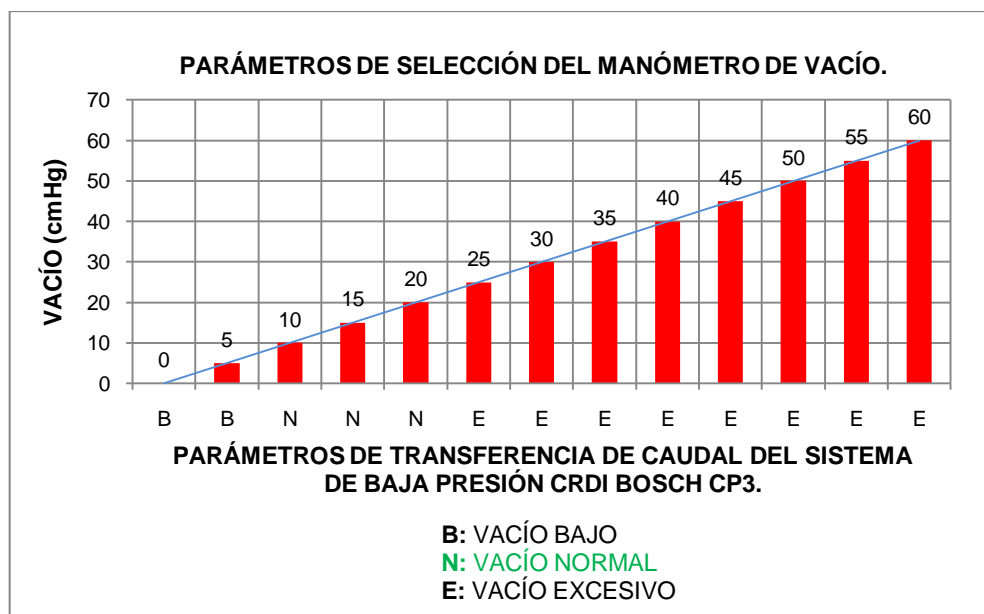
CANTIDAD	ELEMENTO	RANGO DE OPERACIÓN	PARÁMETRO DE SELECCIÓN.	GRÁFICO
1	Manómetro de presión.	0 – 10 bar.	1,5 – 6 bar.	

**Elaborado por:** Adrián Casanova.

Para el sistema CRDI Bosch CP3 la transferencia de caudal desde el tanque hacia la bomba de alta presión lo hace una bomba de baja presión del tipo engranajes que está situada en la parte posterior de la bomba de alta, por lo tanto, esta absorbe combustible generando un vacío, el cual se procede a medir con un manómetro de vacío que opere bajo las condiciones detalladas en la figura 4.34.

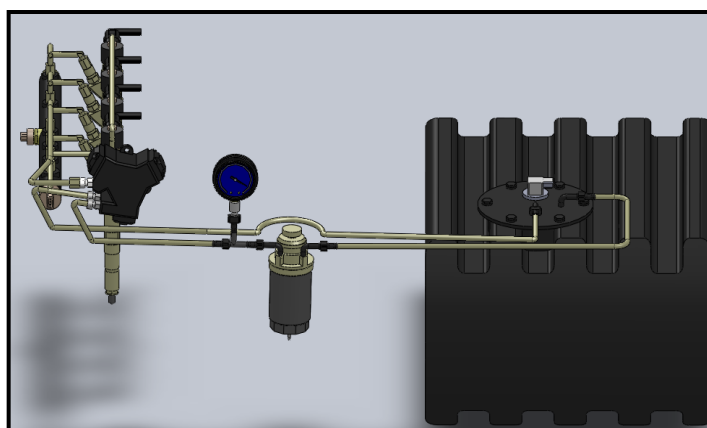
El manómetro de vacío que se va a adquirir debe tener un rango de operación mínimo de entre 10 – 20 cmHg. Como la bomba de engranajes de baja presión genera vacío en el sistema, para la comprobación del sistema de baja presión CP3, el manómetro de vacío se va a colocar entre la bomba de alta presión y el filtro de combustible. El resultado de esta

medición es el vacío que genera la bomba de baja para absorber el combustible desde el tanque.



Elaborado por: Adrián Casanova.

Figura 4. 34. PARÁMETROS DE SELECCIÓN DEL MANÓMETRO DE VACÍO.




Elaborado por: Adrián Casanova.

Figura 4. 35. MODELADO 3D - MANÓMETRO DE VACÍO - ENTRE LA BOMBA DE ALTA PRESIÓN Y EL FILTRO.

## b. ADQUISICIÓN DEL MANÓMETRO DE VACÍO

En el mercado se encuentra disponible el siguiente manómetro de vacío que cumple con los parámetros de selección:

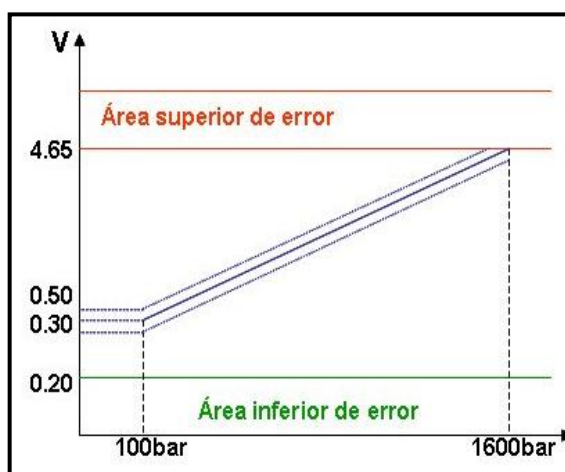
Tabla 4. 16. ESPECIFICACIONES DEL MANÓMETRO DE VACÍO.

CANTIDAD	ELEMENTO	RANGO DE OPERACIÓN	PARÁMETRO DE SELECCIÓN.	GRÁFICO
1	Manómetro de vacío.	0 – 70 cmHg.	10 – 20 cmHg.	

Elaborado por: Adrián Casanova.

#### 4.8.2. PARÁMETROS DE SELECCIÓN DEL INSTRUMENTAL PARA EL DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ALTA PRESIÓN.

Debido a la alta presión que envía la bomba de alta y consecuentemente se mantiene en el riel común (1000 – 1800 bar) es muy difícil utilizar una manómetro de presión, por lo que se utilizará para este diagnóstico el Sensor de Presión del Riel (RPS). El RPS mide la presión instantánea en el riel con adecuada rapidez y precisión para suministrar una señal de voltaje al ECM que corresponde a la presión aplicada.



Fuente: KIA MOTORS.

Figura 4. 36. PARÁMETROS DE SELECCIÓN DEL VOLTÍMETRO.

El equipo electrónico que se debe adquirir es un voltímetro con un rango de operación mínimo de 0 – 5 voltios.

### a. ADQUISICIÓN DEL VOLTÍMETRO PARA LECTURA DEL RPS.

En el mercado se encuentra disponible un voltímetro del tipo analógico, adicionalmente este voltímetro incorpora los acoples necesarios para conectarlo al RPS.



Autor: Adrián Casanova.

Figura 4. 37. VOLTÍMETRO PARA LECTURA DEL RPS.

Tabla 4. 17. ESPECIFICACIONES DEL VOLTÍMETRO PARA LECTURA DEL RPS.

CANTIDAD	ELEMENTO	RANGO DE OPERACIÓN	PARÁMETRO DE SELECCIÓN.	ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA.
1	Voltímetro.	0 – 5 voltios (0 – 1800 bar)	0 – 5 voltios	12 voltios (DC)

Elaborado por: Adrián Casanova.

### 4.8.3. PÁRAMETROS DE SELECCIÓN DEL INSTRUMENTAL PARA EL DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE LA UNIDAD DE ACTIVACIÓN DEL INYECTOR (ELECTROVÁLVULA).

Una vez que el motor del vehículo es encendido el ECM envía pulsos de corriente hacia la unidad de activación del inyector (electroválvula), misma que al activarse libera la presión ejercida sobre la válvula (bola metálica), esto permite que el combustible localizado en la cámara de control valvular fluya por el retorno del inyector, dando una variación en las presiones y como consecuencia el émbolo de control de la válvula sube uniformemente con la aguja del inyector, lo que libera los orificios de la



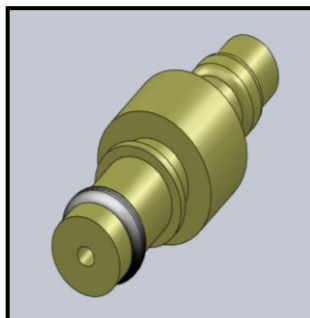
tobera y se produce la inyección de combustible. El diagnóstico consiste en medir cuanto combustible está retornando por el inyector utilizando un acople especial que permita unir el retorno del inyector con las probetas y poder comparar el retorno de todos los inyectores al tiempo.

**Tabla 4. 18. PARÁMETROS DE SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA LA FABRICACIÓN DE LOS ACOPLER PARA LOS RETORNOS.**

ELEMENTO	PARÁMETRO DE SELECCIÓN	MATERIAL SELECCIONADO	NORMA TÉCNICA	RESISTENCIA A LA TENSIÓN	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN
Acoples para los retornos de los inyectores.	Presión del sistema de alta 1000 – 1800 bar.	BRONCE	SAE 62	3922,66 BAR	3103, 37 BAR

**Elaborado por:** Adrián Casanova.

Los planos de diseño se encuentran detallados en el ANEXO E.



**Elaborado por:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 38. MODELADO 3D – ACOPLER PARA RETORNOS DE LOS INYECTORES.**

Con los planos de diseño se procede a fabricar los 6 acoples.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 39. ACOPLER PARA RETORNOS DE LOS INYECTORES.**

#### 4.8.4. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL CONTROL ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO DEL INSTRUMENTAL.

El control eléctrico y electrónico del instrumental debe ser capaz de controlar las siguientes funciones:

**Tabla 4. 19. FUNCIONES DEL SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO DEL INSTRUMENTAL.**

<b>FUNCIÓN</b>	<b>ELEMENTOS</b>	<b>RANGO DE OPERACIÓN</b>
Encendido y apagado del equipo.	1 Interruptor	12 voltios
	1 Indicador luminoso (Lámpara)	12 voltios – 50 W
	2 Conectores tipo pinza para los bornes de la batería.	12 voltios
Indicador de nivel de combustible en el tanque del equipo.	1 Interruptor	12 voltios
	1 Indicador Luminoso (LED)	12 voltios
Control temporizado del sistema de drenaje del equipo.	1 Bomba eléctrica	12 voltios
	1 Interruptor	12 voltios
	1 Pulsador	12 voltios
	1 Indicador luminoso (LED)	12 voltios
	1 Placa para temporización	12 voltios
	1 Relé	12 voltios
Control temporizado de los pulsos de corriente que el ECM envía al Inyector.	1 Pulsador	12 voltios
	1 Indicador luminoso (LED)	12 voltios
	1 Placa para temporización	12 voltios
	1 Relé	12 voltios
	2 conectores para inyectores.	12 voltios
Control del equipo electrónico para lectura del RPS.	1 Interruptor.	12 voltios
	1 Indicador luminoso (LED)	12 voltios

**Elaborado por:** Adrián Casanova.

Una vez identificados los requerimientos electrónicos y eléctricos se procede a simular el circuito apoyándonos del software LIVE WIRE.

Este circuito tiene como componente principal un circuito integrado 555 configurado como “monoestable”, esto quiere decir que a su salida se genera un pulso con un tiempo de duración determinado, mismo que permite un control temporizado tanto para la bomba de combustible del sistema de drenaje como para el tiempo de accionamiento del inyector en las diferentes pruebas. El pulso temporizado se dará luego de accionar el pulsador abierto uno o dos dependiendo de la necesidad del operador del equipo. El tiempo de accionamiento de los circuitos se puede visualizar en la luz testigo (diodo led) tanto para el sistema de drenaje como para el control del tiempo de activación del inyector.

La duración del pulso de activación se genera por la resistencia variable (potenciómetro) y el capacitor que cada uno de los circuitos posee. La fórmula que se aplica es la siguiente:

**Ecuación. 4. 2. DURACIÓN DEL PULSO DE ACTIVACIÓN.**

$$T \text{ activación (seg)} = 1.1 \times \text{Resistencia variable (ohmios)} \times \text{Capacitor (faradios)}$$

**Fuente:** Suconel.

**Tabla 4. 20. CÁLCULO DEL TIEMPO DE ACTIVACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE.**

DATOS:	CÁLCULO:
T activación (seg) = 16 seg.	$T_{act.} = 1.1 \times R_v \times C$
Capacitor = 470 uF = 0.00047 F	$R_v = \frac{T_{act.}}{1.1 \times C} = \frac{16 \text{seg.}}{1.1 \times 0.00047 F}$
	$R_v = 30947,775 \text{ohmios} = 31K$

**Elaborado por:** Adrián Casanova.

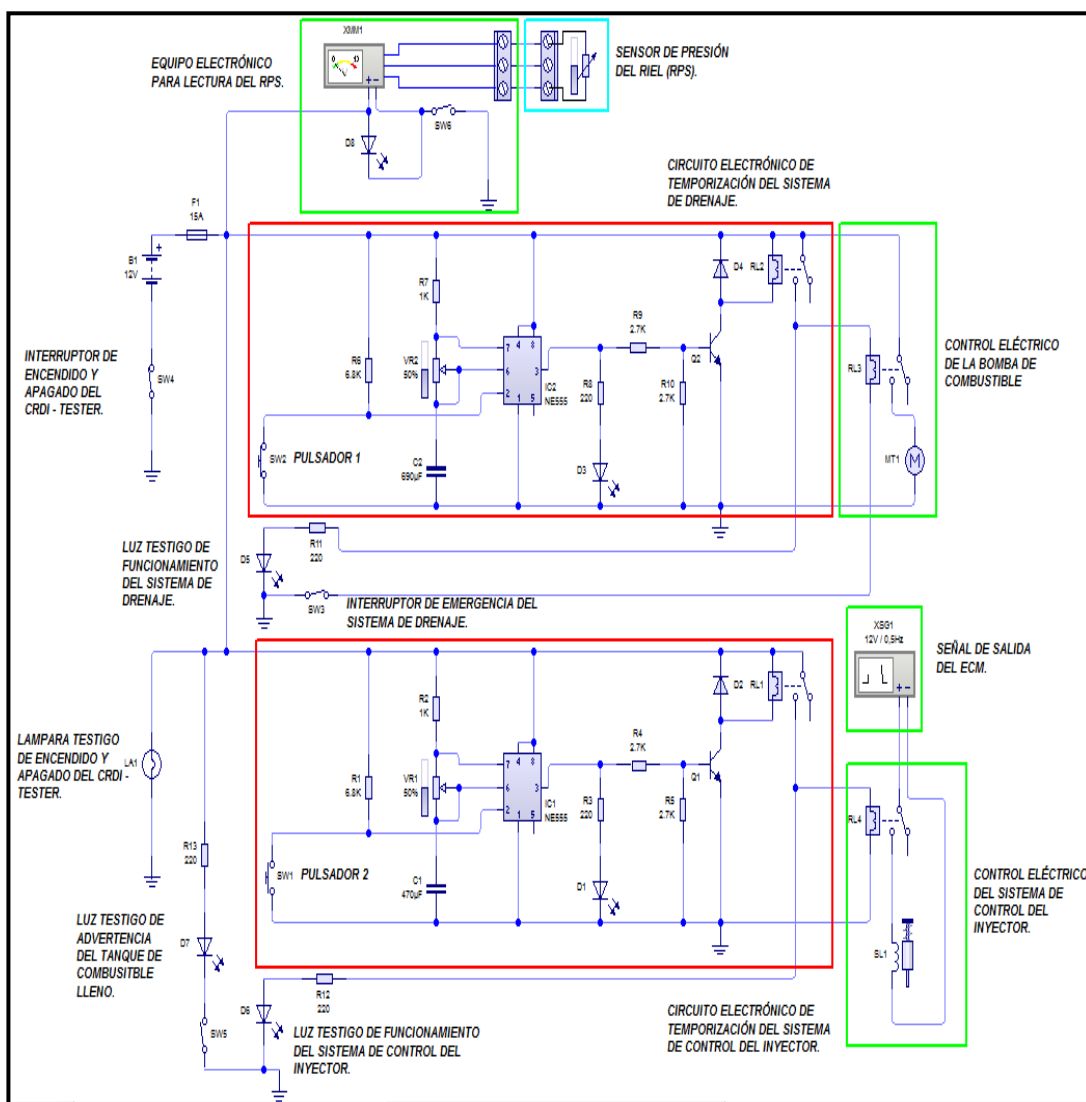
En el circuito encontramos un relé que va integrado a la placa de control y otro relé que va acoplado de forma externa; el relé integrado a la placa de control está acoplado a través de un transistor bipolar NPN que trabaja como interruptor y permite unir la parte de control realizada por el circuito integrado y la parte de potencia que se da a través del relé.

Tabla 4. 21. CÁLCULO DEL TIEMPO DE ACTIVACIÓN DEL INYECTOR.

DATOS:	CÁLCULO:
T activación (seg) = 30 seg.	$Tact. = 1,1xRvxC$
Capacitor = 690 uF = 0,00069 F	$Rv = \frac{Tact.}{1,1xC} = \frac{30seg.}{1,1x0,00069F}$
	$Rv = 39525,6916ohmios = 40K$

Elaborado por: Adrián Casanova.

El circuito eléctrico del equipo se encuentra detallado en el ANEXO F.

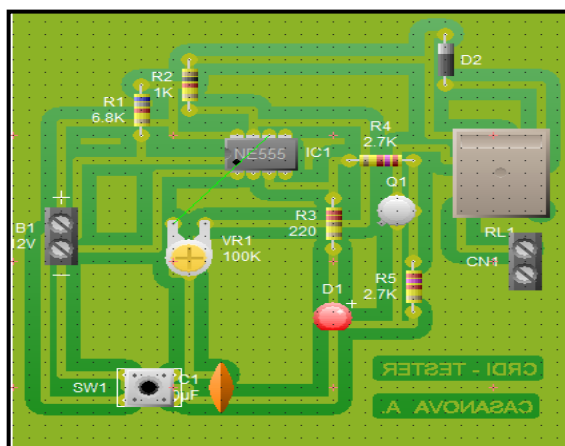


Elaborado por: Adrián Casanova.

Figura 4. 40. CIRCUITO ELÉCTRICO DEL EQUIPO.

## a. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LAS PLACAS DE TEMPORIZACIÓN

La construcción del sistema de control electrónico inicia con el modelado de las placas de temporización para ello se utiliza el software para diseño de circuitos PCB WIZARD.



Elaborado por: Adrián Casanova.

Figura 4. 41. MODELADO DE LAS PLACAS DE TEMPORIZACIÓN – PCB WIZARD.

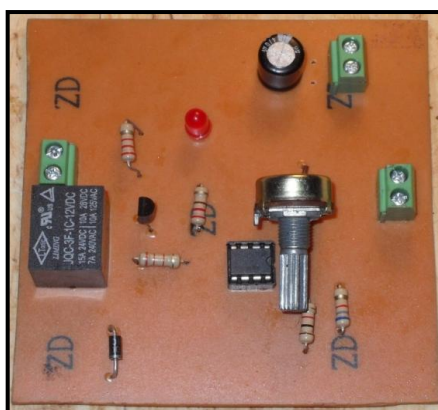
Con los diseños listos se procede a adquirir los componentes electrónicos necesarios para su fabricación.

Tabla 4. 22. ELEMENTOS DE LAS PLACAS DE TEMPORIZACIÓN.

CANTIDAD	ELEMENTO	RANGO DE OPERACIÓN
2	Relés	12 voltios
2	Led's (rojos)	12 voltios
2	CI 555	12 voltios
2	Potenciómetros	100 K
2	Capacitores	470 uF
1	Capacitor	220 uF
2	Transistores 2N3904	12 voltios
2	Diodos 1N4007	12 voltios
2	Resistencias	220 ohmios
4	Resistencias	2,7 K
2	Resistencias	1 K
2	Resistencias	6,8 K
6	Borneras ( 2 terminales c/u)	12 voltios

Elaborado por: Adrián Casanova.

Con los diseños modelados se procede a imprimirlos y transferir a las placas de baquelita mediante la técnica del planchado, se procede a insertarlas en cloruro férrico disuelto en agua para retirar el cobre excedente. Cuando el cobre excedente se ha retirado se procede a perforar cada una de las placas, se inicia con el proceso de suelda de los componentes electrónicos y las placas quedan listas para ser instaladas.



**Autor:** Adrián Casanova.

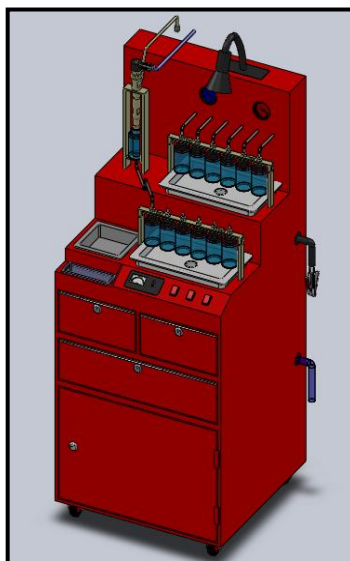
**Figura 4. 42.PLACAS DE TEMPORIZACIÓN TERMINADAS.**

#### **4.8.5. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA PARA UNIFICAR Y CONTROLAR EL INSTRUMENTAL SELECCIONADO.**

Los elementos constitutivos del instrumental, son todos aquellos elementos, que permitirán utilizar los recursos ya existentes en el vehículo, para realizar procedimientos de diagnóstico y reparación en taller de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 aplicados a la línea KIA.

Con el fin de unificar todos estos elementos se ha procedido a ensamblarlos en un banco llamado CRDI TESTER.

El CRDI TESTER es un banco de pruebas que permite utilizar los recursos ya existentes en el mismo vehículo para poder realizar procedimientos de diagnóstico en los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3.



Elaborado por: Adrián Casanova.

**Figura 4. 43. MODELADO 3D - CRDI TESTER.**

En su parte frontal, el CRDI TESTER consta de los siguientes elementos: manómetros de presión y de vacío, de las probetas para pruebas de retorno y de caudal, probeta de sujeción del inyector en pruebas, el panel de control con los interruptores e indicadores luminosos y el equipo electrónico para lectura del RPS. Adicionalmente el equipo tiene una lámpara, una bandeja imantada y una de acero inoxidable de uso múltiple, tres cajones para almacenar implementos del equipo como acoples, conectores eléctricos, etc., y una compuerta que permitirá el acceso al control eléctrico, electrónico e hidráulico.

En su parte lateral el equipo consta del cable de alimentación eléctrica así como la salida de drenaje del equipo. Debido a las pruebas el equipo almacena combustible, mismo que después de una determinada cantidad debe ser evacuado.

En su parte posterior el equipo consta de las cañerías, mangueras y cables de alimentación eléctrica con los que se realizara las diferentes

pruebas. Adicionalmente consta de una compuerta de acceso que permite acceder a la parte interna del equipo.

Los planos de construcción del CRDI TESTER se encuentran detallados en el ANEXO E.

Una vez realizado el modelado en 3D del CRDI TESTER se procede a imprimir los planos que se van a utilizar en la construcción de la estructura. Las medidas son pasadas a las planchas ACERO ASTM A-36 para cortarlas y empezar a formar cada una de las partes.

Después de haber conformado todas las piezas necesarias, se procede a soldar la estructura. El tipo de suelda corresponde a un proceso MIG. Con todas las partes soldadas, la estructura queda lista para realizar las perforaciones conforme a los planos.



**Autor:** Adrián Casanova.

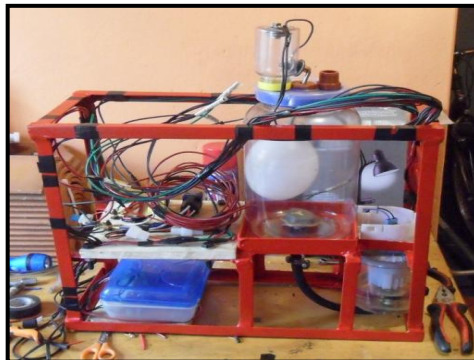
**Figura 4. 44. ESTRUCTURA SOLDADA.**

Como parte final la estructura del equipo es pintada al horno con pintura electrostática de color rojo.



#### **4.8.6. CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL ELÉCTRICO DEL EQUIPO.**

Con los circuitos impresos terminados se procede a ensamblarlos en el soporte previamente elaborado para continuar armando el sistema eléctrico conforme a los planos de diseño.



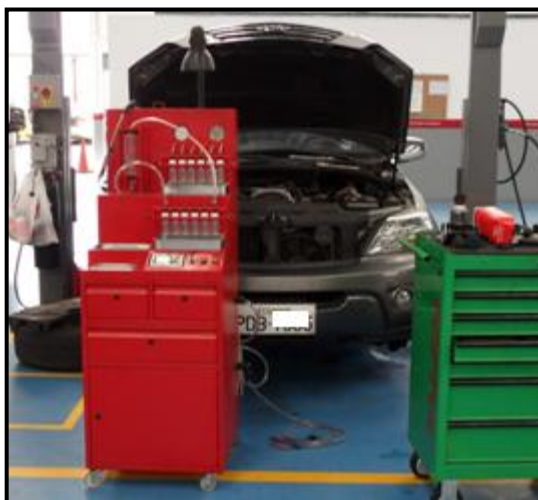
**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 45. CONSTRUCCIÓN DEL CONTROL ELÉCTRICO DEL CRDI TESTER.**

Finalmente se procedió a armar el panel de instrumentos, el mismo que consta del equipo electrónico para la lectura del RPS, interruptores, pulsadores y luces testigo conforme al diagrama eléctrico. El sistema de drenaje del equipo está constituido por un tanque de combustible con capacidad para un galón de diesel, un indicador de nivel de combustible y una bomba eléctrica de rodillos para combustible diesel, todos estos elementos deben ser ensamblados en una sola estructura para lo cual se diseñó un soporte que permita sujetar de manera eficiente todos estos elementos. De igual forma este soporte permitirá albergar los elementos del sistema de control eléctrico y electrónico del equipo.

#### **4.8.7. ENSAMBLAJE DE LOS ELEMENTOS SELECCIONADOS DEL INSTRUMENTAL.**

Una vez que el circuito eléctrico ha sido implementado en el equipo, se procede a ensamblar los elementos restantes: manómetro de presión y de vacío, bandejas metálicas, probetas plásticas y la lámpara.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 4. 46.CRDI TESTER TERMINADO.**

Como parte final del proceso de ensamblaje se realiza un control de calidad del equipo, en el que se inspecciona y se comprueba que todos sus elementos estén ensamblados adecuadamente así como su estado de operabilidad, quedando el equipo listo para ser utilizado en los procedimientos de diagnóstico y reparación en taller de sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 en vehículos de la línea KIA.

## CAPÍTULO 5

### IMPLEMENTACION DEL CRDI TESTER EN PROCEDIMIENTOS DE DIAGNÓSTICO Y REPARACIÓN EN TALLER DE SISTEMAS CRDI BOSCH CP1 Y CP3 APLICADOS A LA LINEA KIA.

#### 5.1. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA CRDI BOSCH DEL VEHÍCULO EN REPARACIÓN.

Una vez que un vehículo KIA con sistema CRDI Bosch ha ingresado al taller presentando problemas en su sistema de alimentación de combustible, se debe identificar el tipo de sistema, si este es CP1 o CP3, esto se lo puede realizar refiriéndose al manual técnico del vehículo o identificando la ubicación y tipo de componentes que este tiene en su sistema de alimentación de combustible.

**Tabla 5. 1. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA CRDI BOSCH DEL VEHÍCULO EN REPARACIÓN MEDIANTE LA UBICACIÓN DE SUS ELEMENTOS.**

CP1	CP3
Bomba de combustible eléctrica que genera presión en el circuito de baja, ubicada en el tanque.	Bomba de combustible mecánica del tipo engranajes que genera vacío (succión) en el circuito de baja presión, ubicada en la parte posterior de la bomba de alta.
La bomba de alta presión se encuentra ubicada en la parte posterior del eje de levas.	La bomba de alta presión se encuentra ubicada junto a la distribución (en la parte posterior de la distribución).

**Elaborado por:** Adrián Casanova.

Para los vehículos KIA CRDI Bosch CP1 y CP3 comercializados en el Ecuador se puede tomar el siguiente cuadro de referencia para identificar el tipo de sistema de combustible del vehículo en diagnóstico y reparación:

**Tabla 5. 2. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA CRDI BOSCH DEL VEHÍCULO EN REPARACIÓN MEDIANTE LOS MODELOS COMERCIALIZADO EN EL ECUADOR.**

CP1	KIA SPORTAGE CRDI KIA CARENS CRDI
CP3	KIA SORENTO CRDI

**Elaborado por:** Adrián Casanova.

Una vez que se ha identificado que tipo de sistema CRDI Bosch que posee el vehículo se inicia con el proceso de diagnóstico.

El proceso de diagnóstico del sistema CRDI Bosch CP1 y CP3 está dividido en tres etapas o secciones:

- Primera etapa: Diagnóstico del sistema de baja presión.
- Segunda etapa: Diagnóstico del sistema de alta presión.
- Tercera etapa: Diagnóstico de los inyectores.

Para un adecuado procedimiento de diagnóstico y consecuentemente el de reparación es indispensable seguir cada una de las etapas en orden jerárquico.

## **5.2. PRIMERA ETAPA: DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE BAJA PRESIÓN.**

La primera etapa está constituida por todo el sistema de baja presión. El sistema de baja presión es el inicio del suministro de combustible, de esta depende que el sistema de alta presión funcione adecuadamente y como consecuencia que el motor del vehículo lo haga también. Por lo tanto es indispensable que la primera etapa este en

óptimas condiciones de funcionamiento para proceder con el diagnóstico de la segunda etapa.

### 5.2.1 PROCESO DE DIAGNÓSTICO

Una vez que se ha identificado el tipo de sistema CRDI Bosch del vehículo, se conoce si el sistema de baja presión genera vacío o genera presión. Con estos datos se procede a abrir la compuerta posterior del CRDI TESTER y conectar las mangueras de salida de los manómetros al que corresponda (presión o vacío) mediante el acople rápido.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 5. 1. CONEXIÓN HACIA LOS MANÓMETROS.**

1. Compuerta posterior del CRDI TESTER, 2. Manómetro de vacío, 3. Manómetro de presión, 4. Acople rápido de las mangueras de salida.

Una vez que se ha conectado el manómetro correspondiente se cierra la compuerta y se procede a conectar las mangueras de salida del manómetro al motor del vehículo de la siguiente forma:

#### a. DIAGNÓSTICO CP1

En el caso de que el sistema CRDI Bosch del vehículo sea CP1 se debe conectar las mangueras del manómetro de presión desde la cañería que viene del tanque de combustible hacia la entrada del filtro de combustible. Una vez que se ha conectado es indispensable sangrar el

sistema de baja presión. Cuando el sistema de baja presión esté sangrado se procede a encender el motor del vehículo y tomar la lectura que nos da el manómetro. En el caso de que el motor del vehículo no encienda la prueba se realiza dando arranque al motor entre 6 - 10 segundos.

Para vehículos con sistema CRDI Bosch CP1 los valores del sistema de baja presión son los siguientes:

**Tabla 5. 3. VALORES DEL SISTEMA DE BAJA PRESIÓN EN EL SISTEMA CRDI BOSCH CP1.**

CASO	PRESIÓN (BAR)	RESULTADO
1	1.5 – 3.5 $kgf/cm^2$	Sistema normal.
2	0.1 – 1.4 $kgf/cm^2$	Filtro de combustible o línea de combustible obstruida.
3	SIN PRESIÓN	Funcionamiento anormal de la bomba de combustible.

**Elaborado por:** Adrián Casanova.

## **b. DIAGNÓSTICO CP3**

Para el caso de que el sistema CRDI Bosch del vehículo sea CP3 se deben conectar las mangueras del manómetro de vacío desde la salida del filtro de combustible hacia la entrada de la bomba de alta presión. Una vez que se ha conectado es indispensable sangrar el sistema de baja presión. Cuando el sistema de baja presión esté sangrado se procede a encender el motor del vehículo y tomar la lectura que nos da el manómetro. En el caso de que el motor del vehículo no encienda la prueba se realiza dando arranque al motor entre 6 - 10 segundos. Para vehículos con sistema CRDI Bosch CP3 los valores del sistema de baja presión son los siguientes:



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 5. 2. LECTURA DEL MANÓMETRO DE VACÍO.**

**Tabla 5. 4. VALORES DEL SISTEMA DE BAJA PRESIÓN EN EL SISTEMA CRDI BOSCH CP3.**

CASO	VACÍO	RESULTADO
1	20 – 60 cmHg.	Filtro o línea de combustible obstruida (Bomba de baja presión en buenas condiciones).
2	10 – 19 cmHg.	Sistema normal (Buenas condiciones).
3	0 – 9 cmHg.	Fuga de aire en el sistema o bomba de succión dañada.

**Elaborado por:** Adrián Casanova.

## 5.2.2 PROCESOS DE REPARACIÓN

En el caso de que los valores tanto para CP1 o CP3 no estén dentro de los rangos normales, se debe iniciar con el proceso de reparación. Es indispensable garantizar que el sistema de baja este en buenas condiciones de funcionamiento.

### a. REPARACIÓN CP1

**Diagnóstico:** Filtro de combustible o línea de combustible obstruida.

**Reparación:** El primer paso a seguir es revisar el filtro de combustible; se debe retirar el filtro de combustible y revisar que tan contaminado está,

esto nos dará indicios de cómo se encuentra el sistema de baja presión. En el caso de un proceso de reparación es indispensable reemplazarlo.

El segundo paso es revisar como se encuentra el interior del tanque de combustible, en este caso (CP1) retirando la bomba de baja presión y verificando físicamente el interior del tanque; en el caso de que este se encuentre con contaminado con algún tipo de suciedad se procede a realizar una limpieza del tanque de combustible.

Una vez que el filtro de combustible y la bomba de combustible del sistema de baja presión han sido retirados se procede a limpiar la cañería de combustible con aire comprimido en los dos tramos (bomba de alta presión – filtro y filtro – tanque) con el fin de eliminar suciedades que podrían estar obstruyendo el flujo normal del combustible.

Después de haber realizado los procesos anteriores, se arma nuevamente el sistema y es indispensable realizar una nueva comprobación con el CRDI TESTER para garantizar que la bomba este entregando el combustible a la presión adecuada. Han existido casos en que la bomba ya está deteriorada y no da la presión necesaria para alimentar a la bomba de alta.

**Diagnóstico:** Funcionamiento anormal de la bomba de combustible.

**Reparación:** En el caso de que la bomba de combustible (CP1) no esté funcionando, lo primero que se va a revisar es la alimentación eléctrica de la bomba, si está o no llegando la corriente necesaria para activarla.

Una vez que se ha comprobado la alimentación eléctrica, se debe revisar si la bomba está funcionando o no. Una vez revisado y comprobado que el sistema de alimentación eléctrica este funcionando



adecuadamente lo más probable es que la bomba este dañada y se la deba reemplazar.

### **b. REPARACIÓN CP3**

**Diagnóstico:** Filtro o línea de combustible obstruida (Bomba de baja presión en buenas condiciones).

**Reparación:** Para el proceso de reparación se deben seguir los mismos pasos que para el sistema CP1 con la diferencia de que para realizar la revisión interna del tanque se debe retirar el medidor de combustible que se encuentra ubicado en el mismo lugar en el que se encuentra la bomba eléctrica del sistema CP1.

**Diagnóstico:** Fuga de aire en el sistema o bomba de succión dañada.

**Reparación:** La bomba de alta presión para el sistema CRDI Bosch CP3 tiene una bomba mecánica del tipo engranajes para el sistema de baja presión, esta bomba mecánica esta accionada por un eje que a su vez esta unido al eje principal de entrada de la bomba. El principal daño se produce en este eje principalmente, este se desgasta y como consecuencia ya no acciona la bomba de baja o lo hace de forma incorrecta produciendo un vacío deficiente. Este daño inicia con un golpeteo fuerte junto a la distribución.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 5. 3. DAÑO EN EL EJE DE ACCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE ENGRANAJES – CP3.**

Una vez que se ha retirado la bomba de engranajes y se determina que el daño está en el eje de accionamiento se procede de la siguiente manera: En el caso de disponer de una bomba de alta presión cambiada anteriormente por defectos en la que se encuentre el eje de accionamiento de la bomba de baja presión en buenas condiciones, proceder a cambiarlo por el defectuoso, caso contrario hay que cambiar toda la bomba debido a que no existen repuestos disponibles en el mercado.

En el caso de que la bomba de baja presión no se encuentre defectuosa pero la falla persiste, se debe revisar el estado de las cañerías y acoples de todo el sistema de baja presión debido a que lo más probable es que exista una entrada de aire al sistema lo que no permite que la bomba de baja genere un vacío adecuado.

### **5.3. SEGUNDA ETAPA: DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ALTA PRESIÓN.**

La segunda etapa está constituida por todo el sistema de alta presión y los procedimientos de diagnóstico se los realiza únicamente después de que haya sido revisado y comprobado el correcto funcionamiento de la primera etapa (sistema de baja presión).

#### **5.3.1 PROCESO DE DIAGNÓSTICO**

En esta etapa se debe revisar la presión que la bomba de alta está suministrando al riel común. Debido a la alta presión que envía la bomba y consecuentemente se mantiene en el riel común (1000 – 1800 bar.) es sumamente difícil utilizar un manómetro de presión, por lo que se utiliza un recurso que existe en el mismo motor del vehículo como es el RPS (Sensor de Presión del Riel). Un equipo electrónico toma la señal de voltaje del

RPS (Sensor Piezoeléctrico) y la transforma en una señal de salida que permite al operario visualizar la presión existente en el riel.

Para realizar esta prueba se debe desconectar del arnés de cables principal del vehículo el conector eléctrico del RPS. Se debe seleccionar de los dos tipos de acoples diferentes (CP1 o CP3) que posee el equipo electrónico el que corresponde al vehículo en diagnóstico, acoplar al cable de salida del equipo electrónico y conectar en el conector de alimentación eléctrica del RPS del riel común.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 5. 4. CONEXIÓN DEL EQUIPO ELECTRÓNICO PARA LECTURA DEL RPS DEL CRDI TESTER AL RPS DEL RIEL COMÚN DEL MOTOR.**

Debido a que el RPS está desconectado del arnés de cables principal del motor del vehículo, el ECM no va a tener señal del RPS y por lo tanto el vehículo va a encender en modo a prueba de fallo limitando la capacidad de aceleración del vehículo. Para tomar la lectura del voltímetro se debe encender el equipo y arrancar el motor. Los valores de las pruebas se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 5. 5. RANGOS DE PRESIÓN DEL RIEL – CRDI BOSCH CP1.**

CONDICIÓN DE LA PRUEBA	PRESIÓN DEL RIEL (BAR)	VOLTAJE DE SALIDA (V)
RALENTÍ	220 – 320	Aprox. 1,7
PLENA CARGA	1500	Aprox. 4,5

**Elaborado por:** Adrián Casanova.

**Tabla 5. 6. RANGOS DE PRESIÓN DEL RIEL – CRDI BOSCH CP3.**

CONDICIÓN DE LA PRUEBA	PRESIÓN DEL RIEL (BAR)	VOLTAJE DE SALIDA (V)
RALENTÍ	220 – 320	Aprox. 1,7
PLENA CARGA	1800	Aprox. 4,5

**Elaborado por:** Adrián Casanova.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 5. 5. VOLTÍMETRO ELECTRÓNICO PARA LECTURA DEL RPS.**

### 5.3.2. PROCESOS DE REPARACIÓN

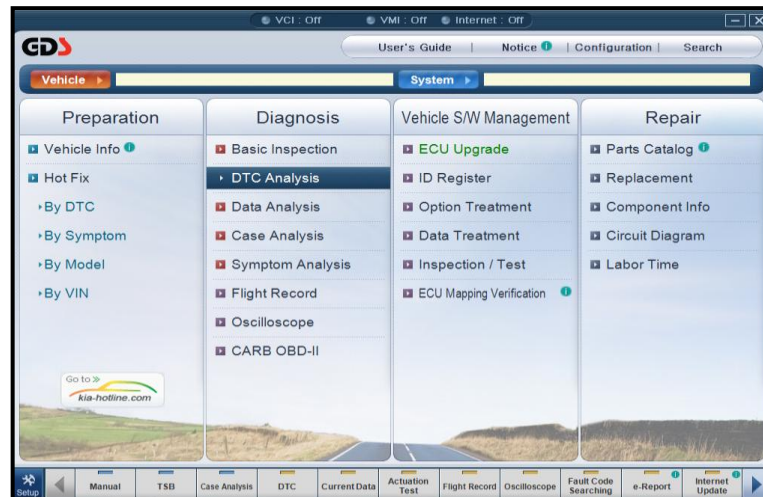
Antes de iniciar con los procesos de reparación en la segunda etapa, es indispensable que la primera etapa (sistema de baja presión) esté funcionando en óptimas condiciones.

Una vez que se ha diagnosticado con la ayuda del CRDI TESTER que el sistema de alta no está alcanzado la presión adecuada de funcionamiento, es recomendable realizar un análisis de funcionamiento de los sensores y actuadores del sistema de alta.

Para realizar el análisis de los sensores y actuadores que intervienen en el sistema de alta presión, se recomienda utilizar el GDS (escáner de la marca KIA MOTORS). El GDS consta del software instalado en un computador de preferencia portátil y el VCI que es la interfaz de conexión entre el ECM del vehículo y el computador portátil.

La primera comprobación que se realiza con el GDS es determinar si existen códigos de falla almacenados en el ECM del vehículo. Conectado el VCI al puerto OBD del ECM se lo enciende y se coloca la

llave de encendido del motor en la posición ON (contacto). Se inicia el programa y en la sección de diagnóstico se selecciona la opción análisis de códigos de falla (DTC Analysis).



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 5. 6. PANTALLA DE INICIO DEL GDS – ANÁLISIS DE CÓDIGOS DE FALLA.**

Seleccionada la opción de análisis de códigos de falla se ingresa el modelo, año, tipo de motor del vehículo a diagnosticar así como el sistema que se va a revisar. En el caso de disponer del VIN del vehículo se lo puede ingresar directamente y el programa selecciona automáticamente el modelo, año y tipo de motor.

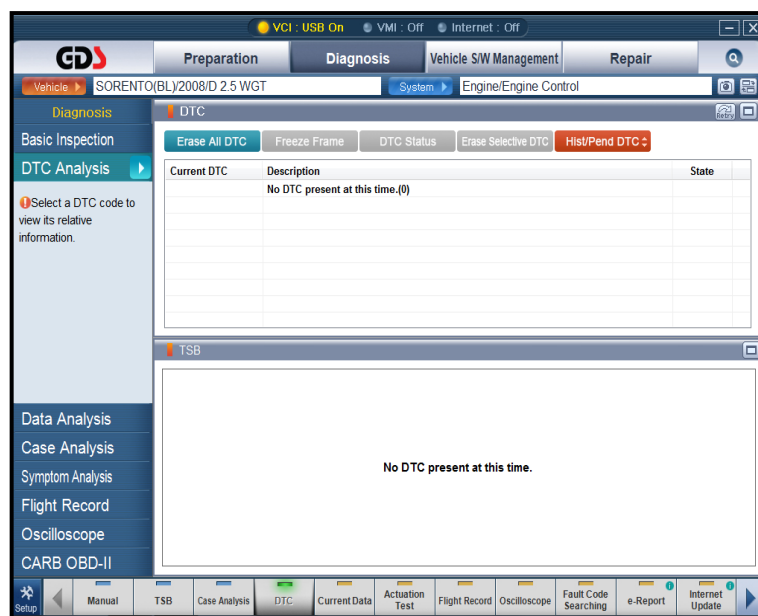


**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 5. 7. PANTALLA DE SELECCIÓN DE PARÁMETROS DEL VEHÍCULO Y SISTEMA A DIAGNÓSTICAR DEL GDS.**

Con los parámetros anteriores seleccionados se inicia con el proceso de búsqueda de códigos de fallo. En el caso de existir códigos de falla presentes se indicara el código así como una breve descripción del problema, caso contrario se indicara que no existe ningún tipo de código almacenado en el ECM.

Una vez que se ha determinado la existencia o no de códigos de falla, el siguiente procedimiento recomendable es realizar un análisis de parámetros de operabilidad de los sensores que intervienen en el sistema CRDI Bosch CP1 o CP3. Se debe volver a la página inicial del GDS y seleccionar la opción análisis de datos (data analysis) de la sección diagnóstico.

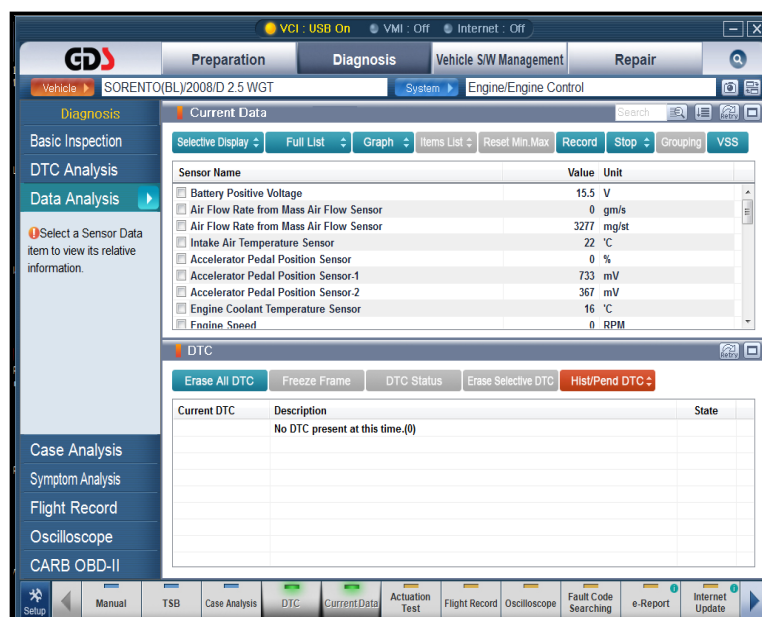


**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 5. 8. PANTALLA DE ANÁLISIS DE CÓDIGOS DE FALLA DEL GDS.**

En esta sección se muestra los diferentes sensores que intervienen en el sistema con sus respectivos valores y unidades de medida. El software controlador del GDS da la opción de realizar gráficas en tiempo real mismas que facilitan el proceso de diagnóstico. Es recomendable realizar el análisis con el GDS debido a que el sistema de control

electrónico es quien finalmente permite o no que exista presión en el sistema de alta. Hay casos en los que un sensor está dando una señal anormal, el ECM del vehículo la detecta y envía una orden errónea hacia los actuadores provocando anomalías en el funcionamiento del vehículo.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 5. 9. PANTALLA DE ANÁLISIS DE DATOS DEL GDS.**

### a. REPARACIÓN DE LA BOMBA DE ALTA PRESIÓN CP3

La razón principal por la que una bomba de alta presión de un sistema CRDI Bosch sufre daños se debe a la falta de lubricación, esto se da porque no llega combustible hacia la bomba de alta presión. Hay que tener presente que todos los elementos internos de la bomba de alta presión son lubricados únicamente con el combustible del vehículo.

**Válvulas de aspiración:** Estas son las válvulas que permiten la absorción de combustible hacia la parte interna de los pistones de la bomba de alta presión. En el instante que el pistón desciende la válvula

se abre permitiendo la absorción del combustible; cuando el pistón asciende la válvula se cierra hermetizando el sistema.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 5. 10. LOCALIZACIÓN DE LA VÁLVULA DE ASPIRACIÓN Y DE SALIDA.**

1. Válvula de aspiración, 2. Válvula de salida.

El daño que generalmente se produce es en la válvula que permite la absorción del combustible y la hermeticidad del sistema. Esta se desgasta de tal forma que ya no hermetiza bien y como consecuencia no permite la generación de la alta presión en el sistema.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 5. 11. VÁLVULA DE INGRESO DE COMBUSTIBLE HACIA LOS PISTONES DE LA BOMBA DE ALTA PRESIÓN.**

1. Tapón, 2. Válvula de absorción y hermeticidad, 3. Soporte de la válvula y muelle, 4. Muelle de recuperación.

### **Válvulas de salida de combustible hacia el riel de alta presión:**

En este tipo de válvulas el daño que generalmente se produce es a la



altura de la válvula de salida (bola metálica) esta suele quedarse pegada en el asiento debido a corrosión o por falta de lubricación.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 5. 12. VÁLVULA DE SALIDA DE COMBUSTIBLE HACIA EL RIEL DE ALTA PRESIÓN.**

1. Válvula de salida, 2. Muelle de recuperación, 3. Soporte de la válvula y muelle.

El proceso a seguir para una reparación es retirar la válvula de salida y verificar el estado físico si no presenta síntomas de recalentamiento (bola azulada) o de corrosión, se recomienda cambiar la válvula (solo la bola metálica), está se la puede conseguir como repuesto alternativo. En el caso de que la falla persista lo más probable es que exista daño en el asiento de la válvula y el único procedimiento a seguir es el cambio de toda la bomba de alta presión.

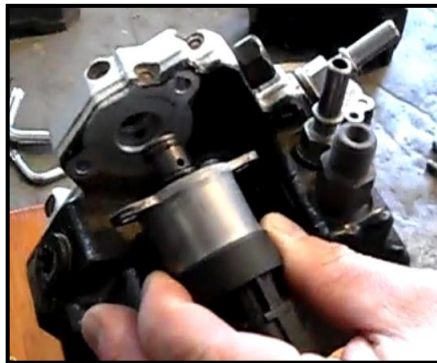
**Filtro interno de la bomba:** La bomba de alta presión posee un filtro interno, el mismo que en un proceso de reparación debe ser limpiado, para realizar esta limpieza es recomendable utilizar limpiador de carburadores.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 5. 13. FILTRO INTERNO DE LA BOMBA.**

**Válvula reguladora de presión:** En cuanto a la válvula reguladora de combustible el único procedimiento de reparación que se le puede aplicar, es realizar una limpieza general, debido a que no vienen repuestos, si a pesar de la limpieza esta sigue fallando el procedimiento es cambiar en su totalidad la válvula. Para realizar la limpieza se la debe desmontar de la bomba de alta presión.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 5. 14. DESMONTAJE DE LA VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN.**

Una vez desmontada la válvula se retiran los sellos de caucho y se procede a extraer el pistón. Con el pistón retirado se recomienda limpiar el interior de la válvula con un paño que no deje pelusa, es posible hacer la limpieza con diesel o con limpiador de carburadores. En el caso de que el problema persista en la válvula se la debe reemplazar por una nueva.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 5. 15. ELEMENTOS DE LA VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN.**

1. Válvula, 2. Vástago, 3. Cuerpo de la válvula (electroimán).

**Retenedores:** En el caso de que exista fugas de combustible por los retenedores de la bomba de alta presión se los debe cambiar, estos se

los encuentra de forma comercial y viene todo en el kit de retenedores para la bomba de alta presión.

## b. REPARACIÓN DE LA BOMBA DE ALTA PRESIÓN CP1

En el caso de la bomba de alta presión CP1 los procedimientos son los mismos que para la CP3 con la diferencia de que no posee una bomba de engranajes ya que este sistema trabaja con una bomba eléctrica, y las válvulas de aspiración y salida se encuentran unificadas en el cabezal de la bomba para lo cual se debe desmontar todo el cabezal, limpiar y volver a montar.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 5. 16. ELEMENTOS DEL CABEZAL - BOMBA CP1.**

1. Tapa del cabezal, 2. Sello, 3. Válvula de aspiración y salida, 4. Soporte de la válvula de aspiración y de salida, 5 Muelle de recuperación, 6. Elemento de bomba con émbolo de bomba (calibración), 7 Bomba de alta presión CP1.

## c. REPARACIÓN DE LA VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN DEL RIEL

Está ubicada en el riel de alta presión, permite que el combustible retorne al tanque en el caso de existir una presión excesiva en el riel. El daño más común que se presenta es que la válvula deja de funcionar y esta se queda abierta, razón por la cual el combustible empieza a retornar al tanque y como consecuencia la presión no sube en el riel. Para revisar

la válvula retiro el retorno y verifico si el combustible está retornando permanentemente. En el caso de diagnosticar un daño en la válvula, se debe reemplazar todo el riel de alta presión.

#### **d. REPARACIÓN DEL SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL**

Este sensor está ubicado en el riel de alta presión, da la información al ECM de la presión existente en el riel. En el caso de que esté presentando algún tipo de anomalía o fallo el único proceso de reparación es reemplazar todo el elemento.

### **5.4. TERCERA ETAPA: DIAGNÓSTICO DE LOS INYECTORES**

Una vez que se ha comprobado las dos etapas anteriores (sistema de baja y alta presión) se procede con la tercera etapa que consiste en verificar el funcionamiento de los inyectores. Esta etapa consta de las siguientes pruebas:

- Diagnóstico del estado de la unidad de activación (Electroválvula).
- Diagnóstico de estanqueidad y entrega de caudal.

#### **5.4.1. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE LA UNIDAD DE ACTIVACIÓN (ELECTROVÁLVULA)**

Cuando el motor del vehículo es encendido el ECM envía los pulsos de corriente hacia la unidad de activación del inyector (electroválvula), misma que al activarse libera la presión ejercida sobre la bola de válvula, esto permite que el combustible localizado en la cámara de control valvular fluya por el retorno del inyector, dando una variación en las presiones y como consecuencia el émbolo de control de la válvula

sube uniformemente con la aguja del inyector, liberando los orificios de la tobera produciendo la inyección del combustible.

La prueba consiste en medir cuanto combustible esta retornado por el inyector y realizar una comparación con los retornos de todos los inyectores. Para realizar esta prueba se utilizara las probetas, mangueras y acoples para prueba de retorno del CRDI TESTER.

Se deben retirar los retornos de los inyectores del motor del vehículo y conectar cada una de las mangueras de las probetas en cada retorno del inyector, para ello utilizamos los acoples de bronce fabricados para este propósito.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 5. 17. CONEXIÓN DE LAS PROBETAS PARA PRUEBAS DE RETORNO.**

Una vez que se han conectado las mangueras para pruebas de retorno del CRDI TESTER se procede a encender el motor del vehículo y mantenerlo en ralentí. El combustible proveniente de los retornos de los inyectores comenzara a subir por las mangueras plásticas hasta llegar a las probetas del CRDI TESTER.

Lo recomendable es dejar que el combustible llegue hasta los 10 cc. pero esta medida referencial puede variar dependiendo del operario del equipo, debido a que el objetivo de la prueba es comparar la cantidad de combustible entregado por todos los inyectores, y basados en esa

referencia determinar cual inyector permite mayor o menor retorno, identificando así un problema presente en la unidad de activación.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 5. 18. PRUEBA DE RETORNO DE LOS INYECTORES.**

En el caso de que el vehículo no encienda se debe dar arranque durante 10 segundos, tiempo en el cual los retornos de los inyectores entregaran una determinada cantidad de combustible la misma que servirá para obtener parámetros de comparación. Según la cantidad de combustible a la que hayan llegado cada uno de los retornos de los inyectores se puede determinar el estado de la electroválvula según el siguiente cuadro:

**Tabla 5. 7. COMPARACIÓN DE LA CANTIDAD DE RETORNO DE LOS INYECTORES.**

CASO	NIVEL DE COMBUSTIBLE (PROBETAS O MANGERAS)	CAUSA	PROBLEMA
1	Todos iguales.	Unidad de activación del inyector en buenas condiciones.	Unidad de activación del inyector en buenas condiciones.
2	Excesivo retorno en uno de los inyectores.	Válvula de la unidad de activación abierta o no esta hermetizando correctamente.	No existe inyección en ese inyector o inyección deficiente.
3	No existe retorno en uno de los inyectores.	Electroválvula defectuosa y/o válvula de la unidad de activación atascada.	No existe inyección en ese inyector.

**Elaborado por:** Adrián Casanova.

Es indispensable que en la tercera etapa de diagnóstico el primer punto a comprobar sea el correcto funcionamiento de la electroválvula (pruebas de retorno), debido a que esta prueba se la puede realizar con los inyectores montados en el vehículo, adicionalmente nos dará indicios de cuál es el inyector o los inyectores que está presentado algún tipo de anomalía, los cuales serán sometidos a la siguiente prueba.

#### **a. PROCESOS DE REPARACIÓN**

En el caso de que exista algún tipo de anomalía en la electroválvula el proceso de reparación inicia con una prueba de continuidad para verificar el estado del solenoide del inyector. Otro problema frecuente es que debido a la mala calidad del combustible principalmente agua, la bola metálica de la unidad de activación del inyector se oxida y se queda pegada. Es posible abrir el cuerpo del inyector, realizar una limpieza y cambiar la bola metálica de la unidad de activación del inyector, pero es un procedimiento que no da ninguna garantía de funcionamiento, debido a que los repuestos utilizados generalmente son alternos, adaptados o provenientes de inyectores usados, por lo que en el caso de que el daño sea a la altura de la unidad de activación, lo más aconsejable es cambiar todo el inyector.

#### **5.4.2. DIAGNÓSTICO DE ESTANQUEIDAD Y ENTREGA DE CAUDAL.**

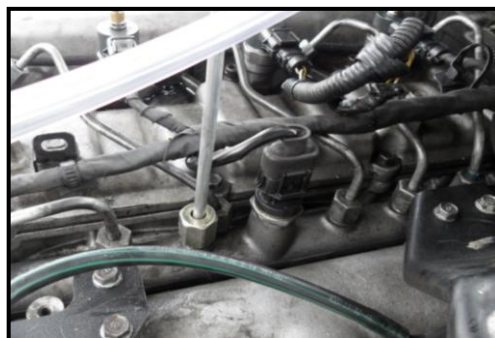
Una vez que los inyectores han pasado la prueba de retorno, es necesario comprobar si estos están entregando el caudal correcto al cilindro, como también si estos están hermetizando de forma adecuada para evitar goteos de combustible. Debido a la mala calidad del combustible en el Ecuador (suciedad, agua, excesiva cantidad de azufre, etc.) se presentan problemas a la altura de la tobera del inyector principalmente en la aguja del inyector tales como implosiones internas,

oxidación, desgaste prematuro por falta de lubricación, etc.; por estas causas se hace necesario verificar que efectivamente el inyector este entregando el caudal necesario al cilindro así como garantizar que exista la hermeticidad adecuada.

#### **a. PRUEBA DE ESTANQUEIDAD.**

La base para esta prueba se fundamenta en que el sistema CRDI Bosch CP1 o CP3 es un sistema que genera alta presión independientemente del régimen de giro del motor, por lo tanto el motor del vehículo es capaz de encender y mantener una presión correcta en el acumulador de presión únicamente con tres cilindros.

Esta prueba utiliza la alta presión generada en el riel y la traslada hacia el inyector en pruebas montado en el CRDI TESTER. La prueba inicia con el desmontaje del inyector que se desea comprobar del motor del vehículo. Como el objetivo es que el vehículo se encienda únicamente con tres cilindros se deben evitar pérdidas de compresión del motor para lo cual se monta el inyector – tapón que viene incluido en el CRDI TESTER.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 5. 19. CONEXIÓN DE LA CAÑERÍA DE ALTA PRESIÓN DEL CRDI - TESTER**

Con el inyector montado en el CRDI TESTER se debe conectar la cañería de alta presión del equipo, el un extremo en la riel de alta presión



del vehículo y el otro al inyector. También se debe conectar el retorno hacia las probetas.

En la prueba de estanquidad la alimentación eléctrica del inyector (pulsos enviados desde el ECM) permanece desconectada porque el inyector debe estar totalmente hermético tanto en la tobera como en el retorno.

Esta prueba se la realiza bajo dos condiciones, en ralentí (aprox. 900 rpm) y plena carga (aprox. 2000 rpm); los resultados y posibles anomalías se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 5. 8. PRUEBA DE ESTANQUEIDAD DE LOS INYECTORES.**

CASO	ESTADO DEL MOTOR	RPM	FUNCIONAMIENTO DEL INYECTOR	ESTADO DEL INYECTOR
1	RALENTÍ	900	Sin entrega de caudal ni de retorno.	Inyector en buenas condiciones.
2			Entrega de caudal.	Aguja de la tobera abierta o no esta hermetizando correctamente.
3			Entrega de retorno.	Válvula de la unidad de activación abierta o no esta hermetizando correctamente.
4	PLENA CARGA	2000	Sin entrega de caudal ni de retorno.	Inyector en buenas condiciones.
5			Entrega de caudal.	Aguja de la tobera abierta o no esta hermetizando correctamente.
6			Entrega de retorno.	Válvula de la unidad de activación abierta o no esta hermetizando correctamente.

**Elaborado por:** Adrián Casanova.

Para el caso de que el inyector este entregado caudal, el proceso de reparación inicia con una limpieza de la tobera del inyector. No es recomendable limpiar el inyector únicamente con diesel o limpiador de carburadores, debido a que los orificios y calibraciones son muy pequeñas, razón por la cual es recomendable hacer una limpieza por ultra sonido, esto se lo puede realizar con un limpiado convencional de inyectores a gasolina.

Una vez que se ha realizado la limpieza de la tobera se debe armar nuevamente en el inyector y proceder a comprobar que la falla ha sido corregida, caso contrario se debe cambiar la tobera del inyector; las toberas de los inyectores están disponibles en el mercado y son fáciles de adquirir.

En el caso de que este retornando combustible por el inyector referirse a los procesos de reparación de la sección diagnóstico del estado de la unidad de activación (electroválvula).

## **b. PRUEBA DE ENTREGA DE CAUDAL**

La prueba de entrega de caudal es similar a la prueba de estanqueidad, la conexión se mantiene pero en este caso se suministra la alimentación eléctrica proveniente del ECM del vehículo al inyector para que este empiece a funcionar normalmente. Se debe acoplar el conector de alimentación eléctrica del inyector del vehículo con el conector de alimentación eléctrica del inyector del CRDI TESTER.

Una vez que la alimentación eléctrica del inyector en pruebas está conectada se enciende el vehículo y se activa el pulsador de activación del inyector del CRDI TESTER, el mismo que activa el inyector por 30 segundos y luego lo desactiva automáticamente.



**Autor:** Adrián Casanova.

**Figura 5. 20. CONEXIÓN DE LA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DEL INYECTOR EN PRUEBAS.**

La prueba consiste en medir la cantidad de combustible que entrega el inyector así como la cantidad que retorna durante el tiempo de activación (30 segundos).

Los proceso de reparación son similares a los descritos en la sección pruebas de estanqueidad, una vez que se ha diagnosticado una anomalía en el inyector, se hace una limpieza de la tobera, se verifica visualmente el estado de los componentes y en el caso de ser necesario se cambia la tobera completa.

## **CAPÍTULO 6**

### **MARCO ADMINISTRATIVO**

#### **6.1. RECURSOS**

Para el desarrollo del presente proyecto es indispensable hacerlo de forma planificada, es decir, a través de un análisis técnico – operativo, lo que permitirá optimizar recursos tanto humanos, tecnológicos y materiales que son fundamentales para la puesta en marcha del proyecto.

Con el fin de solventar esta necesidad se plantea el presente capítulo en el cual se analizara todo aquello que tenga relación con el funcionamiento y la operatividad del proyecto, mediante el diseño y ejecución de un plan estratégico.

##### **6.1.1. RECURSOS HUMANOS**

Para realizar el presente proyecto, se contó con el apoyo de varios técnicos y profesionales de la rama automotriz, cada uno de ellos ha cumplido un rol específico e importante dentro de la ejecución del proyecto a continuación se detalla su participación de modo jerárquico:

Se contó con el asesoramiento del Ing. Luis Mena designado como Director quien promovió la investigación científica y la puesta en marcha del proyecto.

El Ing. Germán Erazo designado como Codirector proporcionó las directrices generales del proyecto apegándonos a los lineamientos

establecidos por la institución, así mismo supervisó el avance del proyecto en sus diferentes etapas.

El Ing. Darwin Chele en calidad de Jefe de Control de Calidad de KIA ASIAUTO S.A. permitió el ingreso a las diferentes concesiones tomadas en cuenta para la ejecución del proyecto, así mismo facilitó el acceso a fuentes de información exclusiva para personal de KIA, como también gestionó la adquisición de varios de los recursos materiales utilizados en la ejecución del proyecto.

El Sr. Adrián Casanova en calidad de investigador determinó la información más relevante relacionada a la problemática presentada para generar una solución viable.

**Tabla 6. 1. RECURSOS HUMANOS**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN**

<b>DIRECTOR</b>	Ing. Luis Mena
<b>CODIRECTOR</b>	Ing. Germán Erazo
<b>JEFE DE CONTROL DE CALIDAD KIA MOTORS</b>	Ing. Darwin Chele
<b>INVESTIGADOR</b>	Adrián René Casanova J.

**Elaborado por:** Adrián Casanova

### **6.1.2. RECURSOS TECNOLÓGICOS**

Para la ejecución del presente proyecto fue indispensable recopilar la mayor cantidad de información posible relacionada al tema, razón por la cual se hace necesario utilizar herramientas tecnológicas modernas que permiten absorber la información primaria de manera ágil y precisa. Entre las principales herramientas tecnológicas utilizadas tenemos: computador,

escáner, impresora, filmadora, cámara fotográfica, GDS (escáner de la marca), internet, software genérico, software específico de la marca KIA (GDS) e información técnica KIA en formato magnético. Estas herramientas tecnológicas facilitaron la investigación así como la presentación del proyecto.

**Tabla 6. 2. RECURSOS TECNOLÓGICOS**

<b>Filmadora.</b>	
<b>TECNOLÓGICOS</b>	Cámara fotográfica.
	Escáner de la marca KIA (GDS).
<b>INFORMÁTICOS</b>	Computador.
	Escáner.
	Impresora.
	Software genérico.
	Software específico de la marca KIA.
<b>BIBLIOGRÁFICOS</b>	Libros.
	Manuales técnicos impresos.
	Manuales técnicos digitales.
	Internet.

**Elaborado por:** Adrián Casanova

### 6.1.3. RECURSOS MATERIALES

Son todos aquellos elementos físicos que fueron utilizados para la materialización del presente proyecto. Entre los principales recursos materiales utilizados en el proyecto tenemos: manómetro de presión, manómetro de vacío, probetas, equipo electrónico para lectura del RPS, banco de sujeción, acoples plásticos, acoples metálicos, cañerías plásticas, cañerías metálicas, conectores eléctricos e interruptores.

**Tabla 6. 3. RECURSOS MATERIALES**

<b>CANTIDAD</b>	<b>ELEMENTO</b>
1	Estructura metálica.
1	Soporte metálico interno.
1	Manómetro de presión.
1	Manómetro de vacío.
1	Lector electrónico para el RPS.
1	Lámpara para 12 voltios.
3	Bandejas de acero inoxidable.
1	Bandeja imantada de acero inoxidable.
13	Probetas plásticas.
2	Tanques plásticos.
2	Cajas plásticas.
1	Bomba de combustible.
2	Interruptores.
2	Pulsadores.
14	Pernos mecanizados.
6	Acoples de broce fabricados en torno.
3	Led's indicadores.
2	Relés.

**Elaborado por:** Adrián Casanova

## **6.2. PRESUPUESTO**

Debido a la necesidad de generar un control financiero del proyecto como también mostrar de manera general la inversión total económica que se realizó, se detalla en la siguiente tabla (tabla 6.4) las cifras económicas junto con su respectiva asignación:

Tabla 6. 4. PRESUPUESTO

ORDEN	DETALLE	TOTAL (USD)
1	Fabricación de la estructura metálica.	450,00
2	Fabricación del soporte del sistema de drenaje y control eléctrico.	50,00
3	Manómetros de presión y vacío.	100,00
4	Lector electrónico para el RPS.	200,00
5	Lámpara para 12 voltios.	20,00
6	Bandejas metálicas.	50,00
7	Probetas plásticas.	30,00
8	Bomba de combustible.	120,00
9	Fabricación de circuitos impresos.	50,00
10	Cable flexible automotriz.	30,00
11	Interruptores, Terminales, Relés, Sockets.	50,00
12	Mangueras, cañerías y abrazaderas.	50,00
13	Pernos y trabajos de mecanizado.	50,00
14	Fabricación de acoples en torno.	40,00
15	Insumos varios (Taípe, silicón, pintura, brocas, etc.)	50,00
16	Gastos de transporte del equipo	100,00
<b>TOTAL DE LA INVERSIÓN</b>		<b>1440,00</b>

Elaborado por: Adrián Casanova

### 6.3. FINANCIAMIENTO

La inversión económica total estuvo a cargo del Sr. Adrián René Casanova Jiménez, quien es el autor del presente proyecto de investigación.

### 6.4. CRONOGRAMA

El cronograma se detalla en el ANEXO H.



## CONCLUSIONES

Una vez finalizado el presente proyecto de investigación se hace necesario poner en consideración las siguientes conclusiones y recomendaciones, con el propósito de que sean tomadas en cuenta por los usuarios de este documento.

- Se analizó las partes, componentes y funcionamiento de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 aplicados a la línea KIA.
- Se investigó y analizó los procedimientos de diagnóstico y reparación de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 aplicados a la línea KIA que mantenían los técnicos dentro de la concesión.
- Se investigó y analizó los procedimientos de diagnóstico y reparación de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 aplicados a la línea KIA que mantiene el laboratorio especializado en sistemas CRDI.
- Se desarrolló el procedimiento de diagnóstico de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 utilizando el mismo vehículo en proceso de reparación para lograr similares resultados a los obtenidos en un laboratorio especializado en CRDI.
- Se realizó una selección mecánica, eléctrica y electrónica de los elementos necesarios para utilizar los recursos ya existentes en el vehículo CRDI Bosch CP1 o CP3 en procedimientos de diagnóstico y reparación.
- Se diseñó, construyó e implementó un banco de pruebas llamado CRDI TESTER, este unifica todos los elementos constitutivos del

instrumental y permite utilizar los recursos ya existentes en el mismo vehículo para procedimientos de diagnóstico y reparación de los sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3.

- Se documentó y registró la presente investigación para uso pedagógico o profesional en sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 utilizados en vehículos livianos, permitiendo a sus futuros usuarios un diagnóstico y reparación efectiva, en menor tiempo y a un menor costo con mayor eficacia, eficiencia y productividad.

## RECOMENDACIONES

- Los elementos que constituyen el sistema CRDI son delicados y con calibraciones en micras, razón por la cual estos deben ser manipulados en zonas limpias y libres de suciedad.
- Se debe mantener normas de higiene similares a las utilizadas en el laboratorio especializado en CRDI y detalladas en el presente documento.
- Cada una de las pruebas que realiza el laboratorio especializado en sistemas CRDI es parte de un procedimiento ordenado que permiten encontrar el origen del problema, razón por la cual se debe seguir los procedimientos de diagnóstico ordenadamente.
- Una vez que un vehículo CRDI Bosch CP1 o CP3 ha ingresado al taller, se debe iniciar el proceso de reparación con la revisión del sistema de baja presión, ya que de este depende el correcto funcionamiento del sistema de alta presión y por consecuencia de los inyectores y del motor en general.
- Una vez que se ha utilizado el CRDI TESTER hay que limpiarlo y ubicar todo el instrumental en los sitios asignados, debido a que existen acoples muy pequeños que podrían extraviarse dejando inutilizado una parte del equipo.
- Es muy importante leer el manual de usuario del equipo antes de utilizarlo, debido a que una manipulación inadecuada del mismo podría generar graves daños.

- Los sistemas CRDI se basan en el mismo principio de funcionamiento, por lo que se debe mantener el orden de diagnóstico descrito en el documento en el caso de que se vaya a diagnosticar cualquier tipo de vehículo con sistema CRDI.
- El equipo está diseñado para trabajar con sistemas CRDI Bosch CP1 y CP3 para el caso de requerir implementarlo en otro tipo de sistemas, es posible realizarlo mediante la modificación de los acoples.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bosch. (1999). *Control electrónico del motor para motores diesel*. Stuttgart: Robert Bosch GmbH.
- Bosch. (2003). *Manual de la técnica del automóvil*. Stuttgart: Robert Bosch GmbH.
- Bosch. (1999). *Sistema de inyección de acumulador Common Rail diesel*. Stuttgart, Robert Bosch GmbH.
- Bosch. (2005). *Sistema de inyección diesel por acumulador Common Rail*. Stuttgart: Robert Bosch GmbH.
- Domínguez, E. Ferrer, J. (2008). *Mecánica del vehículo (s.p)*: EDITEX.
- Gary, J. Handwerk, G. (2003). *Refino de petróleo*. Barcelona: REVERTÉ.
- Kia Motors. (2003). *Common Rail - Bosch*. Santiago de Chile: Departamento de asistencia técnica de DIASA Ltda.,.
- Kia Motors. (2011). *Control del motor diesel 1*. Miami, Estados Unidos.
- Kia Motors. (2011). *Sistema de control del motor diesel 2*. Miami, Estados Unidos.
- Kia Motors. (2011). *NEW K-STEP 1, Manual de servicio diesel 1*. Seúl: KMC.
- Kia Motors. (2012). *Sistema de control del motor diesel 2*. Chonan: Technical Service Traininig Center.
- Rodríguez, M. (2005). *Metodología de la investigación*. México.
- Soriano, R. (2006). *Guía para realizar investigaciones sociales*. México: Plaza y Valdés S.A.

## NETGRAFÍA

- Academiatesto. (2010). *Termistores*. Recuperado el 01 de 04 de 2013, de Academia online:  
<http://www.academiatesto.com.ar/cms/?q=termistores>
- Afionadosalamecánica. (2013). *EGR (Válvula de recirculación de los gases de escape)*. Recuperado el 10 de 04 de 2013, de Sistemas anticontaminación:  
[http://www.afionadosalamecanica.com/sistema\\_egr.htm](http://www.afionadosalamecanica.com/sistema_egr.htm)
- BOSCH. (s.f.). *Bomba de alta presion Common Rail Bosch CP3*. Recuperado el 07 de 05 de 2013, de Bosch Diesel Center:  
<http://www.tallerdemecanica.com/bomba-alta-presion-premium/415-0445010075-bomba-alta-presion-common-rail-bosch-cp3.html>
- Bosch. (s.f.). *Medidor de masa de aire*. Recuperado el 28 de 03 de 2013, de Mercado de refacciones automotrices:  
<http://www.bosch.com.mx/content/language1/html/15623.htm>
- Edisa. (20 de 01 de 2010). *Bomba de inyección diesel rotativa*. Recuperado el 22 de 02 de 2013, de Sistema Diesel:  
<http://mail.edisa.com.gt/oldfiles/aa/productos/sisdiesel/diebomrot.html>
- Edisa. (20 de 01 de 2010). *Bomba rotativa con regulador electrónico*. Recuperado el 22 de 02 de 2013, de Bosch servicio.:  
<http://mail.edisa.com.gt/oldfiles/aa/productos/sisdiesel/bomregele.html>
- FRABER. (2013). *Interruptor de temperatura de agua*. Recuperado el 28 de 03 de 2013, de Catálogo en línea:  
<http://www.fraber.net/es/catalogoenlinea/interruptor-de-temperatura-de-agua>
- mecánica, A. a. (2012). *Estructura y función de los componentes*. Recuperado el 05 de 03 de 2013, de Common Rail:  
[http://www.afionadosalamecanica.net/common\\_rail2.htm](http://www.afionadosalamecanica.net/common_rail2.htm)

# ANEXOS

**ANEXO A:** DIAGRAMAS ELÉCTRICOS – SISTEMA DE CONTROL MFI – KIA CARENS CRDI BOSCH CP1.

**ANEXO B:** DIAGRAMAS ELÉCTRICOS – SISTEMA DE CONTROL MFI – KIA SPORTAGE CRDI BOSCH CP1.

**ANEXO C:** DIAGRAMAS ELÉCTRICOS – SISTEMA DE CONTROL MFI – KIA SORENTO CRDI BOSCH CP3.

**ANEXO D:** ENCUESTA APLICADA.

**ANEXO E:** PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DEL CRDI TESTER.

**ANEXO F:** CIRCUITO ELÉCTRICO DEL CRDI TESTER.

**ANEXO G:** MANUAL DE USUARIO.

**ANEXO H:** CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

**ANEXO I:** ARTÍCULO DEL PROYECTO.



**UNIVERSIDA DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE  
EXTENSIÓN LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Adrián René Casanova Jiménez bajo mi supervisión.

---

**ING. LUIS MENA  
DIRECTOR DEL PROYECTO**

---

**ING. GERMÁN ERAZO  
CODIRECTOR DEL PROYECTO**

---

**ING. JUAN CASTRO  
DIRECTOR DE LA CARRERA  
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

---

**DR. FREDDY JARAMILLO CHECA  
SECRETARIO ACADÉMICO  
UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO**