



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

EXTENSIÓN LATACUNGA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DEL
SISTEMA COMMON RAIL”

AUTORES

MILTON RODRIGO CÓNDOR ROBALINO
CHRISTIAN WLADIMIR ALLAICA TZETZA

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del grado de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Latacunga – Ecuador

AÑO 2014

UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS-ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Christian Wladimir Allaica Tzetza

Milton Rodrigo Córdor Robalino.

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado titulado “DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DEL SISTEMA COMMON RAIL”, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Por lo que se puede afirmar que este trabajo es de nuestra exclusiva autoría.

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

Latacunga, Enero del 2014.

Christian Wladimir Allaica Tzetza
C.I. 1720755485

Milton Rodrigo Córdor Robalino
C.I. 0503059073

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

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

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DEL SISTEMA COMMON RAIL**”, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con normas estatutarias establecidas, en el reglamento de estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.

Siendo este un proyecto de excelente calidad y contenido científico que servirá para la enseñanza/aprendizaje y a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional por lo que si recomendamos 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).Autorizan a Christian Wladimir Allaica Tzetzta y Milton Rodrigo Córdor Robalino que entreguen a, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, Enero del 2014.

Ing. Luis Mena
DIRECTOR

Ing. Germán Erazo
CO DIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Christian Wladimir Allaica Tzetzta

Milton Rodrigo Córdor Robalino.

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, para que publique en la biblioteca virtual de la institución el trabajo denominado “**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DEL SISTEMA COMMON RAIL**”, en el que se encuentra contenido, ideas y criterios que hemos desarrollado bajo nuestra exclusiva autoría.

Latacunga, Enero del 2014.

Christian Wladimir Allaica Tzetzta
C.I. 1720755485

Milton Rodrigo Córdor Robalino
C.I. 0503059073

DEDICATORIA

La presente tesis de grado la dedico con todo mi amor y cariño.

A mi familia, en especial a mi madre Susana la misma que estuvo junto a mi incondicionalmente a pesar de cualquier inconveniente, a mi hermana Daniela, y a toda mi familia que siempre estuvo apoyándome en los buenos y malos momentos de mi carrera universitaria.

Rodrigo Cóndor Robalino

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado se lo dedico a mi madre María Rosa Tzetzta Guairacaja, mi padre Salomón Allaica Caranqui, mi hermana Cyntia Allaica, mi hermano, Airthon Allaica, quienes me apoyan incondicionalmente durante todo el transcurso de mis estudios, y gracias a ello estoy culminando mi carrera universitaria.

Christian Allaica Tzetzta

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis agradecimientos:

A Dios, a mi madre María Susana Robalino, de quien me siento muy orgulloso, siempre se preocupó en darme la mejor educación desde niño y hasta el día de hoy.

A toda mi familia por darme siempre su apoyo incondicional, especialmente a mis abuelitos que con su sabiduría supieron darme los mejores consejos.

A todos mis maestros a lo largo de mi vida estudiantil, al igual que a todos mis compañeros y amigos que encontré en este arduo camino.

Rodrigo Cóndor Robalino

AGRADECIMIENTO

Para la realización de este trabajo final agradezco a mi madre, mi padre, mis hermanos y a mi familia en general como mis tíos Fausto Tzetzta, Mario Tzetzta, Abdón Allaica, Isidro Allaica, Edgar Tzetzta, Juan Tzetzta, Enrique Tzetzta, José Tzetzta, Verónica Tzetzta, mis abuelitos, primos, ya que fueron un gran apoyo y aporte para mis estudios y realizar este trabajo, ya que junto a mi madre y padre me inculcaron humildad, perseverancia, trabajo, honestidad y sobre todo su amor, con quienes eh compartido momentos inolvidables de mi vida y me dieron la fuerza para culminar mi carrera.

Christian Allaica Tzetzta

TABLA DE CONTENIDO

CARATULA.....	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	II
CERTIFICADO.....	III
AUTORIZACIÓN.....	IV
DEDICATORIAS	V
AGRADECIMIENTOS.....	VII
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO 1	5
1. EL PROBLEMA.....	5
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.3. OBJETIVO GENERAL	6
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA A RESOLVER.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	7

2.1.	INTRODUCCIÓN PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN RIEL COMÚN.	7
2.2.	SISTEMAS DE INYECCIÓN SEGÚN EL NÚMERO DE INYECCIONES.	7
2.3.	EL SISTEMA RIEL COMÚN RESUELVE LAS SIGUIENTES EXIGENCIAS.	8
2.4.	ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA RIEL COMÚN.	10
2.5.	ELEMENTOS DEL SISTEMA.	10
2.6.	ELEMENTOS DE UN MOTOR RIEL COMÚN.	12
2.7.	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN RIEL COMÚN.....	13
2.8.	UNIDAD DE MANDO Y SENSORES.....	13
2.9.	SENSOR DE FLUJO DE AIRE.	15
2.9.1.	SENSOR DE LA TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE	16
2.9.2.	SENSOR DE TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE.....	16
2.9.3.	SENSOR DE REVOLUCIONES DEL MOTOR.	17
2.9.4.	SENSOR DE POSICIÓN DEL EJE DE LEVAS.....	18
2.9.5.	SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR.....	19
2.10.	CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN.....	20
2.11.	BOMBA DE SUMINISTRO PREVIO.	20

2.12.	FILTRO DE COMBUSTIBLE.....	21
2.13.	CIRCUITO DE ALTA PRESIÓN.....	22
1.14.	BOMBA DE ALTA PRESIÓN.....	23
2.15.	ACUMULADOR DE ALTA PRESIÓN.....	24
2.16.	LA VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN.....	25
2.17.	SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL.....	26
2.18.	EL INYECTOR.....	27
2.19.	PROCESOS DE INYECCIÓN.....	29
2.20.	INYECTORES PARA MOTORES RIEL COMÚN.....	30
2.21.	ESQUEMA INTERNO DE UN INYECTOR RIEL COMÚN.....	31
2.22.	ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DEL INYECTOR.....	32
2.22.	INYECTOR CERRADO (ESTADO DE REPOSO).....	32
2.23.	EL INYECTOR ABRE (COMIENZO DE LA INYECCIÓN).....	33
2.24.	INYECTOR TOTALMENTE ABIERTO.....	34
2.25.	EL INYECTOR CIERRA (FINAL DE INYECCIÓN).....	35
2.26.	ELECTRÓNICA DIGITAL Y PROGRAMABLE.....	35
2.27.	ARDUINO.....	36
	CAPÍTULO 3.....	43
3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	43

3.1.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
3.2.	MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
3.3.	METODOLOGÍA.....	44
3.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	46
3.5.	DISEÑO DE ENCUESTAS.....	46
3.6.	VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	48
3.7.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	48
3.8.	CONCLUSIONES.....	60
3.9.	RECOMENDACIONES.....	60
3.10.	PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS.....	61
3.11.	VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	61
3.11.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	61
3.11.2.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	61
3.12.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	61
	CAPÍTULO 4.....	63
4	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES DELPHI DEL SISTEMA RIEL COMÚN.....	63
4.1.	CARACTERÍSTICAS DEL BANCO.....	63
4.2.	SELECCIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO.....	63

4.2.1.	COMPONENTES DE FUNCIONAMIENTO PARA EL BANCO DE PRUEBAS RIEL COMÚN.....	64
4.2.2.	COMPONENTES.....	64
4.2.3.	BOMBA DE ALTA PRESIÓN.....	64
4.2.4.	ACOPLAMIENTO MECÁNICO.....	68
4.2.5.	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN DE INYECCIÓN IPR.....	72
4.2.6.	VÁLVULA DESACTIVADORA TERCER PISTÓN.....	73
4.2.7.	SENSOR DE PRESIÓN DE INYECCIÓN FRP.....	74
4.2.8.	ACUMULADOR DE PRESIÓN.....	75
4.2.9.	INYECTOR.....	77
4.3.	DISEÑO ELECTRÓNICO.....	78
4.3.1.	PROGRAMACIÓN CON ARDUINO PARA BANCO DE PRUEBAS Y SIMULACIÓN RIEL COMÚN.....	78
4.3.2.	PROGRAMA DE CONTROL DE INYECCIÓN.....	79
4.3.3.	PROGRAMA PARA CONTROL VÁLVULA IPR (PWM).....	83
4.3.4.	PROGRAMA PARA LECTURA CONTROL DE DESACTIVACIÓN DEL TERCER PISTÓN DE LA BOMBA.....	84
4.3.5.	DISEÑO DE HARDWARE.....	84
4.3.6.	PLACA DE CONTROL.....	84
4.3.7.	PLACA GENERADORA DE 1 KHz PARA CONTROL IPR.....	89

4.3.8.	PLACA DE LECTURA CONTROL DE DESACTIVACIÓN DEL TERCER PISTÓN DE LA BOMBA.....	91
4.4.	COMPONENTES EXTRAS PARA EL BANCO DE PRUEBAS RIEL COMÚN.....	92
4.4.1.	SELECCIÓN DEL CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN.	92
4.4.2.	DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE.	93
4.4.3.	BOMBA DE TRANSFERENCIA.	93
4.4.4.	FILTRO DE COMBUSTIBLE.....	94
4.4.5.	BOMBA DE ASPIRACIÓN.	95
4.4.6.	VÁLVULA ELÉCTRICA.....	96
4.4.7.	MANGUERAS Y UNIONES.	97
4.5.	DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO EN AUTOMATION STUDIO 5.0.....	99
4.5.1.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	100
4.5.2.	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	100
4.6.	CONEXIÓN ELÉCTRICA.....	104
4.6.1.	MOTOR TRIFÁSICO.....	104
4.6.2.	VARIADOR DE FRECUENCIA.	109
4.6.3.	CONEXIÓN VARIADOR DE FRECUENCIA.	112
4.6.4.	INTERRUPTOR MAGNETO-TÉRMICO DISYUNTOR.....	112

4.6.5.	CABLE CONDUCTOR.....	113
4.6.6.	DIAGRAMA DE INSTALACIÓN.....	115
4.6.7.	CONEXIONES EXTRAS.....	115
4.6.8.	FUENTE DE ALIMENTACIÓN.....	116
4.6.9.	RELÉS.....	116
4.6.10.	INTERRUPTORES.....	117
4.6.11.	FUSIBLES Y PORTA FUSIBLES.....	118
4.6.12.	DIODO LED Y RESISTENCIA.....	118
4.7.	MODO DE OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS.....	119
4.7.1.	MENÚ PRUEBAS.....	120
4.7.2.	MENÚ SIMULACIÓN.....	123
Capítulo 5		124
5.	CONSTRICCIÓN Y PRUEBAS DEL BANCO RIEL COMÚN.....	124
5.1.	CONSTRUCCIÓN DEL BANCO.....	124
5.1.1.	ESTRUCTURA METÁLICA.....	125
5.1.2.	CUBIERTA.....	126
5.1.3.	SELECCIÓN DEL DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE.....	126
5.1.4.	CONSTRUCCIÓN DEL MECANISMO PARA VACIADO DE LAS PROBETAS PRINCIPALES.....	127

5.1.5.	CONSTRUCCIÓN DEL MECANISMO PARA EL VACIADO DE LAS PROBETAS DE RETORNO.	128
5.1.6.	CONSTRUCCIÓN DEL PORTA INYECTORES.	128
5.1.7.	MONTAJE DE LA CUBIERTA Y ADITAMENTOS.....	129
5.1.8.	ACABADOS.	129
5.1.9.	DIAGRAMA DE PROCESO PARA ESTRUCTURA METÁLICA. ...	130
5.1.10.	DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PORTA INYECTORES.....	131
5.2.	MONTAJE DEL SISTEMA HIDRÁULICO.	132
5.2.1.	MONTAJE DE LA CENTRAL HIDRÁULICA.	132
5.2.2.	MONTAJE SISTEMA HIDRÁULICO DE ALTA Y BAJA PRESIÓN.	133
5.2.3.	MONTAJE SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO.....	134
5.2.4.	DIAGRAMA DE PROCESO PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO.	138
5.2.5.	GUÍA DE PRUEBA DE DIAGNÓSTICO DE INYECTORES RIEL COMÚN.....	139
Capítulo 6	140
6.	MARCO ADMINISTRATIVO	140
6.1.	RECURSOS.....	140
6.1.1.	RECURSOS HUMANOS.....	140

6.1.2.	RECURSOS TECNOLÓGICOS.....	140
6.1.3.	RECURSOS MATERIALES.....	141
6.2.	ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO.....	141
6.2.1.	COSTO DE LA MANO DE OBRA.....	142
6.2.2.	COSTO DE FABRICACIÓN DE TARJETAS.....	143
6.2.3.	COSTO DE LA ESTRUCTURA Y PARTES MECÁNICAS.....	144
6.2.4.	COSTO SISTEMA HIDRÁULICO.....	145
6.2.5.	COSTO NETO DEL BANCO DE PRUEBAS RIEL COMÚN.....	145
6.2.6.	ANÁLISIS DE COSTOS VERSUS BENEFICIO.....	146
6.2.7.	FINANCIAMIENTO.....	146
6.2.8.	CRONOGRAMA.....	147
	CONCLUSIONES.....	148
	RECOMENDACIONES.....	148
	BIBLIOGRAFÍA.....	150
	NETGRAFÍA:	150
	ANEXOS.....	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Árbol de planteamiento de problema.	5
Figura 2.1	Curvas inyección convencional y riel común.	8
Figura 2.2	Esquema general del riel Común.....	10
Figura 2.3	Elementos del sistema I.....	11
Figura 2.4	Elementos del sistema II.....	11
Figura 2.5	Elementos del sistema.....	13
Figura 2.6	Unidad de mando y sensores.	14
Figura 2.7	Sensor MAF.....	15
Figura 2.8	Sensor ECT.	16
Figura 2.9	Sensor de temperatura del combustible.	17
Figura 2.10	Sensor CKP.....	17
Figura 2.11	Sensor CMP	18
Figura 2.12	Sensor TPS	19
Figura 2.13	Circuito de baja presión.	20
Figura 2.14	Bomba eléctrica de combustible I.	20
Figura 2.15	Bomba eléctrica de combustible II.	21
Figura 2.16	Filtro de combustible.....	21
Figura 2.17	Circuito de alta presión.	22
Figura 2.18	Bomba de alta presión.....	23

Figura 2.19 Partes de la bomba de alta presión.	24
Figura 2.20 Partes del acumulador de alta presión.....	25
Figura 2.21 Válvula reguladora de presión.	26
Figura 2.22 Sensor de presión del riel común	27
Figura 2.23 Partes del inyector.	28
Figura 2.24 Vista del inyector.....	28
Figura 2.25 Esquema de inyección en el sistema de riel común.	30
Figura 2.26 Esquema del inyector.	30
Figura 2.27 Partes del inyector.	31
Figura 2.28 Inyector cerrado.....	33
Figura 2.29 Comienzo de la inyección.	34
Figura 2.30 Inyector totalmente abierto.	34
Figura 2.31 Final de la inyección.	35
Figura 2.32 Arduino 2560.	38
Figura 2.33 Mosfet de potencia IRFZ44N para la aplicación.	40
Figura 2.34 Características mosfet de potencia IRFZ44N	40
Figura 2.35 Opto acoplador fototransistor 4n25.....	41
Figura 2.36 Circuito básico opto acoplador 4n25.....	42
Figura 3.1 Métodos de investigación aplicados.	45
Figura 3.2 Resultado ilustrativo.....	49

Figura 3.3 Resultado ilustrativo.....	50
Figura 3.4 Resultado ilustrativo de porcentajes.	51
Figura 3.5 Resultado ilustrativo de frecuencias.	52
Figura 3.6 Resultado ilustrativo de necesidad de recursos.....	53
Figura 3.7 Resultado ilustrativo de frecuencias.	54
Figura 3.8 Resultado ilustrativo de conocimiento de personal.....	55
Figura 3.9 Resultado ilustrativo de necesidad de bancos.....	56
Figura 3.10 Resultado ilustrativo en porcentaje.....	58
Figura 3.11 Resultado ilustrativo de implementación.....	59
Figura 4.1 Identificación técnica de la bomba hidráulica.....	65
Figura 4.2 Bomba de alta presión.	66
Figura 4.3 Motor eléctrico para la aplicación	68
Figura 4.4 Válvula reguladora de presión IPR.	73
Figura 4.5 Válvula desactivadora 3er pistón.	74
Figura 4.6 Tensión de salida vs presión de inyección.....	74
Figura 4.7 Sensor de presión o ICP.....	75
Figura 4.8 Acumulador utilizado.....	76
Figura 4.9 Cañerías utilizadas.	77
Figura 4.10 Distribución básica de los caracteres de un LCD.	80
Figura 4.11 Selección de los menús de inicio.....	81

Figura 4.12 Muestra de secuencia de inyección.....	81
Figura 4.13 Submenús.....	82
Figura 4.14 Menús de prueba.....	82
Figura 4.15 Pruebas a realizar.....	83
Figura 4.16 Secciones de parte digital implementada.....	85
Figura 4.17 Características del mosfet utilizado	86
Figura 4.18 Diagrama de control con la tarjeta y el arduino.....	87
Figura 4.19 Placa de potencia.....	88
Figura 4.20 Fuente de alimentación de 5 voltios.....	89
Figura 4.21 Mosfet conectado a un disipador de calor.....	89
Figura 4.22 Diseño de la placa de 1 KHz.....	90
Figura 4.23 Placa de 1 KHz construida.....	90
Figura 4.24 Diseño del sensor de RPM.....	91
Figura 4.25 Esquema final de la placa.....	91
Figura 4.26 Placa construida y ensamblada.....	92
Figura 4.27 Bomba utilizada para la aplicación.....	94
Figura 4.28 Filtro utilizado para la aplicación.....	95
Figura 4.29 Bomba utilizada para la aplicación.....	96
Figura 4.30 Válvula eléctrica utilizada.....	97
Figura 4.31 Mangueras utilizadas.....	98

Figura 4.32 Uniones dobles y triples rápidas plásticas.	98
Figura 4.33 Diseño del circuito hidráulico	99
Figura 4.34 Simulación del sistema presurizado.....	101
Figura 4.35 Simulación del sistema presurizado.....	102
Figura 4.36 Simulación del sistema presurizado.....	102
Figura 4.37 Componentes animados de la simulación.	103
Figura 4.38 Dimensiones variador de frecuencia.....	110
Figura 4.39 Asignación de teclas	111
Figura 4.40 Asignación de teclas	111
Figura 4.41 Descripción de teclas de función.	111
Figura 4.42 Conexión del variador al motor.	112
Figura 4.43 Disyuntor 100 A para 400 V.....	113
Figura 4.44 Cable conductor utilizado.....	114
Figura 4.45 Diagrama de instalación.	115
Figura 4.46 Cargador de baterías de 12 voltios.	116
Figura 4.47 Relé utilizado para la aplicación.	117
Figura 4.48 Interruptores utilizados.....	117
Figura 4.49 Fusible y porta fusible utilizados.	118
Figura 4.50 Diodo led y resistencia utilizada.....	118
Figura 4.51 Diagrama de conexión.....	119

Figura 4.52 Diagrama de conexión en funcionamiento.....	119
Figura 5.1 Esquema General.....	124
Figura 5.2 Estructura Metálica del Banco.	125
Figura 5.3 Corte y Doblada de la plancha de Tool.....	126
Figura 5.4 Depósito de Combustible.....	127
Figura 5.5 Mecanismo de Vaciado Probetas Principales.....	127
Figura 5.6 Mecanismo de Vaciado Probetas de Retorno.....	128
Figura 5.7 Construcción Porta Inyectores.....	128
Figura 5.8 Ensamblado Cubierta y Aditamentos.....	129
Figura 5.9 Grupo Motor y Bomba Hidráulica.....	132
Figura 5.10 Adaptación y montaje del sistema Hidráulico.	133
Figura 5.11 Adaptación fuente de Alimentación.....	134
Figura 5.12 Tarjeta Control Mosfets.....	135
Figura 5.13 Tarjeta Principal.....	135
Figura 5.14 Tarjeta Mosfets y salidas de corriente.	136
Figura 5.15 Switch de encendido.....	136
Figura 5.16 Instalación LCD.	137
Figura 5.17 Conexión Eléctrica.....	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Especificaciones Arduino 2560.	37
Tabla 3.1 Tabulación de conocimiento del sistema.	49
Tabla 3.2 Tabulación de sistemas impartidos.	50
Tabla 3.3 Equipamiento de laboratorio diesel.	51
Tabla 3.4 Frecuencia de observación de pruebas.	52
Tabla 3.5 Recursos necesarios y adecuados.	53
Tabla 3.6 Frecuencia de necesidad de utilización de prácticas.	54
Tabla 3.7 Conocimiento de personal en el sistema.	55
Tabla 3.8 Necesidad de bancos de simulación.	56
Tabla 3.9 Mejora de enseñanza en porcentaje.	57
Tabla 3.10 Implementación del banco de pruebas.	59
Tabla 3.11 Operacionalización de variables independientes.	61
Tabla 3.12 Operacionalización de variables dependientes.	62
Tabla 4.1 Componentes altas presión.	64
Tabla 4.2 Valores de presión de la bomba.	65
Tabla 4.3 Coeficiente k1 máquina motriz y receptora.	70
Tabla 4.4 Coeficiente k2 frecuencia de arranque.	70
Tabla 4.5 Coeficiente k3 número de horas de funcionamiento diario.	70

Tabla 4.6 Selección de quijadas.	71
Tabla 4.7 Características de la válvula	72
Tabla 4.8 Características de la válvula	73
Tabla 4.9 Relación Presión vs Voltaje P/V.....	75
Tabla 4.10 Características del riel.....	76
Tabla 4.11 Características del inyector.....	78
Tabla 4.12 Componentes de baja presión.	92
Tabla 4.13 Características de bomba	94
Tabla 4.14 Características del filtro.....	95
Tabla 4.15 Características de bomba aspiración.....	95
Tabla 4.16 Características de electroválvula.	96
Tabla 4.17 Características de mangueras.	97
Tabla 4.18 Características de acoples.....	98
Tabla 4.19 Eficiencia estándar de motores trifásicos WEG.	104
Tabla 4.20 Especificaciones del variador de frecuencia	109
Tabla 4.21 Dimensiones del variador.....	110
Tabla 4.22 Calibre de conductores y amperaje máximo.	114
Tabla 4.23 Menú y modo de operación.....	120
Tabla 5.1 Menú y modo de operación.....	139

Tabla 6.1 Recurso humano.....	140
Tabla 6.2 Recursos tecnológicos	140
Tabla 6.3 Materiales	141
Tabla 6.4 Costo de la mano de obra.....	142
Tabla 6.5 Costo de la fabricación de los módulos eléctricos	143
Tabla 6.6 Costo de estructura y partes mecánicas.....	144
Tabla 6.7 Costo componentes del sistema hidráulico.....	145
Tabla 6.8 Costo neto del proyecto.	146

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Caudal para la bomba hidráulica.....	66
Ecuación 2 Potencia del motor eléctrico	67
Ecuación 3 Selección de acoplamiento mecánico.	69
Ecuación 4 Par nominal del acoplamiento.	70
Ecuación 5 Fórmula de volumen.....	77
Ecuación 6 Fórmula a partir de la ley de ohm.....	86
Ecuación 7 Volumen del depósito.....	93
Ecuación 8 Corriente de consumo	105
Ecuación 9 Corriente de consumo del motor.	105
Ecuación 10 Potencia absorbida por el motor.	106
Ecuación 11 Eficiencia del motor eléctrico.....	107
Ecuación 12 Pérdidas en porcentaje.	108
Ecuación 13 Par motor.	108

RESUMEN

La investigación se basó en la implementación de un banco de pruebas y simulación riel común, para realizar comprobaciones de inyectores Delphi, así como también visualizar todo el sistema basado en el funcionamiento real del motor.

Para el desarrollo del proyecto se investigó acerca cada uno de los elementos que conforman el sistema de riel común, en donde debemos realizar el acoplamiento del sistema mecánico, sistema eléctrico, sistema electrónico y sistema hidráulico, donde todos los sistemas trabajan en conjunto.

Fue necesario establecer las características y funcionamiento de cada parte que conforma el sistema, en donde estos elementos deben ser probados y controlados mecánica y electrónicamente de acuerdo al sistema en el cual se está trabajando.

Se diseñó y construyó la estructura considerando los elementos más significativos como: motor eléctrico, bomba alta presión, y el depósito, los cuales son los de mayor peso y espacio a ocupar.

La investigación bibliográfica del proyecto se obtuvo en textos, bases digitales, fuentes secundarias se enfoca en aplicar una metodología acorde al Grado Académico de Ingeniero Mecánico Automotriz.

ABSTRACT

The research was based on the implementation of a testing and common rail simulation for testing Delphi injectors, as well as display all based on the actual operation of the motor system.

For project development was investigated on each of the elements of the common rail system, where we make the coupling of the mechanical system, electrical system, electric and hydraulic system, where all systems work together.

It was necessary to establish the characteristics and performance of each part that makes up the system where these items should be tested and mechanically and electronically controlled according to the system in which they are working.

We designed and built the structure considering the most significant elements such as electric motor, high pressure pump and the tank, which are the heaviest and space to fill.

The bibliographic research project was obtained texts, digital documents, secondary sources focuses on applying a methodology according to the Academic Degree of Mechanical Engineer Automotive.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años los avances tecnológicos en los vehículos con sistemas de inyección electrónica riel común han permitido aumentar el rendimiento y la eficiencia del motor.

Debido a que es una nueva tecnología no se dispone de equipos de diagnóstico y puesta a punto, lo cual hace que no existan técnicos capacitados en estos sistemas.

En este entorno se realiza una investigación del sistema riel común, para realizar un banco de diagnóstico el cual cubra las necesidades de aprendizaje sobre esta nueva tecnología, así poder capacitar y disponer de técnicos especializados en sistemas crdi.

El sistema permite realizar una pre inyección con una mínima cantidad de combustible en la fase de admisión (mucho antes de la inyección principal) con el objeto de lograr una combustión más homogénea y completa.

De esta manera se reduce el consumo de combustible, las emisiones de gases contaminantes son menores y se reduce sustancialmente los ruidos y vibraciones, a cualquier régimen de giro del motor.

El presente proyecto se encuentra estructurado de la siguiente manera:

En el capítulo 1 se plantea el problema, objetivos y justificación para el desarrollo del proyecto.

En el capítulo 2 se realizó la investigación bibliográfica relacionada con sistemas de riel común para soporte a la investigación respetando normas y derechos de autores.

En el capítulo 3 se desarrolló el marco metodológico que incluye metodología de la investigación, procedimientos de medición, planteamiento de la hipótesis y variables de investigación.

En el capítulo 4 se seleccionó los elementos de cada uno de los sistemas, así como la construcción, diseño y acoplamiento de todos los sistemas.

En el capítulo 5 se detalló la construcción de la estructura, bases de los elementos, terminados finales.

En el capítulo 6 se encuentra el análisis de costos, el cual determina si la ejecución de proyecto es rentable y competitiva frente a equipos fabricados por otras compañías.

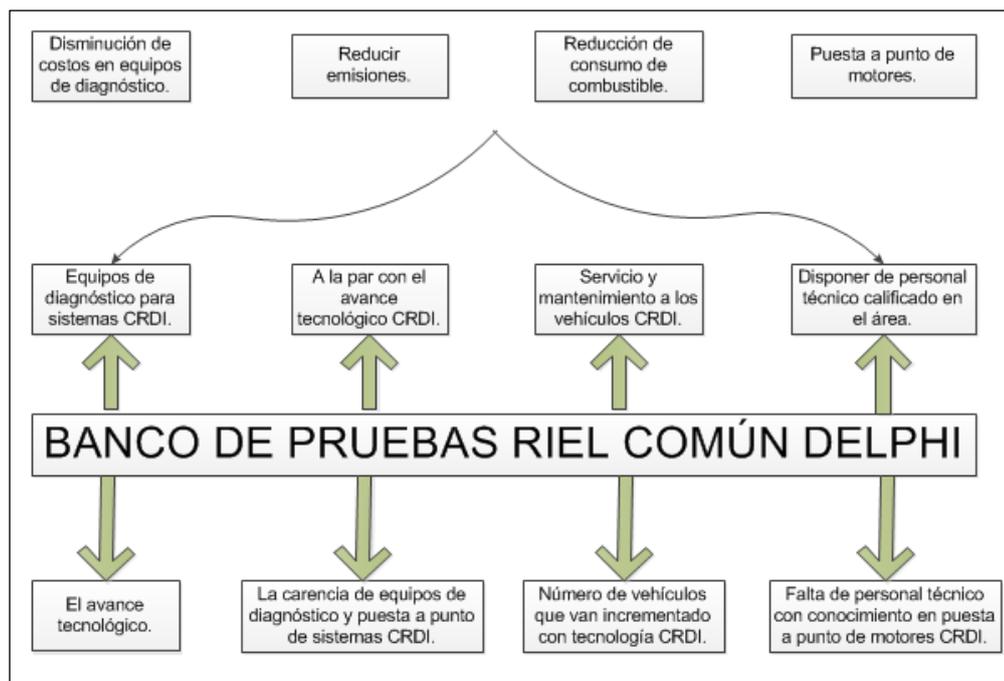
Finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones de la investigación a fin de que sean consideradas como fuentes de consulta por alumnos, docentes e investigadores.

CAPÍTULO 1

1. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El avance tecnológico, la carencia de equipos de diagnóstico y puesta a punto, así como el incremento de vehículos con tecnología CRDI así como la falta de personal técnico con conocimiento en puesta a punto de estos sistemas crea la necesidad e incursionar en investigaciones relacionadas con este tópico de la ingeniería automotriz.



Fuente: Allaica, Córdor

Figura 1.1 Árbol de planteamiento de problema.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Desconocimiento en los avances tecnológicos en sistemas crdi.

1.3. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un banco de pruebas para sistemas crdi.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un control eléctrico y electrónico acorde a las exigencias para desarrollar tareas de simulación y comprobación de inyectores Delphi.
- Realizar la investigación bibliográfica referente a sistemas riel común.
- Seleccionar componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos para la construcción del banco de pruebas.
- Definir las características de operación mecánica, eléctrica y electrónica de los inyectores Delphi crdi.
- Mediante software de especialidad diseñar y simular la estructura mecánica del banco de pruebas.
- Desarrollar pruebas de orden mecánico a través de accionamiento electrónico para verificar y diagnosticar inyectores Delphi del sistema riel común.

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA A RESOLVER

El disponer de equipos de diagnóstico para sistemas crdi, con el fin de ir a la par con los avances tecnológicos permitirá realizar el mantenimiento y puesta a punto de los motores diesel, así como disponer e incrementar personal técnico capacitado. En el aspecto mecánico se elevará la potencia del vehículo, reduciendo el consumo de combustible, las emisiones de gases contaminantes y la disminución de costos de mantenimiento por la utilización del banco de pruebas.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. INTRODUCCIÓN PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN RIEL COMÚN.

Bosch R. (2005) “A diferencia de los sistemas tradicionales de inyección diesel, este novedoso sistema ya no dispone de la bomba de inyección lineal o rotativa, bombas que eran las encargadas de realizar todo el trabajo de inyección, enviando la alta presión generada en ellas hacia los inyectores.

En reemplazo de la bomba inyectora, se ha diseñado un sistema de alta presión constante en un riel común, similar al utilizado en los sistemas de inyección electrónica de gasolina.

Esta alta presión en el riel llega a todos y cada uno de los inyectores del motor, los cuales son comandados eléctricamente por una computadora, para abrir o cerrar la aguja del inyector”. pág. 4 – 12.

Bosch R. (2005) “Como no se los puede comandar directamente como a los inyectores del sistema de inyección a gasolina, se ha optado por comandar unas válvulas solenoides, las mismas que controlan la presión sobre la cabeza de aguja del inyector, permitiendo que la aguja suba, descubriendo el paso del combustible, pulverizando esta alta presión en la cámara de combustión”. pág.17.

2.2. SISTEMAS DE INYECCIÓN SEGÚN EL NÚMERO DE INYECCIONES.

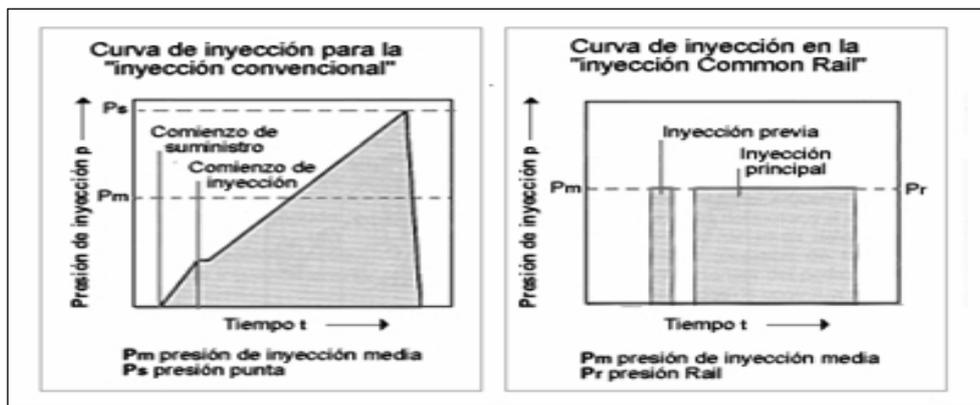
De Castro M. (2005) “Inyección normal: Se hace inyectar todo el combustible (diesel) a la cámara en una única apertura del inyector.

Inyección Unijet:

Se realiza dos inyecciones, la primera es minúscula (pequeña) previa a la inyección principal para preparar la cámara de combustión (aumentando la temperatura y la presión) antes de la verdadera combustión que se realiza por medio de la segunda inyección (principal).

Inyección Multijet:

Se introduce la misma cantidad de combustible en la cámara de combustión, pero dividida hasta cinco inyecciones permitiendo una combustión más gradual, mayor control en precisión de las temperaturas y presiones, mejorando así las prestaciones del motor y disminuyendo el consumo de combustible, así como también el ruido que es característico en todos los regímenes de funcionamiento del motor de combustión interna (motor diesel)". pág. 25 – 28



Fuente: De Castro M.

Figura 2.1 Curvas inyección convencional y riel común.

2.3. EL SISTEMA RIEL COMÚN RESUELVE LAS SIGUIENTES EXIGENCIAS.

De Castro M. (2005) "El sistema riel común contribuye notablemente a satisfacer los deseos de los clientes y al cumplimiento de las imposiciones legales.

- **Fiabilidad.**

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

- **Economía.**

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

- **Emisiones en gases de escape.**

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

- **Prestaciones.**

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

- **Ruido.**

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

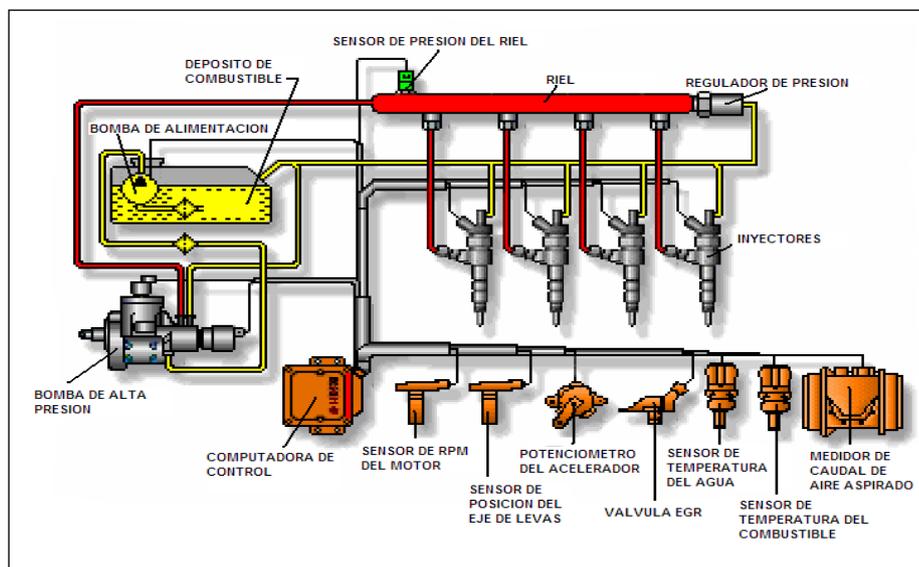
- **Integración en conceptos de motores ya existentes.**

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

2.4. ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA RIEL COMÚN.

Bosch R. (2005) “La inyección directa riel común ha sido la última revolución tecnológica en el motor diesel.

Es un sistema que comprende de tres elementos principales: la bomba hidráulica o de alta presión, el riel, los inyectores, al mismo tiempo no menos importantes los sensores y actuadores como se muestra en la figura 2.2”. pág. 18.

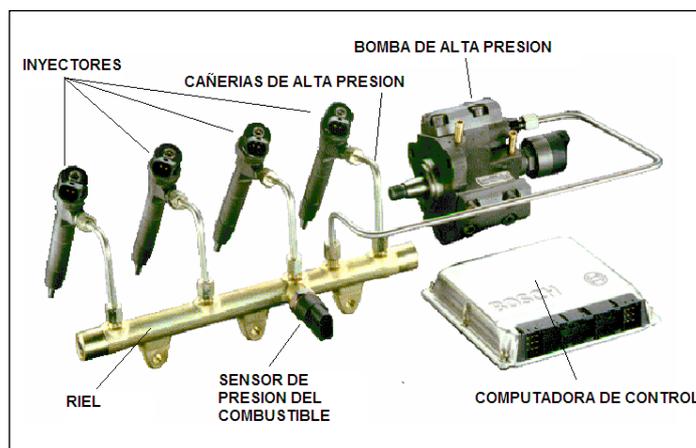


Fuente: Bosch R.
Figura 2.2 Esquema general del riel Común.

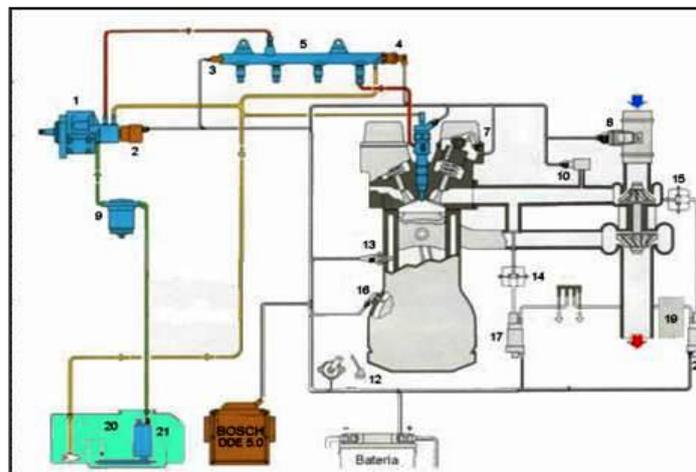
2.5. ELEMENTOS DEL SISTEMA.

Bosch R. (2005) “El sistema de inyección de riel común (common rail) está compuesto de un sistema de alimentación de baja presión,

similar al utilizado en los motores con inyección de gasolina, un sistema de alta presión, constituido por una bomba de alta presión, cañerías e inyectores, un sistema de sensores o señales eléctricas enviadas al computador y finalmente el sistema de control del computador, el cual controla el tiempo y caudal de inyección, así como la presión del sistema, las revoluciones del motor, el control de revoluciones máximas y los gases de recirculación del escape, entre sus básicas funciones”. pág. 18



Fuente: Bosch R.
 Figura 2.3 Elementos del sistema I.



Fuente: Bosch R.
 Figura 2.4 Elementos del sistema II.

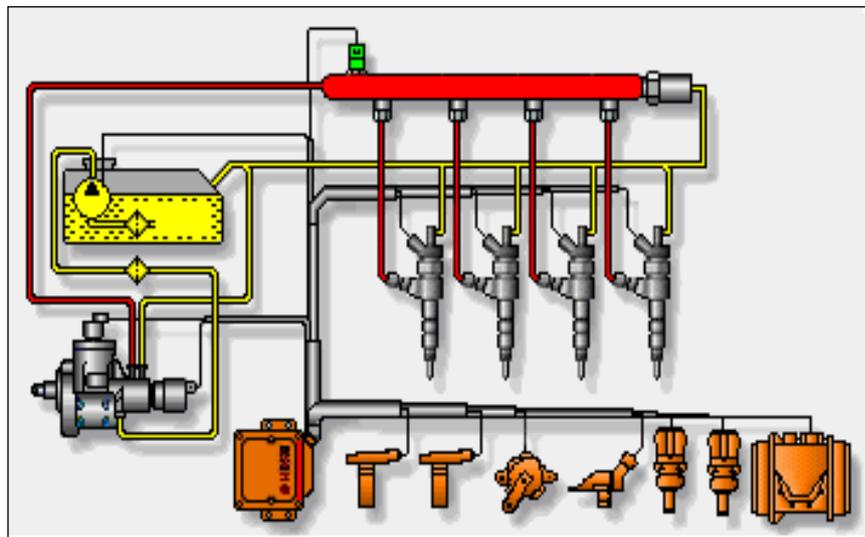
2.6. ELEMENTOS DE UN MOTOR RIEL COMÚN.

Bosch R. (2005) "Los elementos que conforman el sistema riel común son": pág. 19

- Bomba de alta presión.
- Válvula reguladora de presión.
- Sensor de presión rail.
- Válvula limitadora de presión.
- Acumulador de alta presión (rail).
- Inyector.
- Detector de fase.
- Medidor de masa de aire.
- Filtro de combustible.
- Sensor de presión de la sobrealimentación.
- Sensor de pedal de acelerador.
- Sensor de temperatura.
- Válvula EGR.
- Válvula wastegate.
- Sensor de RPM.
- Convertidor EGR.
- Tomas de vació.
- Bomba de vació.
- Depósito de fuel.
- Bomba de alimentación.
- Válvula regulación turbo.

2.7. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN RIEL COMÚN.

Bosch R. (2005) “El sistema de inyección riel común es un sistema de inyección a alta presión para motores diesel. También se le da el nombre de sistema de inyección con acumulador”. pág. 20



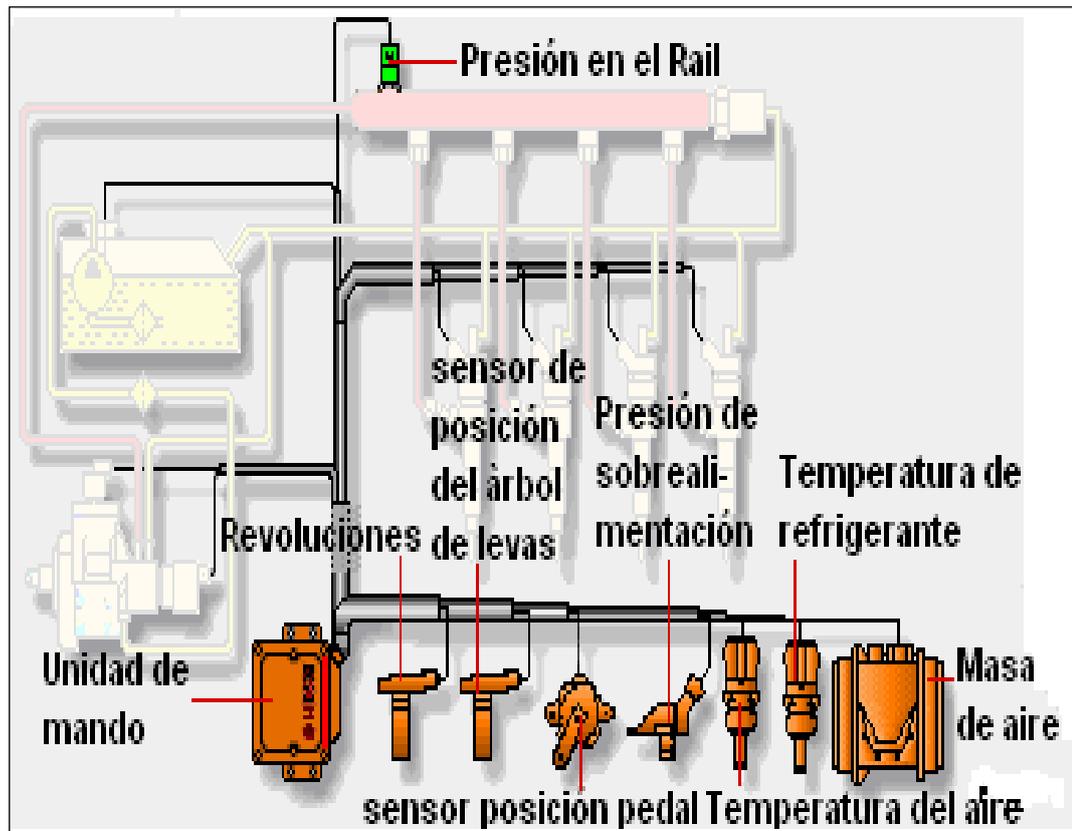
Fuente: Bosch R.
Figura 2.5 Elementos del sistema.

Para el mejor entendimiento del sistema riel común, se divide en tres subsistemas fundamentales:

- Unidad de mando y sensores.
- Circuito de baja presión.
- Circuito de alta presión.

2.8. UNIDAD DE MANDO Y SENSORES.

Bosch R. (2005) “En el sistema riel común, al igual que otros sistemas con control electrónico, la computadora necesita recibir información de sensores, y con esta información controlar el caudal, punto de inyección, control de la válvula de presión del sistema.



Fuente: Bosch R.

Figura 2.6 Unidad de mando y sensores.

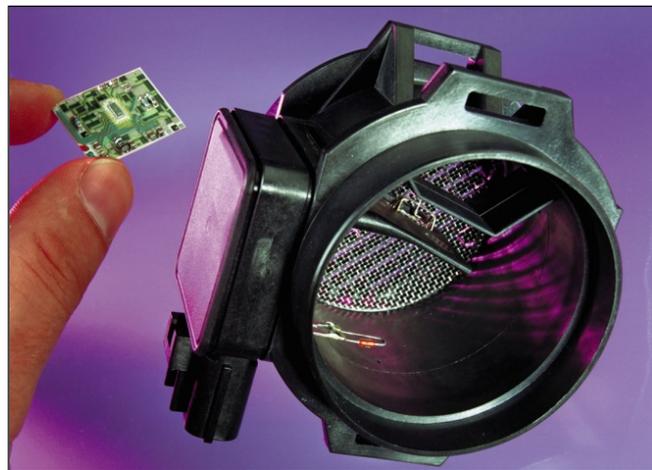
La unidad de mando se encarga de calcular la cantidad, el punto, la duración y el tiempo de inyección, en base a las magnitudes físicas importantes medidas por los siguientes sensores": pág. 22

- Señal de la temperatura del refrigerante.
- Señal de la temperatura del combustible.
- Señal de las revoluciones del motor.
- Señal de la posición del eje de levas (fase).
- Señal de la posición del acelerador.
- Señal de la presión del sistema.

2.9. SENSOR DE FLUJO DE AIRE.

Bosch R. (2005) "El medidor de flujo de aire, como su nombre lo indica, sirve para que la computadora determine la cantidad de aire que aspira el motor en todas las etapas de aceleración.

En el caso de la inyección diesel de riel común, este valor medido sirve para controlar básicamente la regulación de la válvula EGR (recirculación de los gases de escape).



Fuente: Bosch R.
Figura 2.7 Sensor MAF.

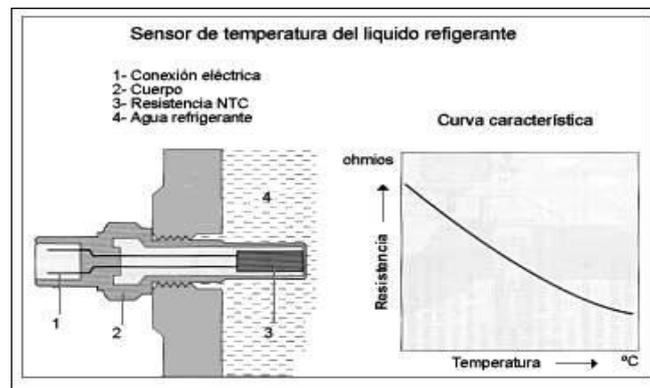
El medidor de flujo o cantidad de aire aspirado se basa en el mismo principio de un medidor para inyecciones a gasolina, es decir es un medidor de hilo o lámina caliente, la misma que alimenta de corriente al hilo o lámina, calentándola y la corriente que atraviesa por ella es medida por la computadora. Cuando fluye aire por el medidor, la menor o mayor cantidad de aire enfría al hilo o lámina, variando la corriente de flujo, valor que es tomado por la computadora como caudal de aire que circula hacia el colector de admisión.

El medidor de flujo está instalado entre el filtro de aire y el colector de admisión del motor". pág. 23 – 24.

2.9.1. SENSOR DE LA TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE

De Castro M. (2005) “Este sensor es una resistencia NTC (coeficiente negativo de temperatura), que envía una señal variable de voltaje (tensión eléctrica) a la computadora, de acuerdo al incremento de la temperatura del motor.

Para ello se alimenta al sensor con una tensión de referencia de 5 voltios (generalmente) y el sensor envía un voltaje variable a la computadora, dependiendo de su resistencia interna.



Fuente: De Castro M.
Figura 2.8 Sensor ECT.

El sensor está generalmente localizado en bloque de cilindros, en la culata o cercano al termostato del motor, de tal manera que “siente” cualquier variación de la temperatura del refrigerante del motor”. pág. 54

2.9.2. SENSOR DE TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE.

De Castro M. (2005) “Así como está diseñado el sensor de temperatura del refrigerante del motor, se ha diseñado un sensor que mide la temperatura del combustible.

Este sensor está alojado generalmente en el mismo filtro de combustible o en algunos casos en la bomba de alta presión, así como en el riel mismo.



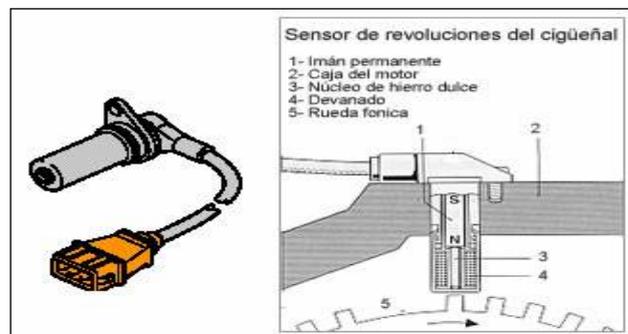
Fuente: De Castro M.

Figura 2.9 Sensor de temperatura del combustible.

El trabajo del sensor de temperatura del combustible es idéntico al sensor de temperatura del refrigerante”. pág. 56-57

2.9.3. SENSOR DE REVOLUCIONES DEL MOTOR.

De Castro M. (2005) “En el cigüeñal existe aplicada una rueda transmisora ferromagnética con 60 menos 2 dientes, habiéndose suprimido dos dientes. Este hueco entre dientes especialmente grande está en correspondencia con una posición definida del cigüeñal para el cilindro número "1".



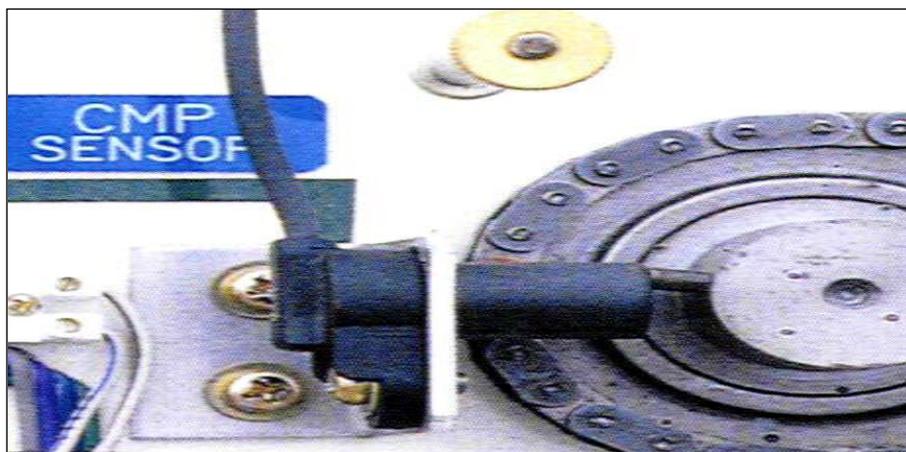
Fuente: De Castro M.
Figura 2.10 Sensor CKP.

El sensor de revoluciones del cigüeñal explora la sucesión de dientes en la rueda transmisora. El sensor consta de un imán permanente y de un núcleo de hierro dulce con un devanado de cobre. Ya que pasan alternativamente por el sensor dientes y huecos entre dientes, varía el flujo magnético y se induce una tensión alterna. La amplitud de la tensión alterna crece fuertemente al aumentar el número de revoluciones. Existe una amplitud suficiente a partir de un número de revoluciones mínimo de 50 vueltas por minuto”. pág. 57-58

2.9.4. SENSOR DE POSICIÓN DEL EJE DE LEVAS.

Bosch R. (2005) “Al igual que el sensor de revoluciones del motor, la computadora necesita la señal de un sensor, el cual le indica la posición angular del primer pistón, el cual se halla en la etapa de compresión.

Con esta importante información, la computadora puede calcular el momento preciso del inicio de inyección y la duración de la misma.



Fuente: Bosch R.
Figura 2.11 Sensor CMP

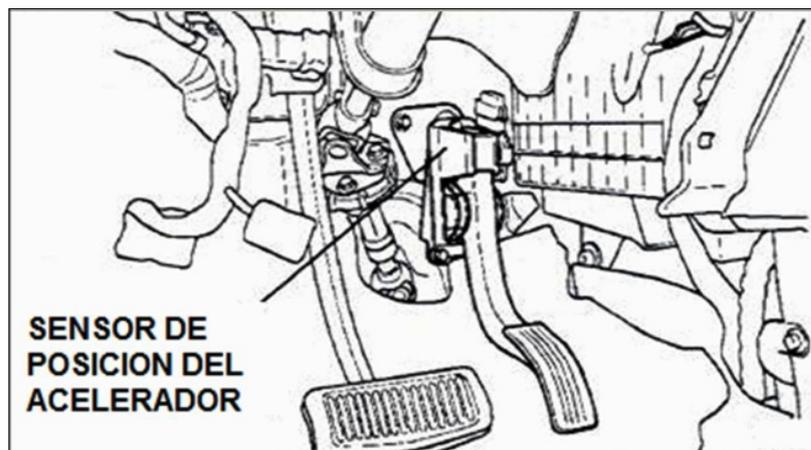
Generalmente esta señal es enviada por un sensor (efecto hall), alojado en la carcasa cercana al eje de levas, en el cual se ha instalado

un diente, el cual permite al sensor enviar la señal hacia la computadora de control”. pág. 52.

2.9.5. SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR.

De Castro M. (2005) “La computadora del sistema de inyección de riel común necesita saber la cantidad de aceleración que imprime el conductor, como una de las señales más importantes del sistema.

Como el motor diesel no requiere de una mariposa o aleta para controlar su aceleración, se ha instalado en el pedal del acelerador un potenciómetro doble, el cual envía esta señal a la computadora.

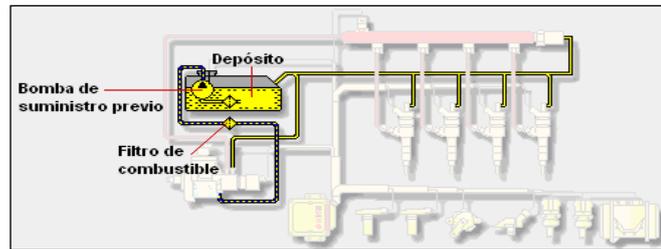


Fuente: De Castro M.
Figura 2.12 Sensor TPS

Esta señal sirve para que, en conjunto con las otras señales que recibe, la computadora pueda entregar la cantidad de combustible determinado en cada inyector, en todas las etapas de aceleración y sobre todo, para cortar el combustible como limitación de las revoluciones máximas de giro”. pág. 59.

2.10. CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN.

Bosch R. (2005) “El circuito de baja presión es el encargado de transportar el combustible desde el depósito, a la bomba de alta presión localizada en el motor”. pág. 53



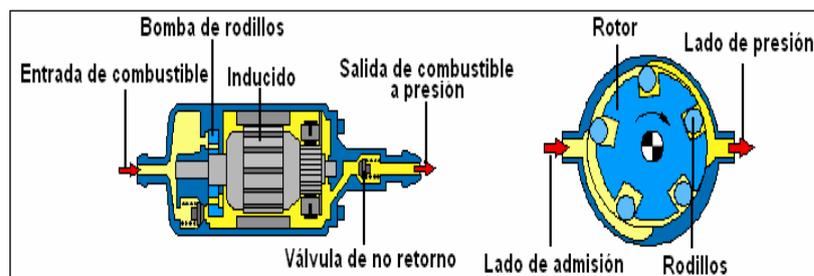
Fuente: Bosch R.
Figura 2.13 Circuito de baja presión.

Este circuito se compone de:

- Depósito de combustible.
- Bomba de suministro previo.
- Filtro de combustible.
- Tuberías de conexión.

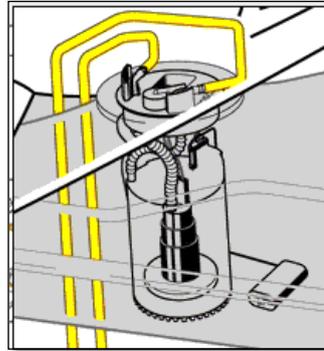
2.11. BOMBA DE SUMINISTRO PREVIO.

Bosch R. (2005) “La bomba de suministro previo envía el combustible hacia la bomba de alta presión.



Fuente: Bosch R.
Figura 2.14 Bomba eléctrica de combustible I.

Es una electrobomba que produce la presión por el mecanismo de rotor y rodillos”. pág. 54

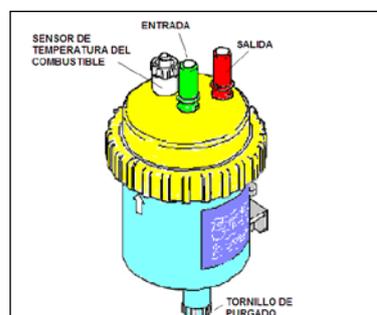


Fuente: Bosch R.

Figura 2.15 Bomba eléctrica de combustible II.

2.12. FILTRO DE COMBUSTIBLE.

Bosch R. (2005) “Uno de los capítulos más exigentes para el perfecto funcionamiento del motor diesel lo representa el filtrado del combustible. Se tiene en cuenta que las tolerancias entre los elementos móviles en las bombas de inyección y los propios inyectores llegan a ser del orden de 3 milésimas de milímetro y que sus superficies lisas deben asegurar la estanqueidad, entonces las menores partículas pueden provocar depósitos, erosiones y en definitiva deterioraciones capaces de perjudicar sensiblemente al equipo de inyección y consecuentemente al buen funcionamiento del motor.



Fuente: Bosch R.

Figura 2.16 Filtro de combustible.

Pero no solamente las partículas sólidas perturban al sistema.

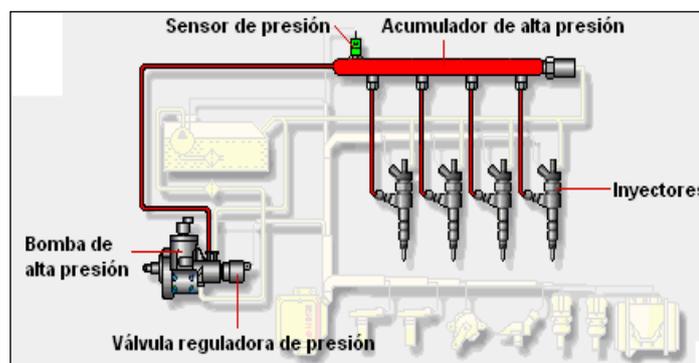
El agua, además de provocar oxidación de los elementos de inyección, en invierno puede congelarse y consecuentemente provocar la obstrucción de los conductos de alimentación en paradas prolongadas del motor.

En cantidades suficientes, puede combinarse con el azufre contenido en el combustible y producir así ácidos corrosivos posteriores a la combustión.

Aunque este elemento no sea propiamente sujeto del filtrado, sí que es eliminado durante esta fase del proceso de alimentación porque como ya se adivina al ser un elemento compresible, puede perturbar e incluso paralizar la fase de inyección por la formación de bolsas de aire que al ser comprimidas y expandidas alternativamente no llegarían a salir del sistema impidiendo asimismo la salida de combustible”. pág. 55 – 56.

2.13. CIRCUITO DE ALTA PRESIÓN.

Bosch R. (2005) “Este circuito genera una alta presión constante en el acumulador de alta presión (riel) y la inyección del combustible en el cilindro”. pág. 57.



Fuente: Bosch R.
Figura 2.17 Circuito de alta presión.

Este circuito consta de:

- Bomba de alta presión.
- Acumulador de alta presión (rail).
- Inyectores.
- Tuberías de alta presión.

1.14. BOMBA DE ALTA PRESIÓN.

Bosch R. (2005) “La presión enviada por la bomba de alimentación y luego filtrada se dirige a la bomba de alta presión. Esta bomba de alta presión es movida por algún mecanismo del motor en el cual va instalado.

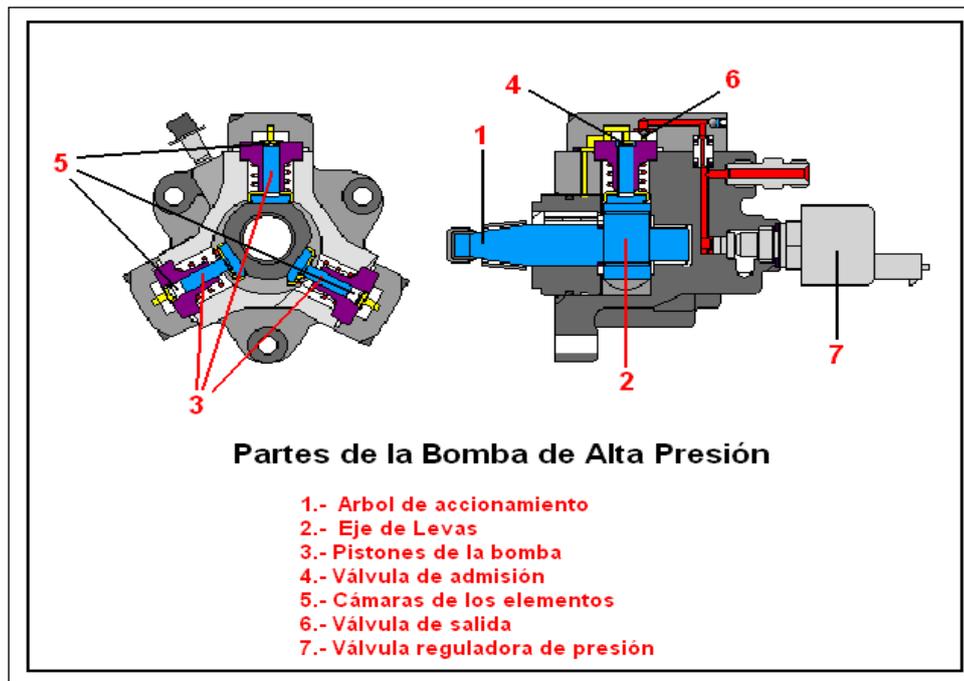
En algunos casos de forma directa en la parte posterior del eje de levas y en otras ocasiones movida por una banda, piñón o cadena, en la parte del sistema de distribución del motor.

La bomba de alta presión está constituida de tres pistones, los cuales son empujados por una leva excéntrica del eje de la bomba. Los pistones al descender, aspiran el combustible y al ascender lo comprimen, enviando esta alta presión hasta el riel común y de él a los inyectores.



Fuente: Bosch R.
Figura 2.18 Bomba de alta presión.

Esta bomba de alta presión se encarga de generar la alta presión necesaria para la inyección así como también, suministrar el caudal necesario para todos los regímenes del motor”. pág. 58 – 59.

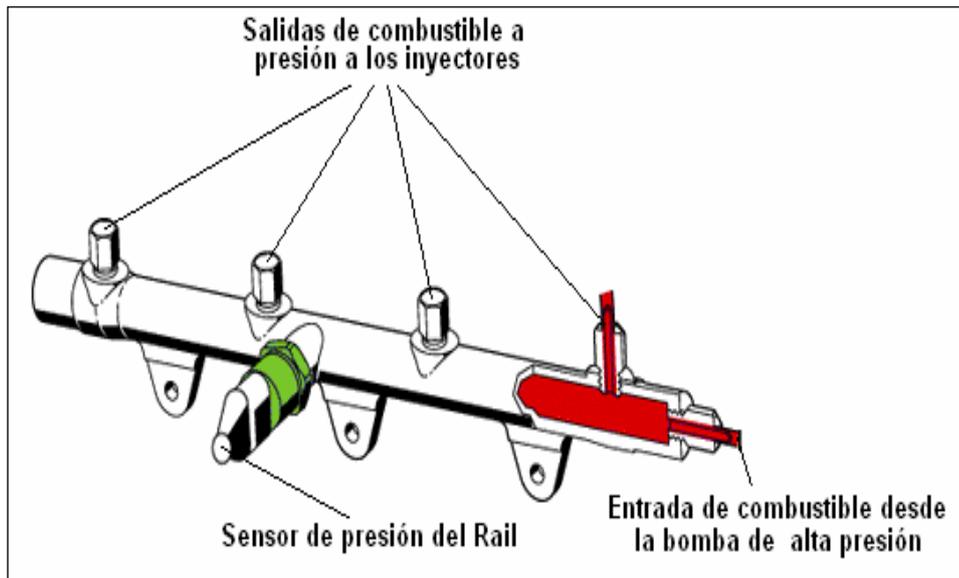


Fuente: Bosch R.
Figura 2.19 Partes de la bomba de alta presión.

2.15. ACUMULADOR DE ALTA PRESIÓN.

Bosch R. (2005) “La alta presión generada en la bomba se dirige hacia el riel común, en el cual están conectadas las cañerías de alta presión para cada uno de los inyectores del motor.

Como esta presión se incrementa con el incremento de las revoluciones del motor, se requiere de un sistema de regulación de la presión tanto en el riel como en los inyectores, trabajo del cual se encarga la computadora con la válvula reguladora de presión.



Fuente: Bosch R.

Figura 2.20 Partes del acumulador de alta presión.

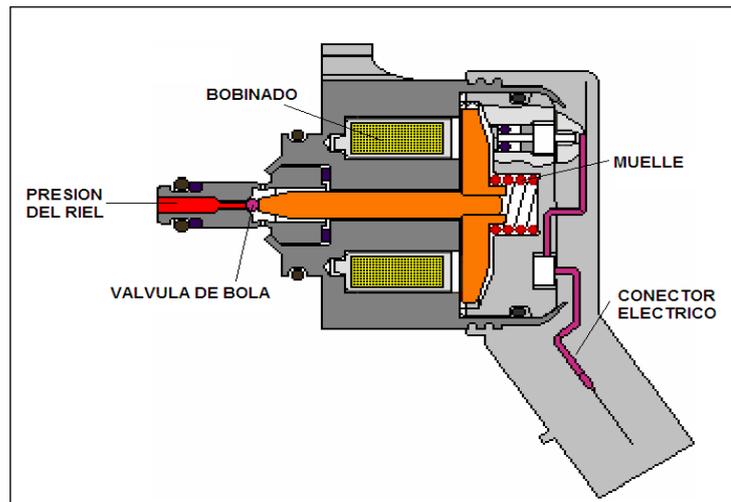
El riel es un tubo de hierro forjado, para evitar las variaciones de presión es necesario que el volumen sea lo mayor posible. Para que el arranque del motor sea rápido el volumen del riel debe ser pequeño.

El acumulador de presión "riel" es el encargado de almacenar combustible y evitar las variaciones en la presión (tiene un volumen calculado para esta función)". pág. 60

2.16. LA VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN.

Bosch R. (2005) "La presión generada por la bomba de alta presión debe ser regulada y mantenida en una valor mínimo y máximo de trabajo.

Está diseñada de tal manera, que la presión que genera durante las revoluciones de arranque del motor sobrepasan el valor mínimo de trabajo, el cual está calculado generalmente entre 250 hasta 300 bar.



Fuente: Bosch R.
 Figura 2.21 Válvula reguladora de presión.

Pero para mantener una presión máxima de trabajo, la misma que está regulada entre los 1.350 hasta los 1.400 bar de presión, se requiere del control de la computadora sobre la válvula reguladora de presión. Esta válvula solenoide es controlada por la computadora a través de pulsos de corriente, permitiendo que abra un paso de la presión hacia el retorno, reduciendo así la presión del riel y manteniendo al mismo tiempo la presión de trabajo.

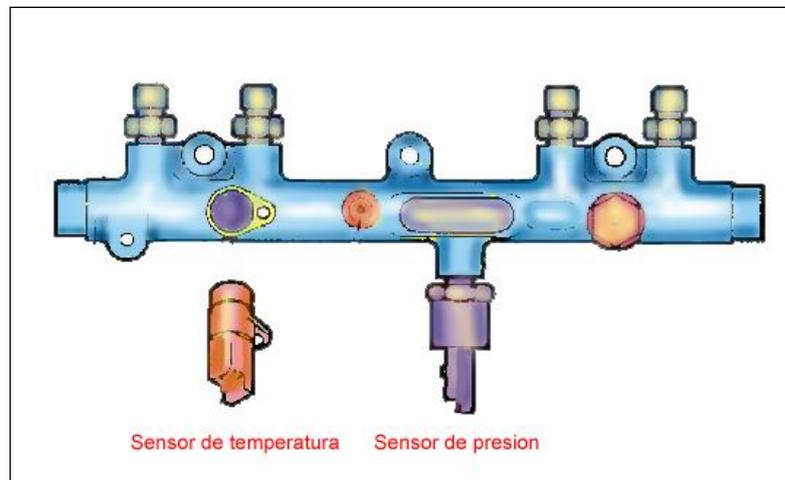
El combustible por lo tanto estará “circulando permanentemente”, ayudando con ello a enfriarlo, a pesar de que algunos sistemas utilizan un enfriador o radiador de combustible”. pág. 61 – 62.

2.17. SENSOR DE PRESIÓN DEL RIEL.

Bosch R. (2005) “Este sensor mide la presión del combustible dentro del riel y transmite la información a la unidad de mando.

La unidad de mando con los datos proporcionados, abre o cierra la válvula reguladora de presión para que la presión dentro del riel se encuentre en los parámetros preestablecidos”. pág. 63 – 64.

Está ubicado en el riel de presión.



Fuente: Bosch R.

Figura 2.22 Sensor de presión del riel común

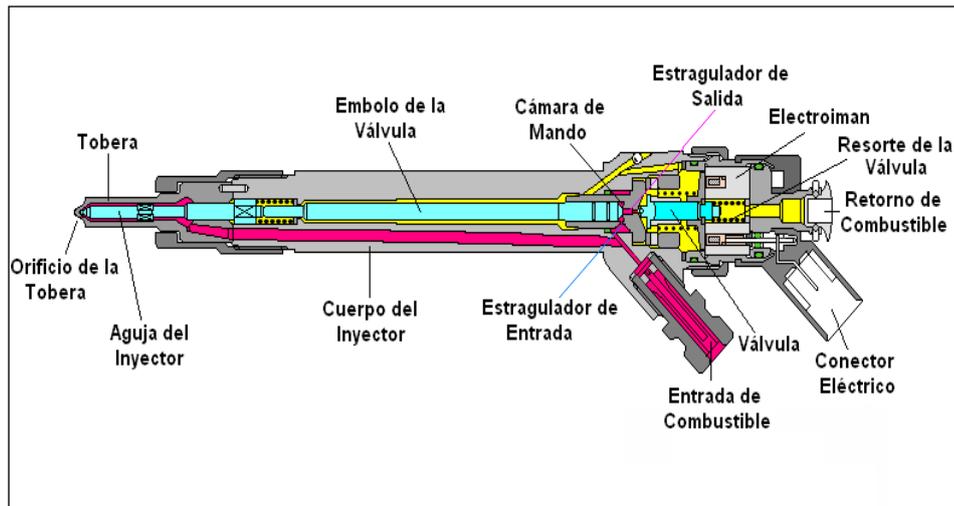
2.18. EL INYECTOR.

Bosch R. (2005) “Finalmente, cuando la presión ha sido regulada en el riel, también se regula en todos y cada uno de los Inyectores.

A pesar de que externamente el inyector es similar al de los sistemas anteriores, se distingue porque en su parte superior se ha instalado una válvula solenoide, la cual recibirá los pulsos de la computadora para controlar la apertura y el cierre de la aguja de inyección.

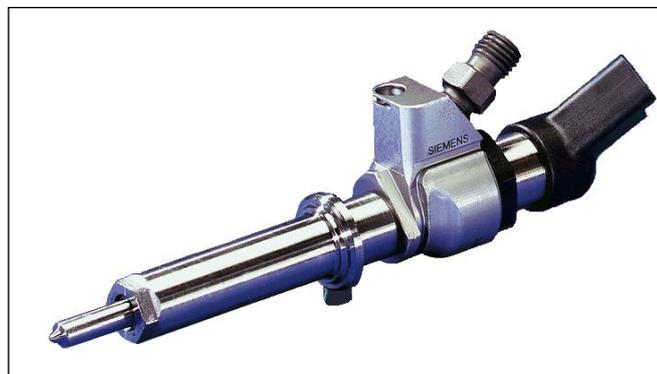
Esta apertura y cierre de la válvula de inyección estará determinada por la computadora, de acuerdo a todos y cada uno de los parámetros de medición de las señales recibidas, tales como las revoluciones del motor, la temperatura del refrigerante, la temperatura del aire y del combustible, la cantidad de aceleración que imprime el conductor del vehículo, la posición angular del pistón que está listo a recibir la inyección en su etapa de compresión y otros datos importantes.

Con estos datos, la computadora determina el momento preciso y el tiempo de inyección, enviando una señal a la válvula solenoide de control de la aguja, con lo cual se abre una válvula de alivio de la presión sobre la cabeza del eje de la válvula del inyector.



Fuente: Bosch R.
Figura 2.23 Partes del inyector.

Quando ya no existe presión sobre la cabeza del eje de la aguja, la misma se levanta de su asiento inferior y el combustible es finamente pulverizado sobre la cabeza del pistón, dentro de la cámara de combustión, momento en el cual se produce la combustión deseada”. pág. 65-68.



Fuente: Bosch R.
Figura 2.24 Vista del inyector.

2.19. PROCESOS DE INYECCIÓN.

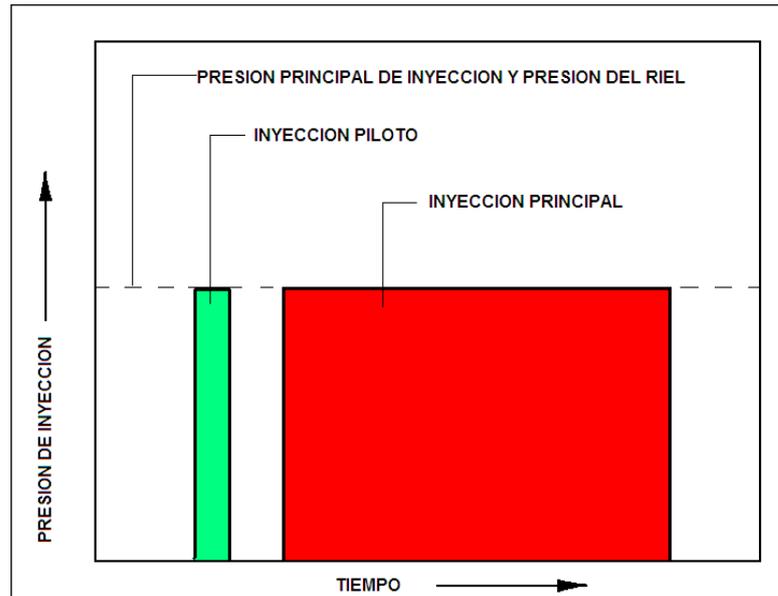
Bosch R. (2005) “Comparando con las características convencionales de inyección, las siguientes demandas han obligado a buscar mejoras en el sistema de inyección, para lograr características de inyección ideal:

- De forma completamente independiente, la cantidad de combustible inyectado y la presión de inyección debe ser definida para las operaciones de trabajo de cada motor, buscando la exactitud de la mezcla aire /combustible.
- Al principio del proceso de inyección, la cantidad de combustible inyectado debe ser la mínima posible, pero que logre el objetivo de iniciar una buena combustión en la cámara.

Estos objetivos se han logrado con el proceso de inyección piloto y la inyección principal en el sistema de riel común.

El sistema de riel común es un sistema modular y en general, los siguientes componentes son los responsables de sus características de inyección”: pág. 70 – 74.

- Inyectores controlados por válvulas solenoides, los mismos que están instalados en el mismo cabezote o culata del motor.
- Riel o acumulador de presión.
- Bomba de alta presión.



Fuente: Bosch R.

Figura 2.25 Esquema de inyección en el sistema de riel común.

2.20. INYECTORES PARA MOTORES RIEL COMÚN.

Bosch R. (2005) “El inyector utilizado en los sistemas common-rail se activan de forma eléctrica a diferencia de los utilizados en sistemas que utilizan bomba rotativa que inyectan de forma mecánica. Con esto se consigue más precisión a la hora de inyectar el combustible y se simplifica el sistema de inyección”. pág. 48.



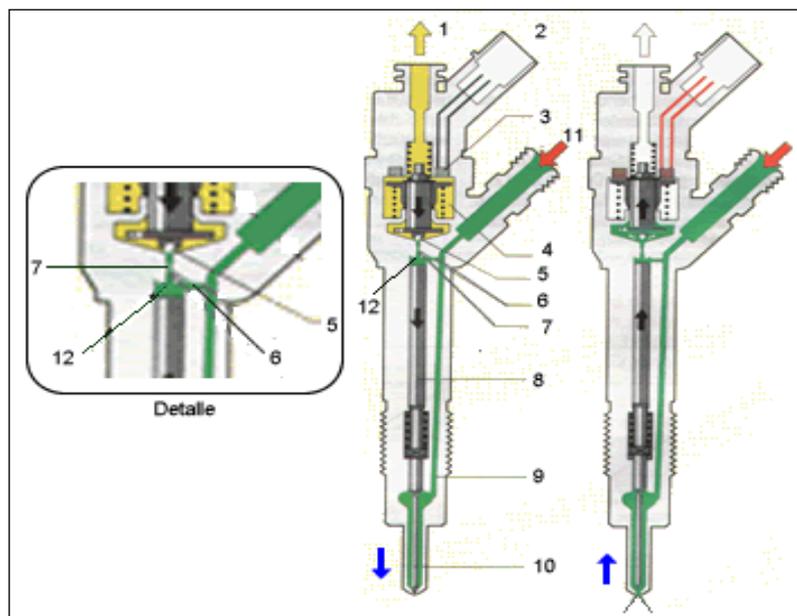
Fuente: Bosch R.

Figura 2.26 Esquema del inyector.

2.21. ESQUEMA INTERNO DE UN INYECTOR RIEL COMÚN.

Aquí se observa los componentes del inyector riel común:

1. Retorno de combustible a deposito
2. Conexión eléctrica
3. Electroválvula
4. Muelle
5. Bola de válvula
6. Estrangulador de entrada
7. Estrangulador de salida
8. Embolo de control de válvula
9. Canal de afluencia
10. Aguja del inyector
11. Entrada de combustible a presión
12. Cámara de control.



Fuente: Bosch R.
Figura 2.27 Partes del inyector.

2.22. ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DEL INYECTOR.

Estructura.

La estructura del inyector se divide en tres bloques funcionales:

- El inyector de orificios.
- El servosistema hidráulico.
- La electroválvula.

Funcionamiento.

La función del inyector puede dividirse en cuatro estados de servicio, con el motor en marcha y la bomba de alta presión funcionando.

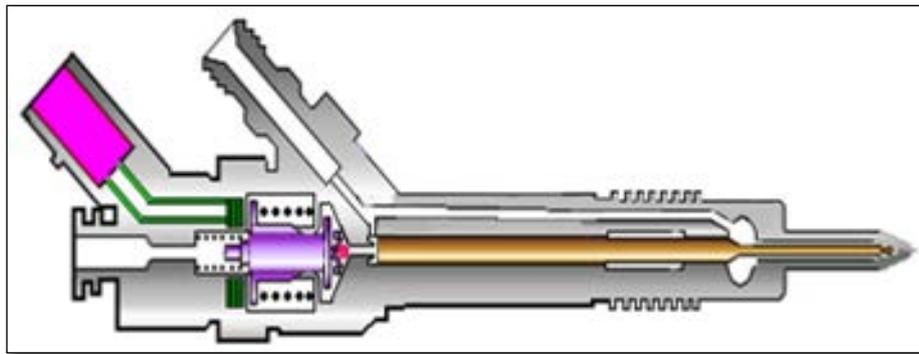
- Inyector cerrado (con alta presión presente).
- El inyector abre (comienzo de inyección)
- Inyector totalmente abierto.
- El inyector cierra (final de inyección).

Si el motor no está en marcha la presión de un muelle mantiene el inyector cerrado.

2.22. INYECTOR CERRADO (ESTADO DE REPOSO).

La electroválvula no está activada (estado de reposo) y por lo tanto se encuentra cerrado el estrangulamiento de salida que hace que la presión del combustible sea igual en la cámara de control que en el volumen de cámara de la tobera por lo que la aguja del inyector permanece apretado sobre su asiento en la tobera empujada (la aguja) por el muelle del inyector, pero sobre todo la aguja se mantiene cerrada porque la presión en la cámara de control y en el volumen de cámara de la tobera (que son iguales) actúan sobre áreas distintas. La primera actúa

sobre el émbolo de control y la segunda sobre la diferencia de diámetros de la aguja, que es un área menor y por tanto la fuerza que empuja a la aguja contra el asiento es mayor que la fuerza en sentido contrario, que tendería a abrirla. El muelle, aunque ayuda, aporta una fuerza muy pequeña.

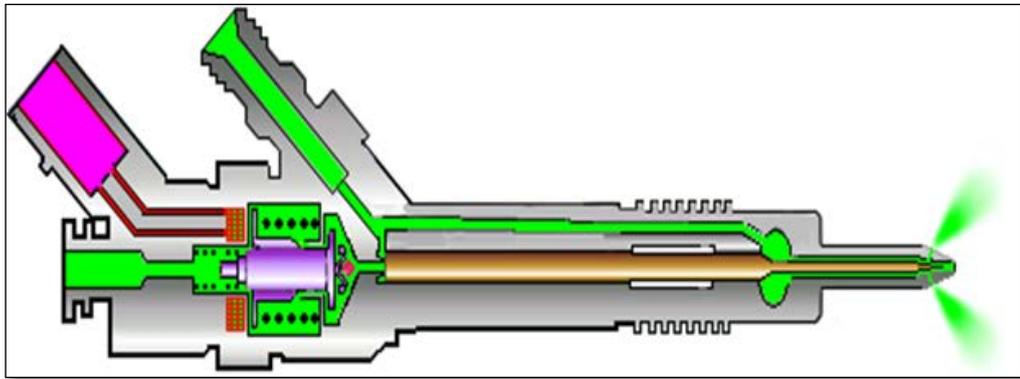


Fuente: Hyundai.
Figura 2.28 Inyector cerrado.

2.23. EL INYECTOR ABRE (COMIENZO DE LA INYECCIÓN).

El inyector se encuentra en posición de reposo. La electroválvula es activada con la llamada corriente de excitación que sirve para la apertura rápida de la electroválvula. La fuerza del electroimán activado ahora es superior a la fuerza del muelle de válvula, y el inducido abre el estrangulador de salida. En un tiempo mínimo se reduce la corriente de excitación aumentada a una corriente de retención del electroimán más baja. Con la apertura del estrangulador de salida puede fluir ahora combustible, saliendo del recinto de control de válvula hacia el recinto hueco situado por encima, y volver al depósito de combustible a través de las tuberías de retorno. El estrangulador de entrada impide una compensación completa de la presión, y disminuye la presión en la cámara de control de válvula. Esto conduce a que la presión en la cámara de control sea menor que la presión existente en la cámara de la tobera. La presión disminuida en la cámara de control de la válvula conduce a

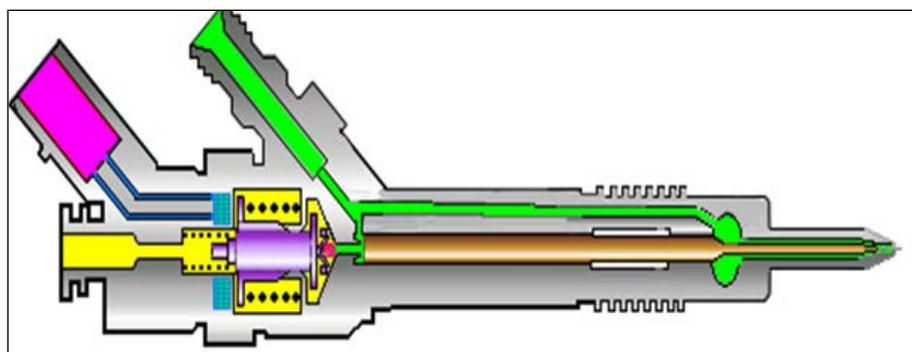
una disminución de la fuerza sobre el émbolo de mando y da lugar a la apertura de la aguja del inyector. Comienza ahora la inyección.



Fuente: Hyundai.
Figura 2.29 Comienzo de la inyección.

2.24. INYECTOR TOTALMENTE ABIERTO.

El émbolo de mando alcanza su tope superior y permanece allí sobre un volumen de combustible de efecto amortiguador. Este volumen se produce por el flujo de combustible que se establece entre el estrangulador de entrada y de salida. La tobera del inyector está ahora totalmente abierta y el combustible, es inyectado en la cámara de combustión con una presión que corresponde aproximadamente a la presión en el riel. La distribución de fuerzas en el inyector es similar a la existente durante la fase de apertura.

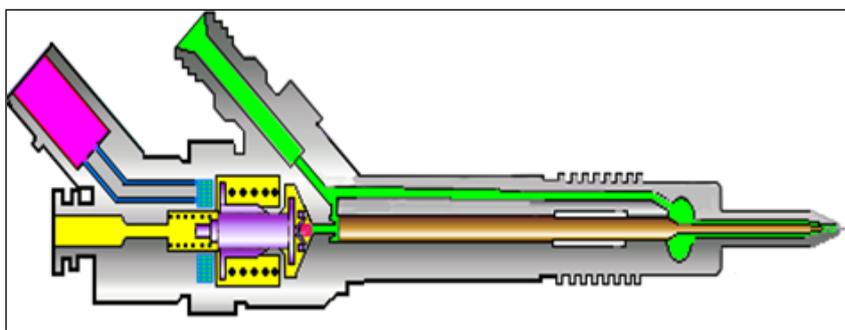


Fuente: Hyundai.
Figura 2.30 Inyector totalmente abierto.

2.25. EL INYECTOR CIERRA (FINAL DE INYECCIÓN).

Cuando deja de activarse la electroválvula, el inducido es presionado hacia abajo por la fuerza del muelle de válvula y la bola cierra el estrangulador de salida. El inducido presenta una ejecución de dos piezas. Aunque el plato del inducido es conducido hacia abajo por un arrastrador, puede sin embargo moverse elásticamente hacia abajo con el muelle de reposición, sin ejercer así fuerza hacia abajo sobre el inducido y la bola.

Al cerrarse el estrangulador de salida se forma de nuevo en el recinto de control una presión como en el riel, a través del estrangulador de entrada. Este aumento de presión supone un incremento de fuerza ejercido sobre el embolo de mando. Esta fuerza del recinto de control de válvula y la fuerza del muelle, superan ahora la fuerza del volumen de la cámara de tobera y se cierra sobre su asiento la aguja del inyector. La velocidad de cierre de la aguja del inyector queda determinada por el flujo del estrangulador de entrada.



Fuente: Hyundai.

Figura 2.31 Final de la inyección.

2.26. ELECTRÓNICA DIGITAL Y PROGRAMABLE.

Hernández J. (2007). "Para realizar un sistema de control para el proyecto que se está desarrollando en este texto se requiere tanto de sistemas mecánicos como de sistemas electrónicos y sobretodo de un

sistema de control electrónico para poder controlar ciertos parámetros como son la apertura y cerrado de los inyectores, etc., gracias a esto se ve en la necesidad de usar electrónica digital y programable para poder satisfacer estas necesidades mencionadas anteriormente.

La electrónica programable no es más que una parte de la electrónica en general que se encarga de resolver y analizar problemas comunes para llevarlos a un procesamiento del mismo transformado desde una lógica digital para dar una solución definida por el programador a determinadas situaciones.

Para familiarizarnos un poco con estos temas se desarrolla la programación en sí de la plataforma arduino”. pág. 192-194.

2.27. ARDUINO.

Moro M. (2011). “Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un micro-controlador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

El hardware consiste en una placa con un micro-controlador Atmel AVR y puertos de entrada/salida.

Los micros controladores más usados son el Atmega168, Atmega328, Atmega1280, ATmega8, atmega2560 por su sencillez y bajo costo que permiten el desarrollo de múltiples diseños.

Arduino se puede utilizar para desarrollar objetos interactivos autónomos o puede ser conectado a software del ordenador (por ejemplo: Macromedia flash, processing, max/msp, pure data). Las placas se pueden montar a mano o adquirirse. El entorno de desarrollo integrado libre se puede descargar gratuitamente”. pág. 63 – 65.

a. ARDUINO 2560

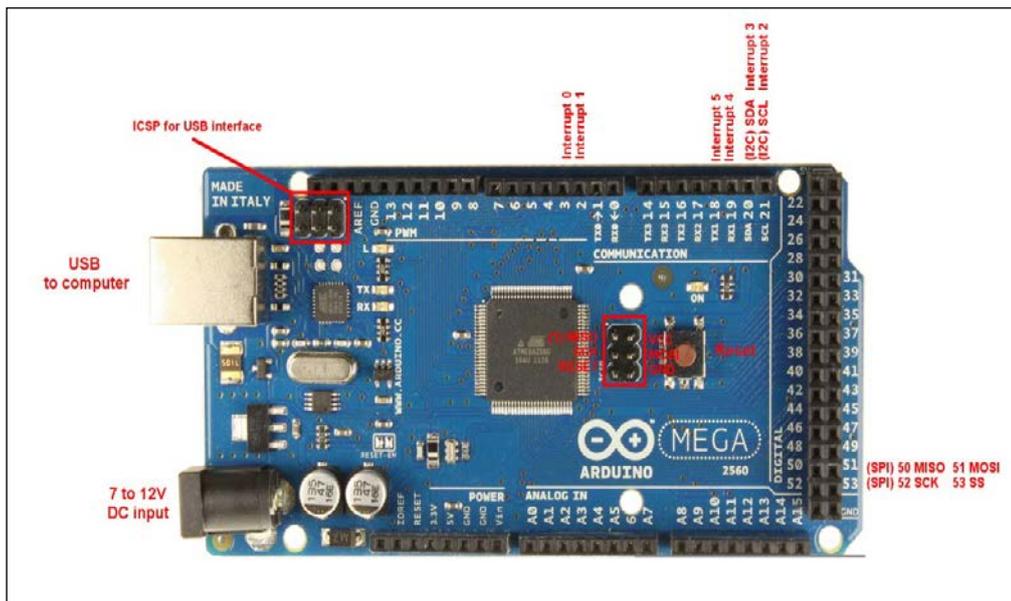
Moro M. (2011). “Consta de un micro-controlador 2560. Para utilizarlo, basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB o el poder con un adaptador de CA a CC o batería para empezar. La Mega es compatible con la mayoría de los escudos diseñados para el Arduino Duemilanove o Diecimila”. pág. 65 – 67.

ESPECIFICACIONES.

Tabla 2.1 Especificaciones Arduino 2560.

Característica	Descripción
Micro controlador	Atmega 1280/2560
Voltaje Operativo	5
Voltaje de entrada recomendado	7 – 12V
Voltaje de entrada límite	6 - 20V
Pines de entrada y salida digital	45/ 14 salida PWM
Pines de entrada análoga	16
Intensidad de corriente	40 Ma
Memoria Flash	128KB (4KB reservados para el bootloader)
Sram	8KB
Eeprom	4KB
Frecuencia de reloj	16MHz

Fuente: Moro M.



Fuente: Moro M.
Figura 2.32 Arduino 2560.

SINTAXIS BÁSICA.

- Delimitadores: `;`, `{}`
- Comentarios: `//`, `/* */`
- Cabeceras: `#define`, `#include`
- Operadores aritméticos: `+`, `-`, `*`, `/`, `%`
- Asignación: `=`
- Operadores de comparación: `==`, `!=`, `<`, `>`, `<=`, `>=`
- Operadores Booleanos: `&&`, `||`, `!`
- Operadores de acceso a punteros: `*`, `&`
- Operadores de bits: `&`, `|`, `^`, `~`, `<<`, `>>`
- Incremento/decremento de variables: `++`, `--`
- Asignación y operación: `+=`, `-=`, `*=`, `/=`, `&=`, `|=`

BIBLIOTECAS EN ARDUINO.

Moro M. (2011). “Para utilizar una biblioteca en la barra de herramientas seleccionar Sketchy hacer clic en el menú “Import Library”, escoger una biblioteca y se añadirá el `#include` correspondiente de

acuerdo a la biblioteca seleccionada. Las bibliotecas estándar que ofrece Arduino son las siguientes”: pág. 68 – 70.

- **SERIAL.-** Lectura y escritura por el puerto serie.
- **EEPROM.-** Lectura y escritura en el almacenamiento permanente.
read(), write()
- **FIRMATA.-** Comunicación con aplicaciones de ordenador utilizando el protocolo estándar del puerto serie.
- **LIQUIDCRYSTAL.-** Permite realizar la programación y el Control de LCDs. La biblioteca soporta los modos de 4 y 8 bits.
- **SOFTWARE SERIAL.-** Por defecto Arduino incluye comunicación sólo en los pines digitales 0 y 1, mediante esta biblioteca se realiza la comunicación con el resto de pines.
- **WIRE.-** Envío y recepción de datos sobre una red de dispositivos o sensores mediante Two Wire Interface (TWI/I2C).

b. MOSFET.

Hernández J. (2007). “Es un transistor utilizado para amplificar o conmutar señales electrónicas y es el más utilizado en el mundo, está presente en prácticamente todos los dispositivos electrónicos, gracias a sus características de tamaño, facilidad de uso y bajo consumo de energía, ya sea en circuitos analógicos o digitales. Son dispositivos controlados por voltaje”. pág. 198.

MOSFET DE POTENCIA IRFZ44N.

Hernández J. (2007). “Comparten las mismas características de sus hermanos pequeños, ya que permiten conmutaciones muy veloces y un bajo consumo de energía, con la capacidad de manejar grandes tensiones y corrientes.



Fuente: Hernández J.

Figura 2.33 Mosfet de potencia IRFZ44N para la aplicación.

Existen dos tipos básicos de mosfet: de canal n, de canal p. En electrónica de potencia los más utilizados son la de canal n, por presentar menores pérdidas y mayor velocidad de conmutación, debido a la mayor movilidad de los electrones con relación a los agujeros.

Tienen tres terminales denominados fuente (source), compuerta (gate) y drenador (drain)". pág. 165.

International

PD - 94053

IOR Rectifier

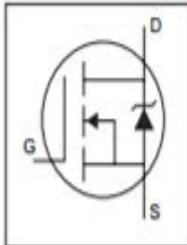
IRFZ44N

HEXFET® Power MOSFET

- Advanced Process Technology
- Ultra Low On-Resistance
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated

Description
Advanced HEXFET® Power MOSFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.



$V_{DSS} = 55V$

$R_{DS(on)} = 17.5m\Omega$

$I_D = 49A$



TO-220AB

Fuente: Hernández J.

Figura 2.34 Características mosfet de potencia IRFZ44N

c. OPTO ACOPLADOR.

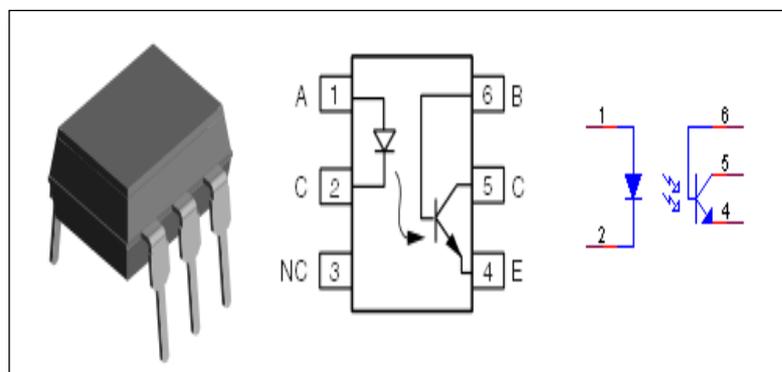
Hernández J. (2007). “Una gran variedad de sistemas digitales controlan otros sistemas o son interconectados a una etapa de potencia. La manipulación de altas corrientes implica tener consideraciones de seguridad eléctrica para los operarios y el sistema digital. Por tal razón es deseable que las etapas digitales y potencia se realicen por medio de un acoplamiento que permite aislar eléctricamente a los sistemas.

El opto acoplador permite realizar un acoplamiento óptico y un aislamiento eléctrico del sistema digital y de potencia. Cuando se produce un corto en la etapa de potencia o alguna anomalía eléctrica, el opto acoplador protege los circuitos digitales de control.

El acoplamiento se efectúa en el rango del espectro infrarrojo a partir de dispositivos emisores de luz y dispositivos detectores de luz actuando como receptores”. pág. 166 – 167.

Opto acoplador fototransistor.

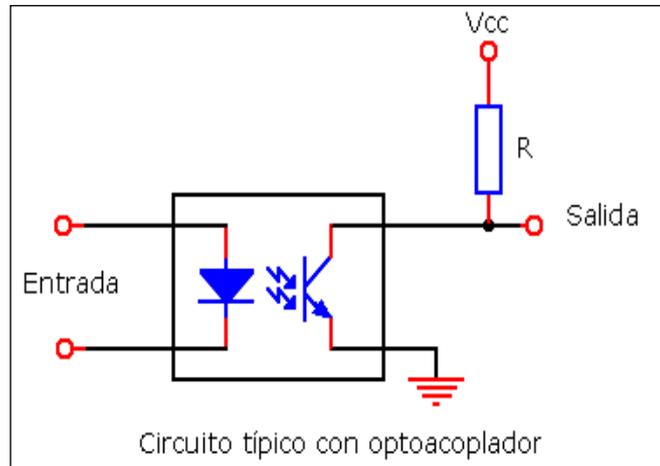
Hernández J. (2007). “Se compone de un opto acoplador con una etapa de salida formada por un transistor BJT. Los más comunes son 4n25 y 4n35”. pág. 168 – 169.



Fuente: Hernández J.

Figura 2.35 Opto acoplador fototransistor 4n25.

Circuito básico con opto acoplador.



Fuente: Hernández J.

Figura 2.36 Circuito básico opto acoplador 4n25.

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Se presenta la metodología para el desarrollo de:

- El diseño de la investigación.
- La modalidad.
- El enfoque metodológico.
- El tipo de investigación.

3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

La investigación es experimental, se utilizó instrumentos de medición adecuados, control, y verificación de parámetros generados por el sistema de riel común en el motor diesel para realizar la comprobación de inyectores y simulación del sistema crdi.

La investigación experimental tiene el propósito de determinar relaciones de causa y efecto, donde se estimula al objeto a investigar y los comportamientos resultantes se los compara con los que no son estimulados o de control.

3.2. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.

La investigación es factible a desarrollar mediante un estudio de campo, se consideró a los laboratorios diesel en la ciudad de Quito como área de influencia para la obtención de parámetros y comportamientos necesarios para la construcción del banco, argumentando los resultados mediante mediciones con equipos de tecnología de punta.

Esta investigación permitió obtener los parámetros de operación en condiciones reales en laboratorios diesel.

Esta información es de mucha utilidad debido a que el banco debe realizar las mismas pruebas que se realiza en laboratorios diesel con equipos de punta, pero con un menor costo de fabricación y un sistema amigable de utilización.

3.3. METODOLOGÍA.

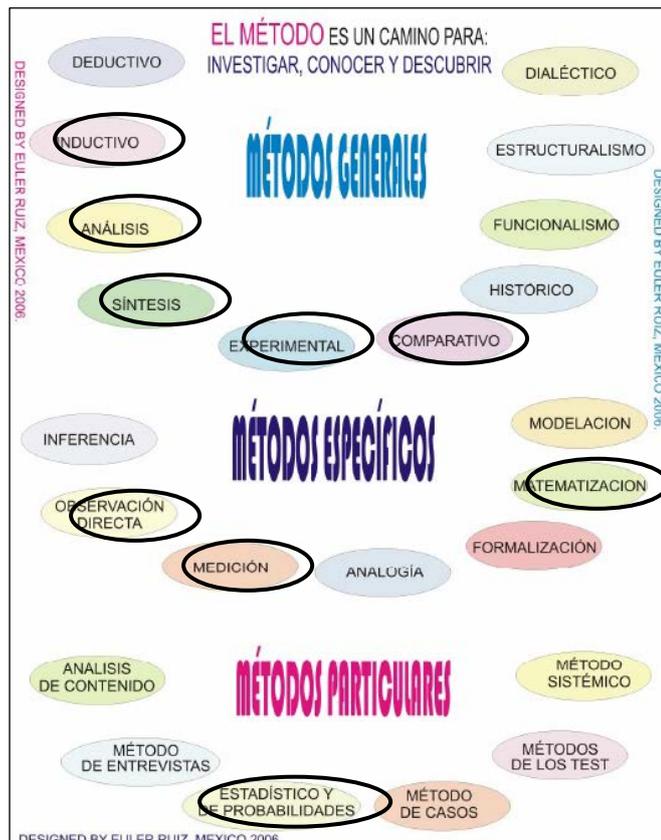
La metodología a utilizar es experimental por lo que mediante el desarrollo de experimentos y pruebas en laboratorios, se estableció resultado de potencia necesaria para la bomba de alta presión, valores de voltajes necesarios para sensores y actuadores, tabla de calibración para inyectores Delphi.

En el proceso de la investigación científica se utiliza diversos métodos y técnicas según la ciencia particular de que se trate y de acuerdo a las características concretas del objeto de estudio.

Existen, sin embargo, métodos que pueden considerarse generales para todas las ramas de la ciencia en tanto que son procedimientos que se aplican en las distintas etapas del proceso de investigación con mayor o menor énfasis, según el momento en que este se desarrolle.

Estos métodos son el análisis y la síntesis, la inducción y la deducción.

En la siguiente figura nos dice. El método es un camino para investigar, conocer y descubrir, se refiere a los métodos generales, específicos y particulares, de los cuales se resalta los métodos utilizados en la investigación.



Fuente: Ruiz

Figura 3.1 Métodos de investigación aplicados.

Desarrollando la correlación de los métodos de investigación con la determinación de parámetros para el banco de pruebas encaja en:

El análisis sistemático ya que se han realizado pruebas ordenadas desde, medición de valores de voltaje y resistencia de bobina, hasta medición de caudal principal y retorno a alta carga.

La síntesis se aplicó en el desarrollo de pruebas de soporte a la investigación sin omitir ninguna y tampoco descartar otra.

La aplicación del método inductivo, se partió de hechos particulares como el tipo de fluido a utilizar para la comprobación de inyectores en el banco.

La observación y experimentación en el uso del motor eléctrico, bomba de alta presión, control electrónico, e inyectores fueron de gran utilidad para establecer conclusiones y determinar resultados que aporten a la investigación.

La matematización de resultados de medición es muy importante para manejar una estadística básica para cálculos de valores de voltaje, eliminando probabilidades de error.

El comparativo se utilizó al analizar los valores obtenidos en la investigación experimental y hacer un estudio de comparación con los valores obtenidos en la investigación de campo.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.

La muestra es un subgrupo de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características llamada población.

Conforme a esta definición se dice que la población es la totalidad de elementos a investigar respecto a ciertas características.

Se utilizó el muestreo por estratos, el cual consiste en dividir al universo de estudio en estratos, zonas, o grupos homogéneo, para luego tomar la muestra.

El grupo de observación está compuesto de 30 personas entre estudiantes y docentes, pero como este valor es menor a 200, la aplicación de la encuesta se realiza a todos.

3.5. DISEÑO DE ENCUESTAS.

El objetivo es el implementar un banco de pruebas de inyectores Delphi del sistema riel común en los laboratorios del departamento de

mecánica automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.

1. ¿Conoce acerca del sistema de inyección de combustible controlado electrónicamente?
 Sí No
2. ¿Qué sistemas de inyección se imparte en la universidad?
 Riel Común Unidad Inyectora Electrónica (EUI)
 Bomba Rotativa Bomba en línea
3. ¿El equipamiento del laboratorio de reparación diesel, en porcentaje está equipado con dispositivos de diagnóstico para el estudio de los sistemas de inyección diesel de la actualidad?
 25% 75%
 50% 100%
4. ¿Con qué frecuencia asiste usted al laboratorio diesel para evidenciar y comprobar las diferentes pruebas que se realizan al sistema crdi?
 Siempre Rara vez
 Nunca Casi Siempre
5. ¿Dispone el laboratorio diesel de la carrera de mecánica automotriz los recursos necesarios, para un aprendizaje del sistema crdi?
 Sí No
6. ¿Cada qué período de tiempo los conocimientos adquiridos en los talleres, deben complementarse con la utilización de bancos de pruebas apropiados mediante clases prácticas?
 Diario 1 vez a la semana
 2-4 veces al mes 1 vez al semestre
7. ¿Conoce usted, en el departamento de mecánica automotriz existe personal calificado en sistemas crdi?
 Sí No
8. ¿Considera usted que, es necesario disponer de bancos de simulación y pruebas para inyectores crdi en la carrera de mecánica automotriz para facilitar el aprendizaje?
 Sí No
9. ¿En qué porcentaje considera usted, que la implementación de nuevos bancos de pruebas de inyección, mejorará la enseñanza de los sistemas de inyección?
 25% 50%
 75% 100%
10. ¿Recomienda usted, la implementación del banco de pruebas de inyectores COMMON RAIL para el laboratorio de reparación diesel?
 Sí No

3.6. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.

Un instrumento de recolección es válido cuando mide de alguna manera demostrable aquello que trata de medir, libre de distorsiones matemáticas. El instrumento se realizó con el aval de cuatro expertos, a quienes se les consultó sobre el tema “DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DEL SISTEMA COMMON RAIL”

- Ing. Renato Arboleda. Diseño de circuitos electrónicos en Apm valle.
- Ing. Gerardo De la Torre. Diseño de circuitos hidráulicos y neumáticos en Neumac S.A.
- Ing. Carlos Espinoza. departamento técnico Adeco Ltda.
- Ing. Luis Vinueza. Docente SECAP Quito.

Las observaciones realizadas por los expertos fueron incorporadas en la elaboración del instrumento definitivo. Los resultados fueron tabulados con la ayuda de programa Microsoft Excel, cuyo resultado determinó la necesidad de contar con un banco de pruebas para inyectores de riel común y mejorar la enseñanza de este tema en los futuros profesionales.

3.7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

• PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los resultados obtenidos de la encuesta, fueron tratados estadísticamente, cuantificados y tabulados; se procedió a elaborar los gráficos estadísticos, los mismos que fueron analizados para inferir las correspondientes interpretaciones orientadas a dar respuestas a los objetivos de la investigación.

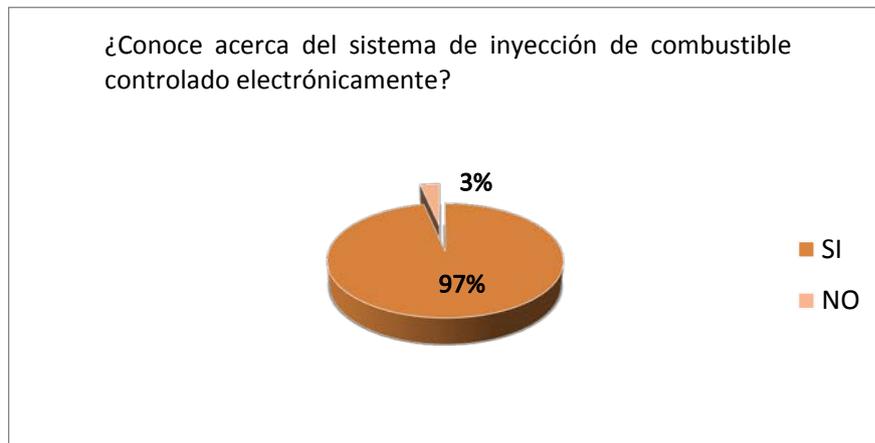
Pregunta No. 1

¿Conoce acerca del sistema de inyección de combustible controlado electrónicamente?

Tabla 3.1 Tabulación de conocimiento del sistema.

	%	Frecuencia
SI	96,67	29
NO	3,33	1
TOTAL	100,00	30

Fuente: Allaica, Córdor.



Fuente: Allaica, Córdor.
Figura 3.2 Resultado ilustrativo

Análisis:

El 97% de los estudiantes asegura que han escuchado sobre el tema y solo el 3% dice lo contrario.

Interpretación:

En la figura 3.2 se puede concluir que los estudiantes han escuchado sobre el sistema de inyección de combustible controlado electrónicamente, el cuál supera muchas de las limitaciones de los inyectores convencionales con accionamiento mecánico.

Pregunta No. 2

¿Qué sistemas de inyección se imparte en la universidad?

Tabla 3.2 Tabulación de sistemas impartidos.

	%	Frecuencia
Común Riel	24,53	26
Unidad Inyectora Electrónica (EUI)	23,58	25
Bomba Rotativa	25,47	27
Bomba en línea	26,42	28
TOTAL	100,00	106

Fuente: Allaica, Córdor.



Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 3.3 Resultado ilustrativo.

Análisis:

El 25% de los estudiantes encuestados conoce el sistema Común Riel, el 24% Unidad Inyectora Electrónica (EU), el 25% Bomba Rotativa y el 25% la Bomba en línea.

Interpretación:

En la figura 3.3 se puede concluir que los estudiantes si conocen los sistema de inyección diesel utilizados en la actualidad. Esto nos proporciona una seguridad que en la materia de Reparación Diesel se está proporcionando la información idónea a los estudiantes de la Carrera.

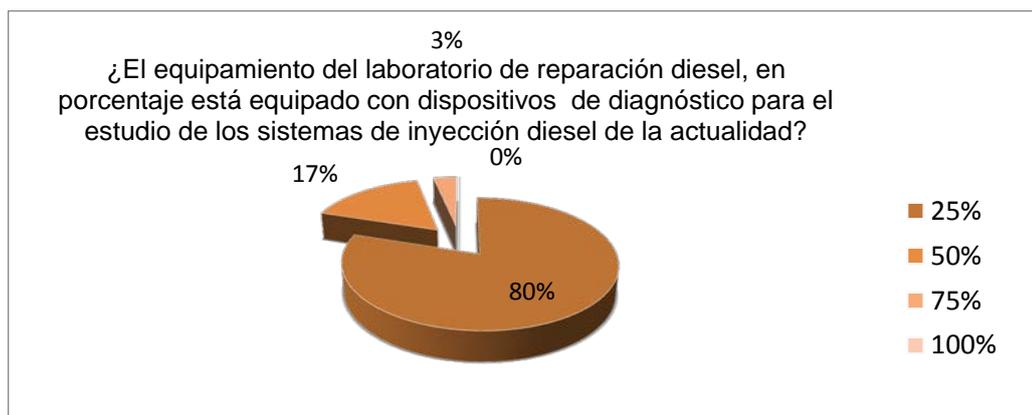
Pregunta No. 3

¿El equipamiento del laboratorio de reparación diesel, en porcentaje está equipado con dispositivos de diagnóstico para el estudio de los sistemas de inyección diesel de la actualidad?

Tabla 3.3 Equipamiento de laboratorio diesel.

	%	Frecuencia
25%	80,00	24
50%	16,67	5
75%	3,33	1
100%	0,00	0
TOTAL	100,00	30

Fuente: Allaica, Córdor.



Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 3.4 Resultado ilustrativo de porcentajes.

Análisis:

El 80% de los encuestados acepta que es un veinticinco por ciento, el 17% dice que es el cincuenta por ciento, y el 3% el setenta por ciento y por otro lado el 0% de los encuestados el cien por ciento dentro de la actualidad.

Interpretación:

En la figura 3.4 demuestra que la mayor parte de los estudiantes considera que el laboratorio de reparación diesel, está equipado actualmente con dispositivos de diagnóstico para el estudio de los sistemas de inyección diesel.

Pregunta No. 4

¿Con qué frecuencia asiste usted al laboratorio diesel para evidenciar y comprobar las diferentes pruebas que se realizan al sistema crdi?

Tabla 3.4 Frecuencia de observación de pruebas.

	%	Frecuencia
Siempre	0,00	0
Casi siempre	6,67	2
Rara vez	86,67	26
Nunca	6,67	2
TOTAL	100,00	30

Fuente: Allaica, Córdor.



Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 3.5 Resultado ilustrativo de frecuencias.

Análisis:

El 7% de los estudiantes afirman que nunca van a los centros de laboratorio a diesel, el 86% dice que van rara vez, 7% dice que casi siempre y 0% siempre.

Interpretación:

En la figura 3.5 demuestra que una gran parte de los encuestados afirma que asisten a los centros de laboratorio diesel para evidenciar y comprobar las diferentes pruebas que se realizan a los sistemas de inyección.

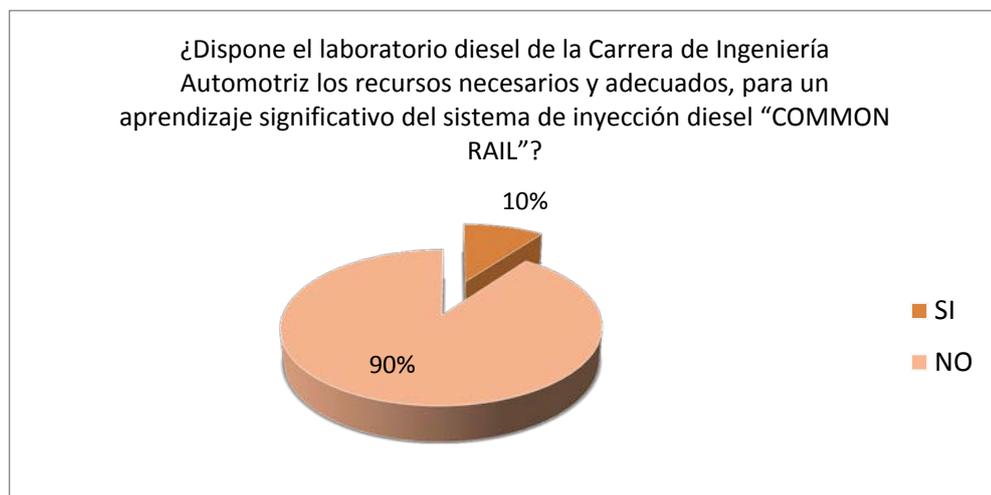
Pregunta No. 5

¿Dispone el laboratorio diesel de la carrera de mecánica automotriz los recursos necesarios, para un aprendizaje del sistema crdi?

Tabla 3.5 Recursos necesarios y adecuados.

	%	Frecuencia
SI	10,00	3
NO	90,00	27
TOTAL	100,00	30

Fuente: Allaica, Córdor.



Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 3.6 Resultado ilustrativo de necesidad de recursos.

Análisis:

El 90% de los encuestados está de acuerdo con la pregunta realizada y solo el 10% está en desacuerdo.

Interpretación:

En la figura 4.5 se observa que los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Automotriz cuentan con un adecuado laboratorio diesel para un aprendizaje significativo del sistema de inyección diesel “COMMON RAIL”

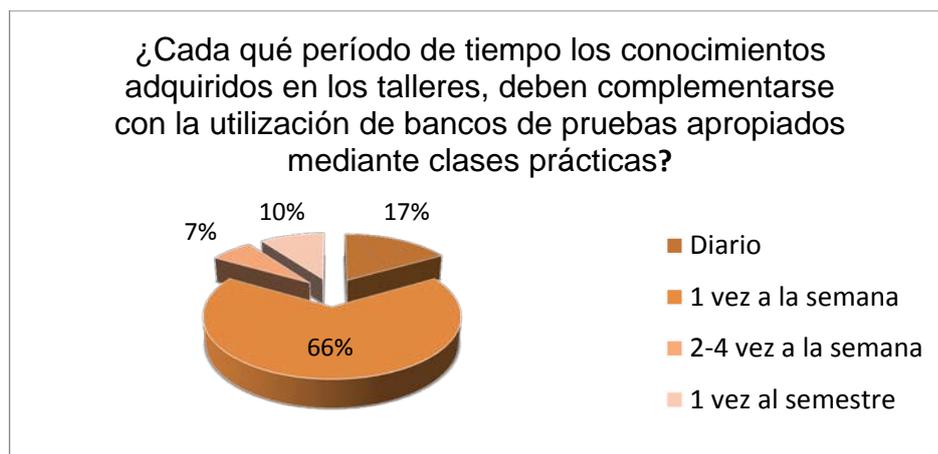
Pregunta No. 6

¿Cada qué período de tiempo los conocimientos adquiridos en los talleres, deben complementarse con la utilización de bancos de pruebas apropiados mediante clases prácticas?

Tabla 3.6 Frecuencia de necesidad de utilización de prácticas.

	%	Frecuencia
Diario	16,67	5
1 vez a la semana	66,67	20
2-4 vez a la semana	6,67	2
1 vez al semestre	10,00	3
TOTAL	100,00	30

Fuente: Allaica, Córdor.



Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 3.7 Resultado ilustrativo de frecuencias.

Análisis:

El 17% de los encuestados dicen que se debería complementar su conocimiento mediante clases prácticas diarias, el 66% 1 vez a la semana, el 7% 2-4 veces a la semana y el 10% 1 vez al semestre.

Interpretación:

En la figura 3.7 se puede concluir que los estudiantes encuestados opinan que se debería complementar su conocimiento adquiridos en los talleres, con la utilización de bancos de pruebas apropiados mediante clases prácticas 1 vez a la semana.

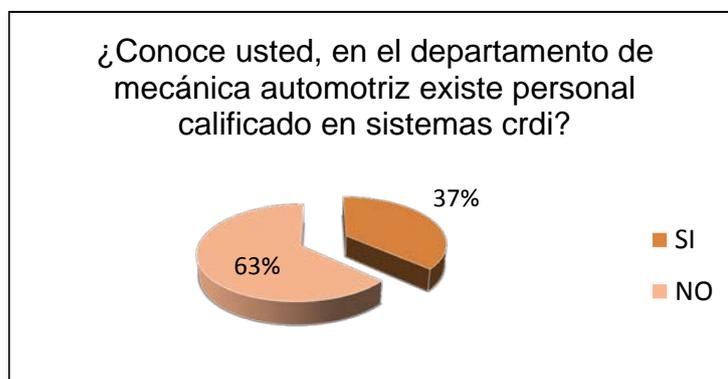
Pregunta No. 7

¿Conoce usted, en el departamento de mecánica automotriz existe personal calificado en sistemas crdi?

Tabla 3.7 Conocimiento de personal en el sistema.

	%	Frecuencia
SI	36,67	11
NO	63,33	19
TOTAL	100,00	30

Fuente: Allaica, Córdor.



Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 3.8 Resultado ilustrativo de conocimiento de personal.

Análisis:

El 63% de nuestra muestra considera que existe personal calificado dentro de la Carrera y solo el 37% considera lo contrario.

Interpretación:

En la figura 3.8 se observa que en la Carrera de Ingeniería Automotriz dispone de personal con alto conocimiento y dominio en pruebas de inyección.

Pregunta No. 8

¿Considera usted que, es necesario disponer de bancos de simulación y pruebas para inyectores crdi en la carrera de mecánica automotriz para facilitar el aprendizaje?

Tabla 3.8 Necesidad de bancos de simulación.

	%	Frecuencia
Siempre	86,67	26
Casi siempre	6,67	2
Rara vez	6,67	2
Nunca	0,00	0
TOTAL	100,00	30

Fuente: Allaica, Córdor.



Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 3.9 Resultado ilustrativo de necesidad de bancos.

Análisis:

Del 100% de los encuestados un 87% considera que es necesario siempre disponer de bancos de simulación y pruebas de inyectores, el 7% casi siempre y rara vez y el 0% nunca.

Interpretación:

En la figura 3.9 se concluye que casi la mayoría de los encuestados consideran que es necesario disponer de bancos de simulación y pruebas para inyectores utilizados en maquinaria, equipo pesado, transportes urbanos o pesados tales como riel común, con el fin de facilitar el aprendizaje de este sistema de inyección.

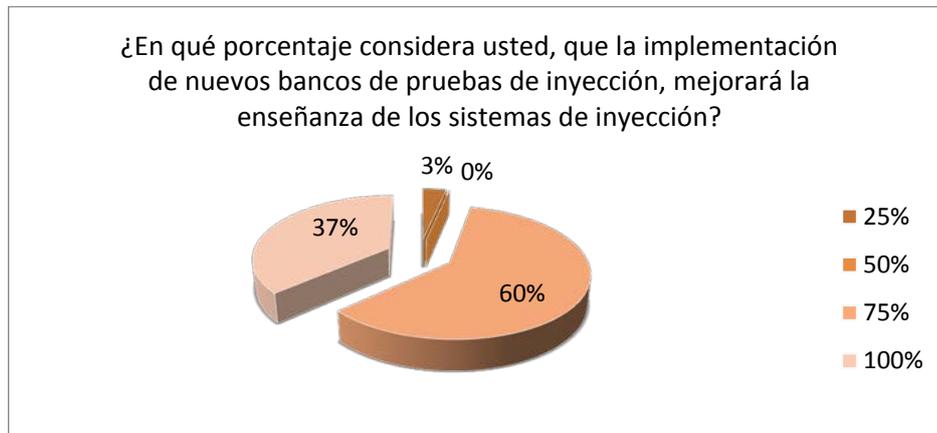
Pregunta No. 9

¿En qué porcentaje considera usted, que la implementación de nuevos bancos de pruebas de inyección, mejorará la enseñanza de los sistemas de inyección?

Tabla 3.9 Mejora de enseñanza en porcentaje.

	%	Frecuencia
25%	3,33	1
50%	0,00	0
75%	60,00	18
100%	36,67	11
TOTAL	100,00	30

Fuente: Allaica, Córdor.



Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 3.10 Resultado ilustrativo en porcentaje.

Análisis:

El 3% de los encuestados consideran que mejorara la enseñanza con la implementación de los nuevos bancos de pruebas de inyección en un veinticinco por ciento, el 0% dice que es el cincuenta por ciento, y el 60% el setenta por ciento y por otro lado el 37% de los encuestados el cien por ciento dentro de la actualidad.

Interpretación:

En la figura 3.10 de las encuestas realizadas se obtuvo que un alto porcentaje de estudiantes consideran, que la implementación de nuevos bancos de pruebas de inyección, mejorará en un 75% la enseñanza de los sistemas de inyección.

Pregunta No. 10

¿Recomienda usted, la implementación del banco de pruebas de inyectores riel común para el laboratorio de reparación diesel?

Tabla 3.10 Implementación del banco de pruebas.

	%	Frecuencia
SI	100,00	30
NO	0,00	0
TOTAL	100,00	30

Fuente: Allaica, Córdor.



Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 3.11 Resultado ilustrativo de implementación.

Análisis:

El 100% de los encuestados están de acuerdo con la pregunta realizada.

Interpretación:

En la figura 3.11 se puede observar que los estudiantes de los últimos niveles de la Carrera de Ingeniería Automotriz recomiendan, la implementación del banco de pruebas de inyectores riel común para el laboratorio de Reparación Diesel.

3.8. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en la encuesta se conoce que las personas en su mayoría conocen el sistema riel común, pero a su vez desconocen su funcionamiento.

- Los estudiantes consideran en un 80 % que los laboratorios de estudio tan solo aportan un 25 por ciento en el aprendizaje.
- La inclusión del banco de pruebas constituye en un 86 por ciento de los encuestados un aporte significativo y de gran valor para el estudio del sistema.
- El 36 % dice que los laboratorios cuentan con personal técnico calificado, el resto considera que no.
- El 96 % de los encuestados considero que la implementación del banco mejorar la enseñanza.
- El 100 % de los encuestados recomienda la implementación del banco de pruebas.

3.9. RECOMENDACIONES.

- Incentivar proyectos prácticos de funcionamiento real de sistemas para fortalecer el aprendizaje y enseñanza de la carrera.
- Actualización constante en los avances tecnológicos a los técnicos calificados en el sistema.
- Dotar de equipo acorde al avance tecnológico para facilitar su comprensión.

3.10. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS.

- **HIPÓTESIS GENERAL.**

El banco de pruebas riel común para sistemas Delphi, permitirá realizar pruebas de operación y funcionamiento en condiciones reales y con la obtención de valores similares a otros equipos de prueba que se encuentren en el mercado.

3.11. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.

3.11.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.

Banco de pruebas de simulación y comprobación.

3.11.2. VARIABLE DEPENDIENTE.

Pruebas de funcionamiento de sistemas Delphi.

3.12. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Centra su análisis en verificar conceptos, categoría, indicador, y preguntas utilizadas en la investigación.

VARIABLE INDEPENDIENTE.

Tabla 3.11 Operacionalización de variables independientes.

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
Banco de pruebas de simulación y comprobación.	Técnica Académica	Número de parámetros de control del banco ≥ 3 Número de pruebas a realizar ≥ 4 Número de componentes mecánicos, eléctricos, electrónicos implementados ≥ 10	¿Qué parámetros controla el banco? ¿Qué pruebas de inyección se puede realizar en el banco? ¿Qué componentes mecánicos, eléctricos, electrónicos se implementará?

Fuente: Allaica, Córdor

- **VARIABLE DEPENDIENTE.**

Tabla 3.12 Operacionalización de variables dependientes.

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
Pruebas de funcionamiento sistema Delphi	Técnica Académica	Voltaje de activación Opciones de menú de pruebas ≥ 2 Tiempo de activación y reposo de inyectores entre 700 y 1000 ms	¿Con qué voltaje se activa el inyector Delphi? ¿Qué opciones despliega el menú de pruebas? ¿En ralentí, media carga, alta carga y simulación cual es el tiempo de operación?

Fuente: Allaica, Córdor

CAPÍTULO 4

4 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES DELPHI DEL SISTEMA RIEL COMÚN.

4.1. CARACTERÍSTICAS DEL BANCO.

El banco de pruebas para inyectores riel común, debe cumplir con varios parámetros de aplicación y funcionalidad detallados a continuación.

- Controlar parámetros de funcionamiento tales como: voltaje, velocidad, y presión.
- Realizar pruebas de medición de caudal principal y retorno, estanqueidad, activación de bobinas, y pulverización.
- Los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos son seleccionados o diseñados acorde a factores de operatividad, resistencia y calidad para una comprobación fiable y de alta durabilidad.
- Acoples y seguros originales para el sistema de inyección riel común Bosch y Delphi.
- Controlar el voltaje de activación de los inyectores.
- Menú de pruebas amigable y de fácil utilización.
- Variar tiempo de activación del inyector dependiendo de la prueba a realizar.

4.2. SELECCIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO.

La selección de un sistema hidráulico implica dos tareas iniciales: empezando por el cálculo y definición de los componentes de acuerdo a sus necesidades (presión, caudal, etc.), y luego con el dibujo o croquis del circuito. Hay que considerar la existencia y disponibilidad de éstos en el mercado.

4.2.1. COMPONENTES DE FUNCIONAMIENTO PARA EL BANCO DE PRUEBAS RIEL COMÚN.

Los componentes utilizados para la construcción del banco de pruebas riel común se muestran en la siguiente tabla, con una rápida descripción.

Tabla 4.1 Componentes altas presión.

SISTEMA	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
Sistema hidráulico de alta presión	Bomba alta presión	Accionada por un motor eléctrico, envía un caudal de 6,63 GPM.
	Regulador de presión	Regula la presión de combustible recibiendo una señal de 12 V.
	Sensor de presión	Mediante un voltaje variable de 0 a 5 V. nos indica la presión existente dentro del acumulador.
	Desactivador 3 ^{er} pistón	Desactiva un pistón de la bomba para ahorro de combustible recibiendo una señal de 12 V.
	Acumulador de presión	Almacena el combustible a alta presión de 200 a 1300 bar.
	Inyector	Válvulas solenoides activadas eléctricamente con 12 V.

Fuente: Allaica, Córdor.

4.2.2. COMPONENTES.

El sistema hidráulico del banco está conformado por los siguientes componentes.

4.2.3. BOMBA DE ALTA PRESIÓN.

Para la selección de la bomba se tomó como base el funcionamiento real del motor diesel, es decir a partir de un solo eje o

piñón se impulsa a la bomba de alta presión de combustible y este es alimentada por medio de la bomba de aspiración eléctrica.

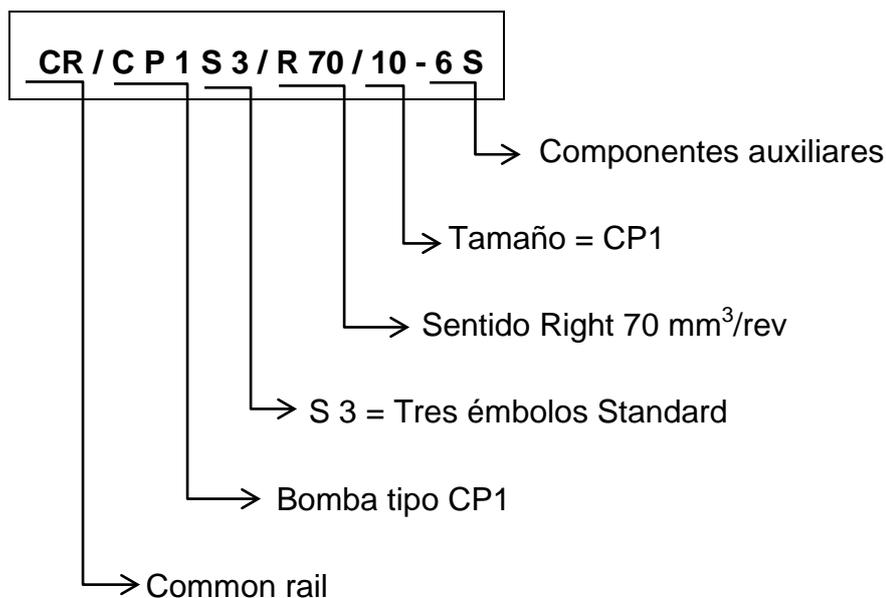
Tabla 4.2 Valores de presión de la bomba.

Bomba alta presión	Psi	Bar
Mínima presión	3127,08	220
Máxima presión	18478,20	1300

Fuente: Allaica, Córdor.

Mediante la respectiva investigación realizada se determinó la presión y el caudal necesario para activar los inyectores. A partir de estos criterios se procedió a la selección de la bomba **CR / CP1 S3 / R70 / 10 - 6S**, existente en el mercado.

Debido a que al aumento de revoluciones en el impulso al eje de la bomba se tienen un exceso de caudal en la salida de la bomba, es necesario, controlar esto por medio del regulador de presión de inyección alojado en la bomba.



Fuente: MANDIESEC S.A.

Figura 4.1 Identificación técnica de la bomba hidráulica.

Definición de los cálculos de la bomba hidráulica para la aplicación.

$$Q = \frac{cc/rev \times RPM}{1000} [ltrs/min]$$

Ecuación 1 Caudal para la bomba hidráulica

Donde:

Q = Caudal de la bomba hidráulica (ltrs/min).

cc/rev = Descarga de la bomba por revolución.

RPM = Revoluciones del motor.

- **Caudal para la bomba de alta presión.**

$$Q_1 = \frac{7 cc/rev \times 3600RPM}{1000} [ltrs/min]$$

$$Q_1 = 25,2 [ltrs/min]$$

$$Q_1 = 6,63 GPM$$



Fuente: Allaica, Cónдор.
Figura 4.2 Bomba de alta presión.

- **Cálculo de potencia del motor eléctrico.**

Para la adecuada selección se toma en cuenta la siguiente fórmula y los parámetros de la tabla 4.2.

$$hp = \left[\frac{P \times Q}{14000} \right]$$

Ecuación 2 Potencia del motor eléctrico

Donde:

P = Presión de trabajo (Psi).

Q = Caudal de la bomba hidráulica (GPM).

- **Para presión de combustible mínima.**

$$hp = \left[\frac{P \times Q}{14000} \right]$$

$$hp = \left[\frac{3127,08 \text{ Psi} \times 6,63 \text{ GPM}}{14000} \right]$$

$$hp = 1,48$$

- **Para presión de combustible máxima.**

$$hp = \left[\frac{P \times Q}{14000} \right]$$

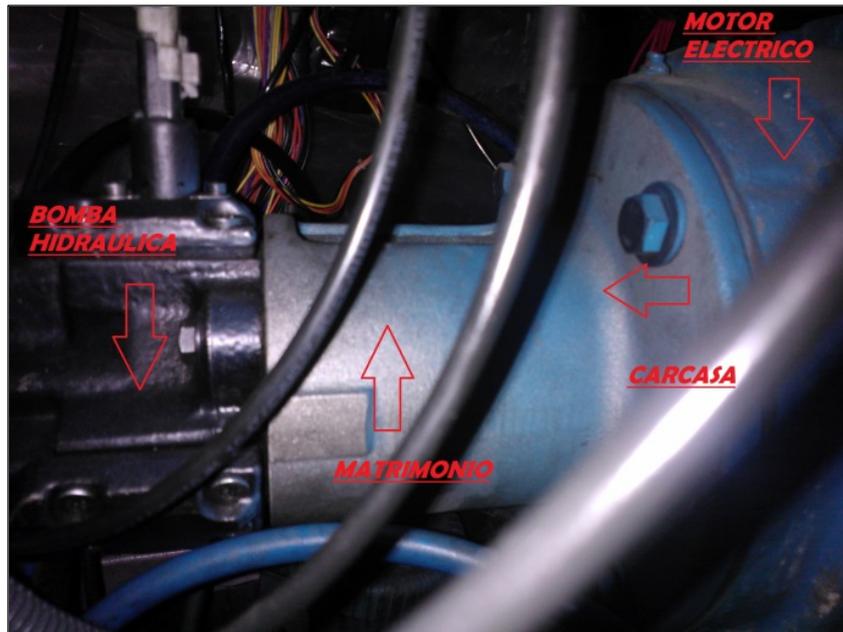
$$hp = \left[\frac{18478,20 \text{ Psi} \times 6,63 \text{ GPM}}{14000} \right]$$

$$hp = 8,75$$

$$hp = 8,75 \times 1,2$$

$$hp = 10$$

De acuerdo a resultados obtenidos en el cálculo se requiere de una potencia mínima de 8,75 hp, sin embargo el motor seleccionado es de 10Hp, tomando un factor de seguridad de 1,2 que se encuentra en la tabla 4.3.



Fuente: Allaica, Córdor.
Figura 4.3 Motor eléctrico para la aplicación

4.2.4. ACOPLAMIENTO MECÁNICO.

Los acoplamientos tienen por función prolongar líneas de transmisión de ejes o conectar tramos de diferentes ejes, estén o no alineados entre sí.

Los acoplamientos flexibles son diseñados de tal manera que sean capaces de transmitir torque con suavidad, en tanto permiten cierta desalineación axial, radial o angular.

Para la aplicación se ha seleccionado un acoplamiento flexible de quijadas, el cual tiene dos masas con quijadas protuberantes, estas quijadas se superponen axialmente y se entrelazan torsionalmente a través de un inserto elástico de hule.

- **Cálculo para la selección del acoplamiento.**

$$C = \frac{7160 \times P}{n}$$

Ecuación 3 Selección de acoplamiento mecánico.

Donde:

C = Par nominal a transmitir (Nm).

P = Potencia a transmitir (hp).

N = Velocidad de rotación (rpm).

$$C_{max} = \frac{7160 \times 10 \text{ hp}}{1400 \text{ rpm}}$$

$$C_{max} = 51,14 \text{ Nm}$$

La elección para un acoplamiento mecánico, con el tamaño correcto es muy importante, por lo cual es necesario conocer la potencia y velocidad requerida, así como también la severidad del servicio que debe absorber, es decir, será necesario aplicar un factor de corrección o de servicio. En la determinación del par nominal del acoplamiento, se debe tener en cuenta:

- Irregularidades de par debido a diferentes tipos de máquinas motrices y máquinas receptoras (k1).
- Frecuencias de arranque (k2).
- Número de horas de funcionamiento por día (k3).

El valor “k” de estos tres coeficientes k1, k2 y k3, se denomina coeficiente de seguridad, y se obtiene de las siguientes tablas.

Tabla 4.3 Coeficiente k1 máquina motriz y receptora.

Maquina motriz			Maquina receptora	Ejemplos de máquinas receptoras.
Motor eléctrico y turbina	Máquina de pisos			
	4 a 6 cilindros	1 a 3 cilindros		
1	1.2	1.4	1 Marcha regular Inercia muy pequeña	Eje de reenvió, generador de alumbrado, línea de ejes, Bombas centrifugas, ventilador centrifugo.
1.2	1.4	1.7	2 Marcha irregular Inercia pequeña	Agitador de líquidos, cinta transportadora, ascensor, máquinas herramientas rotativas, Bombas de engranajes, bombas de paletas.
1.4	1.7	2	3 Marcha irregular Inercia media	Montacargas, mezclador de líquidos, transportadora de rodillos, máquinas para madera, máquinas para imprimir.
1.7	2	2.4	4 Marcha irregular Inercia media De golpes medios	Hormigonera, molino de percusión, molino de bolas, transportadora de cadena, cepilladora de metales.

Fuente Scribd

Tabla 4.4 Coeficiente k2 frecuencia de arranque.

Según máquina motriz – máquina receptora Ver cuadro K1	NUMERO DE ARRANQUES POR HORA				
	1	10	30	60	120
1	1	1.2	1.3	1.5	1.6
2 3	1	1.1	1.2	1.3	1.4
4 5 6	1	1.06	1.1	1.2	1.2

Fuente Scribd

Tabla 4.5 Coeficiente k3 número de horas de funcionamiento diario.

Número de horas de funcionamiento diario	0 - 2	2 - 8	8 - 16	16 - 24
Coeficiente k3	0.9	1	1.1	1.2

Fuente: Scribd

$$C_n = C \times F_s$$

Ecuación 4 Par nominal del acoplamiento.

Donde:

C_n = Par nominal del acoplamiento Nm.

C = Par nominal a transmitir Nm.

F_s = Factor de seguridad (k).

$$k_1 = 1,2 \quad k_2 = 1,1 \quad k_3 = 0,9$$

$$k = k_1 \times k_2 \times k_3$$

$$k = 1,2 \times 1,1 \times 0,9$$

$$k = 1,188$$

$$C_n = C \times F_s$$

$$C_n = 51,14 \text{ Nm} \times 1,188$$

$$C_n = 60,754 \text{ Nm}$$

A continuación se selecciona el acople elástico de quijadas L110, de acuerdo al par y potencia a transmitir en la siguiente figura.

Tabla 4.6 Selección de quijadas.

Medida	Miembro elástico	Número de juntas	Hp máximos a RPM				Torque máximo		Medida de eje máximo		RPM máximos X1000
			100	1200	1800	3600	lbs-in	Nm	in	mm	
L095/AL095	Hytrel	3	0.89	10.68	16	32.04	561	63.38	1.1	28	3.6
L100/AL100/LC100	SOX NBR	3	0.66	7.92	11.9	23.76	417	47.11	1.38	35	7
L110/AL110/LC110	SOX NBR	3	1.26	15.12	23	45.36	792	89.48	1.62	42	5
L150/LC150	SOX NBR	3	2	24	35	72	1240	140.1	1.88	48	5

Fuente: Neumac S.A.

4.2.5. VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN DE INYECCIÓN IPR.

La válvula reguladora de presión de inyección evita que el sistema tenga sobrepresiones por encima de valores establecidos.

Esta válvula IPR posee dos circuitos de control de presión.

- **Circuito mecánico:** Permite asegurar una presión mínima y amortiguar las variaciones.
- **Circuito eléctrico:** La ECM actúa directamente sobre la alta presión controlando el electroimán del regulador.

La fuerza electromagnética generada, se suma a la mecánica, determinando y controlando el valor de alta, y el exceso de combustible se descarga por medio de una salida hacia el circuito de retorno para finalmente volver al depósito.

Esta válvula reguladora viene alojada a la salida de la bomba y dentro del circuito de alta presión.

Tabla 4.7 Características de la válvula

VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN IPR	
RESISTENCIA	6,5 Ω a 15 Ω
VOLTAJE ACTIVACIÓN	12 Voltios
PRESIÓN MÍNIMA	3,6 bar (Motor parado) 200 bar (Motor 800 rpm)
PRESIÓN MÁXIMA	1300 bar

Fuente: Allaica, Córdor.



Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 4.4 Válvula reguladora de presión IPR.

4.2.6. VÁLVULA DESACTIVADORA TERCER PISTÓN.

La válvula desactivadora del tercer pistón de la bomba de alta presión tiene como misión reducir:

- La cilindrada de la bomba de alta presión, reduciendo el caudal puesto en presión y disminuyendo la temperatura del combustible.
- La potencia absorbida por la bomba en media carga.

Controlada por la ECM, activada electrónicamente, tiene dos posiciones de trabajo la cuales son ON/OFF, viene alojada directamente en la bomba de alta presión, en la tabla 4.8 se muestra sus especificaciones.

Tabla 4.8 Características de la válvula

DESACTIVADOR DEL TERCER PISTÓN	
RESISTENCIA	25 Ω
VOLTAJE ACTIVACIÓN	12 VOLTIOS (ON/OFF)
RALENTÍ	DESACTIVADA
MEDIA CARGA	DESACTIVADA
ALTA CARGA	ACTIVADA

Fuente: Allaica, Córdor.

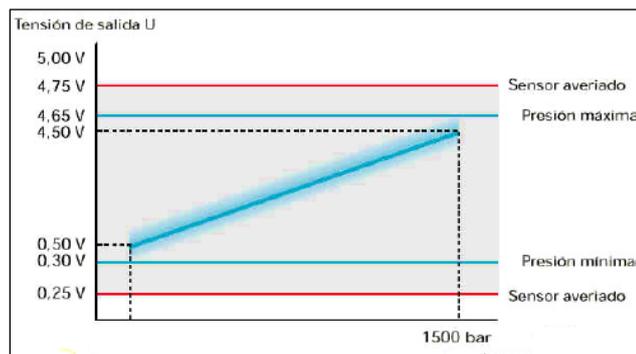


Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 4.5 Válvula desactivadora 3er pistón.

4.2.7. SENSOR DE PRESIÓN DE INYECCIÓN FRP.

El sensor de presión de inyección o ICP (injection control pressure) tiene la función de transmitir una señal de tensión proporcional a la presión de combustible en el acumulador de presión o rail. Con esta información La ECM calcula el tiempo de inyección y la presión de inyección.



Fuente: Gallegos.

Figura 4.6 Tensión de salida vs presión de inyección.

Como se observa en la gráfica anterior la señal es lineal, ósea que hay aumento de la tensión de salida con el aumento de la presión.

Tabla 4.9 Relación Presión vs Voltaje P/V

RELACIÓN	
PRESIÓN	VOLTAJE
0	0,5 V
50	0,64
300	1,3 V
600	2 V
1500	4,5 V

Fuente: Allaica, Córdor.



Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 4.7 Sensor de presión o ICP

4.2.8. ACUMULADOR DE PRESIÓN.

El acumulador de presión tiene como misión almacenar el combustible a alta presión así como amortiguar las oscilaciones de presión provocadas por los tres bombeos que se producen en cada vuelta de la bomba y por las aperturas de los inyectores.



Fuente: Gallegos.
 Figura 4.8 Acumulador utilizado.

El acumulador de alta presión aloja el empalme para alimentación de combustible procedente de la bomba de alta presión, los empalmes hacia los inyectores, y el sensor de presión del combustible.

Al extraerse combustible del acumulador para efectos de inyección, la presión en el acumulador se mantiene casi constante, gracias a su gran volumen acumulable.

Tabla 4.10 Características del riel.

CARACTERÍSTICAS DEL RIEL	
VOLUMEN	25,92 cm³
MATERIAL	Acero Forjado
FORMA	Alargada hueca
DIÁMETRO INTERNO	11 mm
LONGITUD	35,79 cm

Fuente: Allaica, Córdor.

$$V = \pi \times (r \text{ cm})^2 \times l \text{ cm}$$

Ecuación 5 Fórmula de volumen.

$$V = \pi \times (0,5 \text{ cm})^2 \times 33 \text{ cm}$$

$$V = 25,92 \text{ cm}^3$$

El sensor de presión de inyección se encuentra alojada en el riel como un solo conjunto y es irremplazable.

Las conexiones hidráulicas entre Rail-Bomba y Rail-Electro inyectores están realizadas con tubos de acero con un diámetro interno de 2mm y un diámetro externo de 6mm.



Fuente: Allaica, Córdor.
Figura 4.9Cañerías utilizadas.

4.2.9. INYECTOR.

El inyector utilizado en para las pruebas a realizar es Delphi, se activa de forma eléctrica. Con esto se consigue más precisión a la hora de inyectar el combustible y se simplifica el sistema de inyección.

Tabla 4.11 Características del inyector.

INYECTOR	
MARCA	Delphi
VOLTAJE	12 voltios
RESISTENCIA	0,2 ohmios
PRESIÓN	250 bares a 1600 bares máximo
TIPO DE MOTOR	Diesel
NUMERO DE MODELO	EJBR03701D
EQUIVALENCIAS	Ejbr00504z Ejbr00503z Ejbr01001d Ejbr00201z Ejbr00401z Ejbr02201z Ejbr01601z Ejbr01302z Ejbr03001d Ejbr04601d Ejbr02601z Ejbr02801d
APLICACIÓN	Hyundai terracan crdi 2.9 2wd Hyundai terracan crdi 2.9 4wd Kia carnival ii 2.9 crdi Kia sedona crdi ii
DÍA DE PRODUCCIÓN	2001-2004
CAPACIDAD DEL MOTOR	1.8 l/cm ³

Fuente: Allaica, Córdor.

4.3. DISEÑO ELECTRÓNICO.

4.3.1. PROGRAMACIÓN CON ARDUINO PARA BANCO DE PRUEBAS Y SIMULACIÓN RIEL COMÚN.

Se presentan los códigos que se implementaron para la simulación del sistema en el banco de inyectores, por lo tanto se define algunas etapas.

- Programa de control de inyección.
- Programa para control de válvula proporcional mediante PWM (Modulación por ancho de pulso).

- Programa para lectura y control de las rpm del motor, activando la tercera válvula o pistón de desfogue del sistema hidráulico por sobre revoluciones.

4.3.2. PROGRAMA DE CONTROL DE INYECCIÓN.

El módulo o programación es uno de los más importante para la activación de los inyectores a probar, se irán detallando las secciones del código según sea necesario para indicar su funcionamiento. El código se descompone en varias secciones bien definidas como son:

- Cabecera.
- Función de inicialización.
- Función principal o lazo principal.
- Funciones específicas.

Cabecera

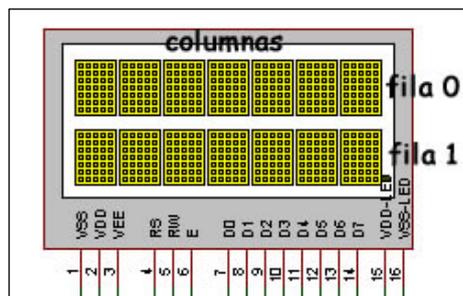
Se incluyen las librerías necesarias para el manejo de los diferentes módulos internos o externos al arduino, se declaran variables, constantes, pines de uso, configuración de ciertas partes de las librerías, entre otros.

Función de inicialización.

La función Void Setup (), continúa con la inicialización de las funciones que inician a las librerías como la lcd, la configuración específica de los pines de entrada o salida y ciertas llamadas a otras funciones necesarias para que el sistema arranque iniciando todo para su correcto funcionamiento. Como nota importante se explica como es un lcd en forma general para cubrir ese tema y no profundizar después en el desarrollo de las demás secciones de código.

- **LCD (Visualizador de Cristal Líquido).**

Este dispositivo simplemente nos ayuda a presentar texto, el cual es una ayuda para el usuario final ya que puede realizar las acciones que intuitivamente se requieren en el sistema y así configurar las funciones de dichos sistemas para el correcto funcionamiento y pruebas del banco de inyectores.



Fuente: Software Proteus.

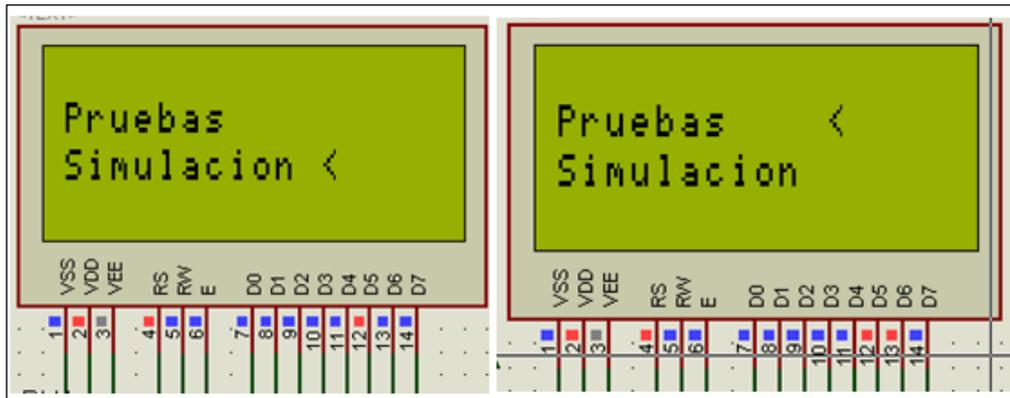
Figura 4.10 Distribución básica de los caracteres de un LCD.

Función principal o lazo principal

Se implementan las funciones restantes o llamadas a funciones para que el usuario final pueda configurar la máquina y hacer las pruebas para el manejo del sistema final.

Función menú ():

Se realiza el movimiento de los cursores para seleccionar el tipo de pruebas sea la de simulación o la de pruebas específicas, se adjunta como deben presentarse las pantallas del sistema.



Fuente: Software Proteus.
 Figura 4.11 Selección de los menús de inicio.

Si se selecciona el menú simulación, se realiza el programa automático que es una serie de pulsos para la activación como si estuviese el sistema montado en un vehículo.

Según el control de inyección y las secuencias de inyección, a continuación se ve las imágenes del sistema en este modo.



Fuente: Software Proteus.
 Figura 4.12 Muestra de secuencia de inyección.

Se aprecia la forma de secuencias que es 1-3-4-2, obviamente como se van activando los inyectores y existe un mensaje para salir de ese bucle de simulación que es presionando el botón de izquierda.

Continuando con la explicación del menú del sistema si se selecciona la opción de pruebas se presenta la siguiente pantalla.



Fuente: Software Proteus.
Figura 4.13Submenús.

Se observa dos opciones adicionales que son prueba patrón y prueba principal, la prueba patrón es la más sencilla de todas ya que solo genera un pulso de activación para abrir el inyector una sola vez esto se la conoce como prueba de fuga o atasco para los inyectores, también para observar la pulverización del inyector.

Si se selecciona la prueba principal se puede ingresar al menú siguiente en donde se tiene lo siguiente.

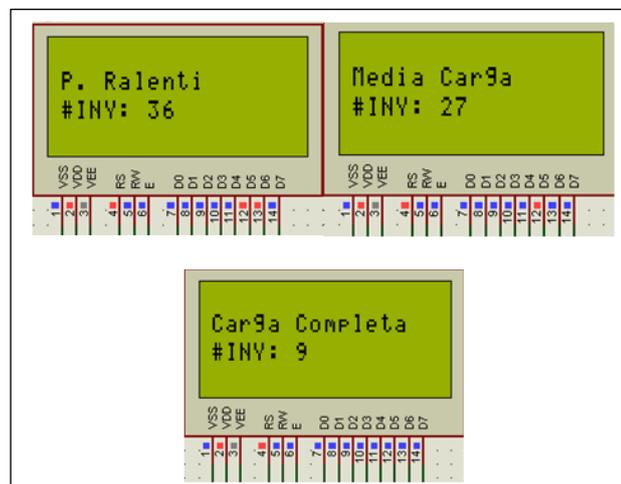


Fuente: Software Proteus.
Figura 4.14Menús de prueba.

Se observa que la pantalla anterior es el último menú utilizado en nuestro sistema y es realmente, la parte central de las pruebas que se dedica a ciertas condiciones verdaderas en el sistema de inyección.

Estas pruebas son cuando el motor esta sin acelerar o ralenti, a media carga y a carga completa, todo depende de las revoluciones a lo cual gira el motor del vehículo.

Para cualquiera de estos submenús se presentan pantallas similares que se pueden ver a continuación:



Fuente: Software Proteus.
Figura 4.15 Pruebas a realizar.

Funcion teclado():

Esta función enlaza las lecturas de las teclas y selecciona todas las partes de los menús.

4.3.3. PROGRAMA PARA CONTROL VÁLVULA IPR (PWM).

Para control de apertura de esta válvula es necesario la utilización de PWM (Modulación de ancho de pulso), por lo cual este programa se diseñó por la necesidad de utilizar todas las partes del sistema hidráulico que tiene el banco de inyectores que abre proporcionalmente dicha

válvula para dejar más o menos precisión dentro del acumulador de presión, y trabaja como protección para evitar sobre presión dentro del mismo, lo que realiza el sistema es lo siguiente.

Realiza la captura del valor del sensor de presión que trabaja desde 0 a 5 voltios directamente conectado a nuestro arduino, de ahí según el valor de voltaje obtenido por fórmulas de cálculo para convertir de analógico al digital se hace un cambio de escala proporcional para enviar el cambio en el ancho de pulso y abrir más o no la válvula a comandar, dando como resultado un control eficiente en el control de presión en el riel.

4.3.4. PROGRAMA PARA LECTURA CONTROL DE DESACTIVACIÓN DEL TERCER PISTÓN DE LA BOMBA.

Se implementó este código para conocer las revoluciones por minuto de la bomba y así poder desactivar un tercer pistón de seguridad que incluye la bomba en el sistema para desactivar un pistón de los tres pistones de la bomba, para ahorro de combustible y reducción de potencia que absorbe la bomba en su trabajo.

4.3.5. DISEÑO DE HARDWARE.

El hardware es la parte física del control electrónico.

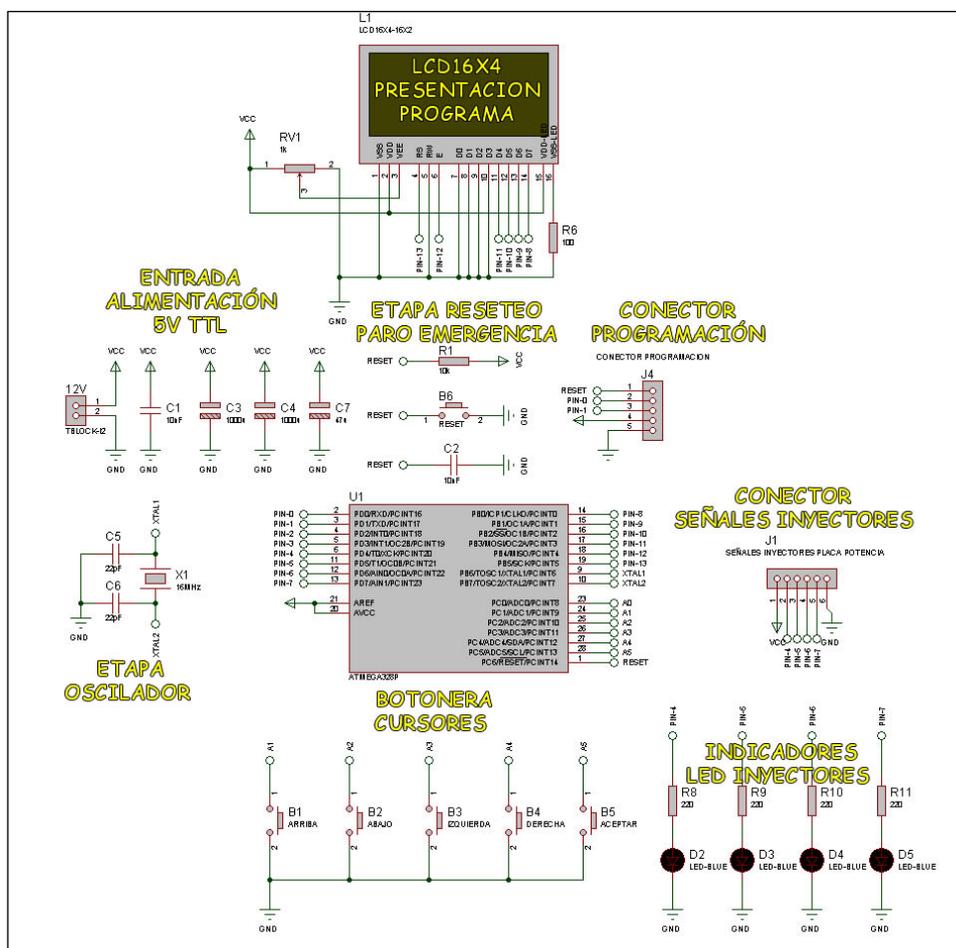
4.3.6. PLACA DE CONTROL.

En la placa de control se implementaron 8 partes bien definidas las cuales son:

- Entrada de alimentación.
- Oscilador 16MHz.
- Botón de reseteo.

- Visualizador LCD de 16x4 presenta información.
- Zócalo de programación.
- Botonera.
- Salidas para inyector y led.

A continuación se ve la figura 4.15 que representa las secciones de la parte digital implementada:



Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 4.16 Secciones de parte digital implementada.

El software de diseño utilizado es el Proteus 7.8

Para la parte de control se procede al diseño de la placa de potencia en las cuales se implementó un mosfet de potencia en este caso los IRFZ44N que tienes las siguientes características:

International
IR Rectifier

- Advanced Process Technology
- Ultra Low On-Resistance
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated

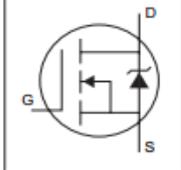
Description
Advanced HEXFET® Power MOSFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

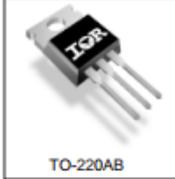
The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.

PD - 94053

IRFZ44N
HEXFET® Power MOSFET

$V_{DSS} = 55V$
$R_{DS(on)} = 17.5m\Omega$
$I_D = 49A$





TO-220AB

Fuente: Internationalrectifier
Figura 4.17 Características del mosfet utilizado

Debido a las características necesarias para el funcionamiento de los inyectores se optó por escoger este mosfet, el cual es uno de los más utilizados para aplicaciones de bajo voltaje pero alta corriente de paso y así poder comandar dichos inyectores.

$$I = \frac{V}{R}$$

Ecuación 6 Fórmula a partir de la ley de ohm.

Donde

I =?

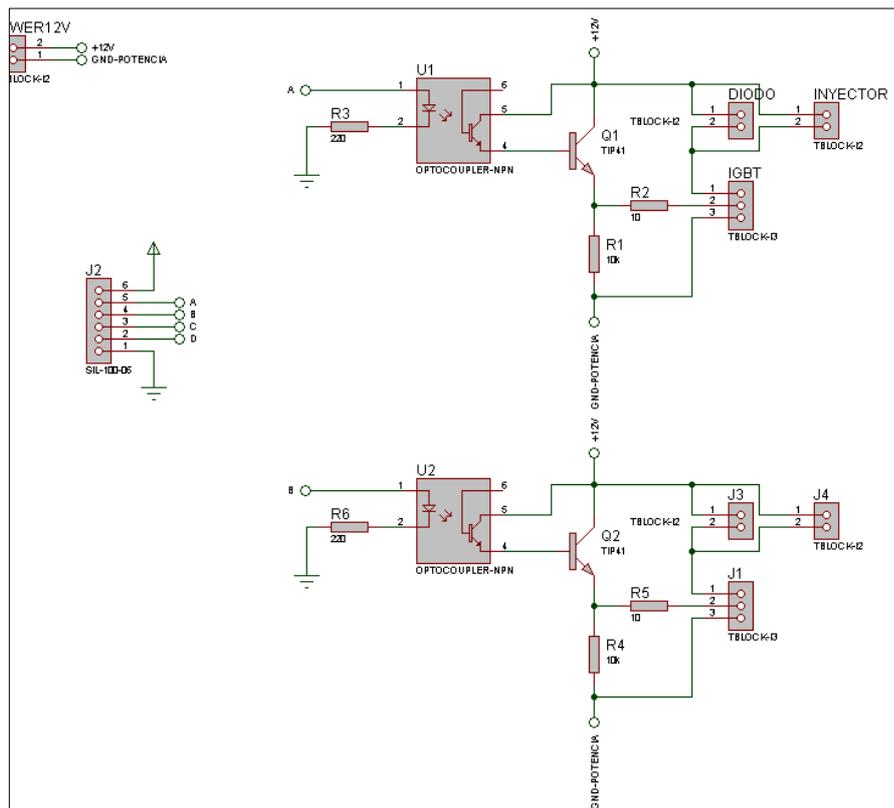
V= Voltaje de funcionamiento del inyector.

R= Resistencia del inyector.

$$I = \frac{12v}{0,8\Omega}$$

$$I = 15 \text{ amperios}$$

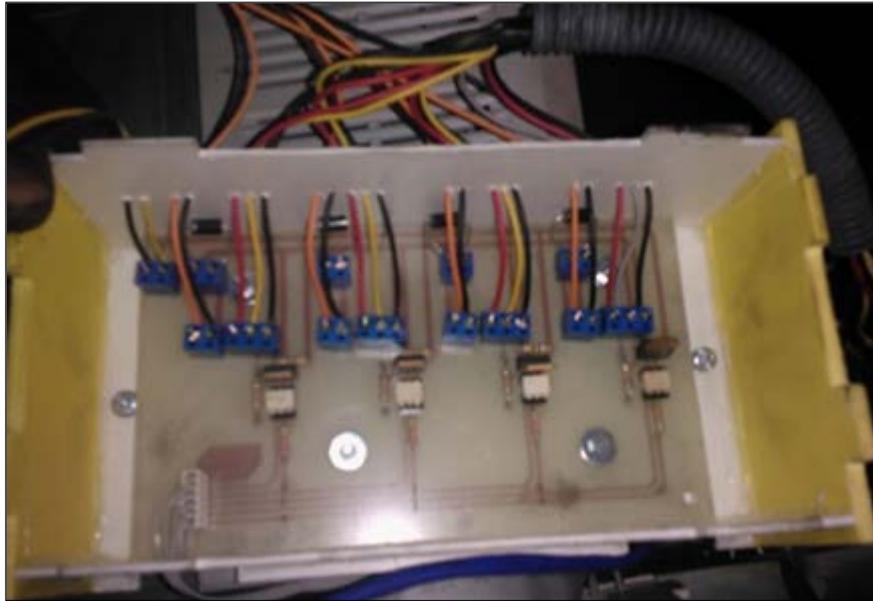
Este valor obtenido es la corriente de trabajo del inyector, por lo cual el mosfet utilizado soporta esta corriente de trabajo. Para activar el mosfet basta aplicar un voltaje de activación digital al pin gate del mismo para utilizarlos en corte y saturación y así obtener un switch electrónico capaz de manejar a un inyector de estas características por lo que se necesita implementar el siguiente diagrama para controlarlo con la tarjeta y el arduino.



Fuente: Proteus.

Figura 4.18 Diagrama de control con la tarjeta y el arduino.

En la figura 4.17 se observa las borneras de alimentación, entrada digital desde la placa arduino, la alimentación de 12v en corriente directa la bornera del inyector con su correspondiente diodo y la bornera del mosfet que es nuestro elemento de potencia en sí.



Fuente: Allaica, Córdor.
Figura 4.19 Placa de potencia.

Simplemente es un circuito opto acoplador 4n25 que separa las tierras para que la parte de control no sea afectada por la parte de potencia ya que se generan corriente parasitas por las cargas que generan los inyectores.

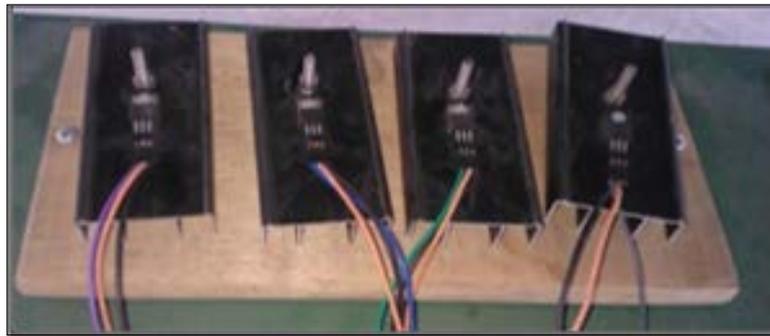
Por último se utilizó una placa adicional que es la fuente de alimentación de computadores de escritorio ya que cubría con los requerimientos de corrientes y voltaje necesarios para activar todas las placas asociadas al sistema.



Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 4.20 Fuente de alimentación de 5 voltios.

Gracias al diseño con aplicación de la electrónica digital y analógica, queda terminado el sistema de control y potencias para el sistema de comprobación de inyectores riel común.

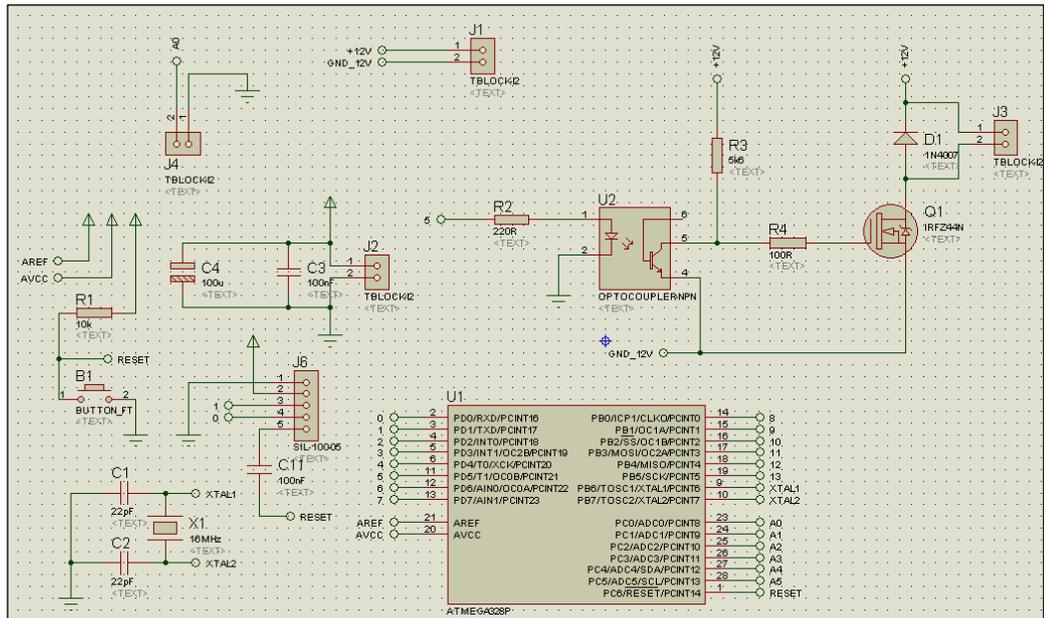


Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 4.21 Mosfet conectado a un dissipador de calor.

4.3.7. PLACA GENERADORA DE 1 KHz PARA CONTROL IPR.

Consta de una entrada analógica para el sensor y una salida con un mosfet para controlar mayor corriente y utilizar los 12 VDC del sistema automotriz.



Fuente: Proteus.
 Figura 4.22Diseño de la placa de 1 KHz

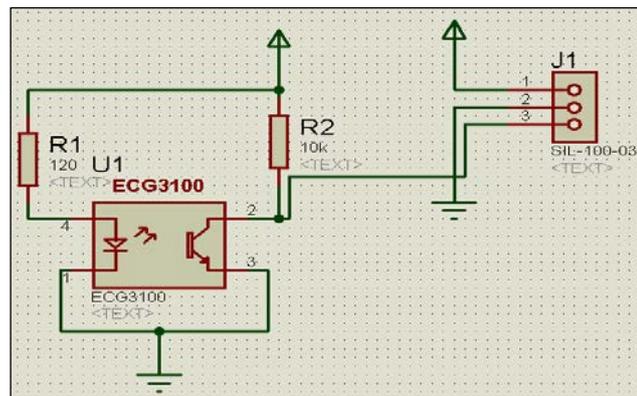
En la siguiente figura se observa la placa ya construida y ensamblada.



Fuente: Allaica, Córdor.
 Figura 4.23Placa de 1 KHz construida.

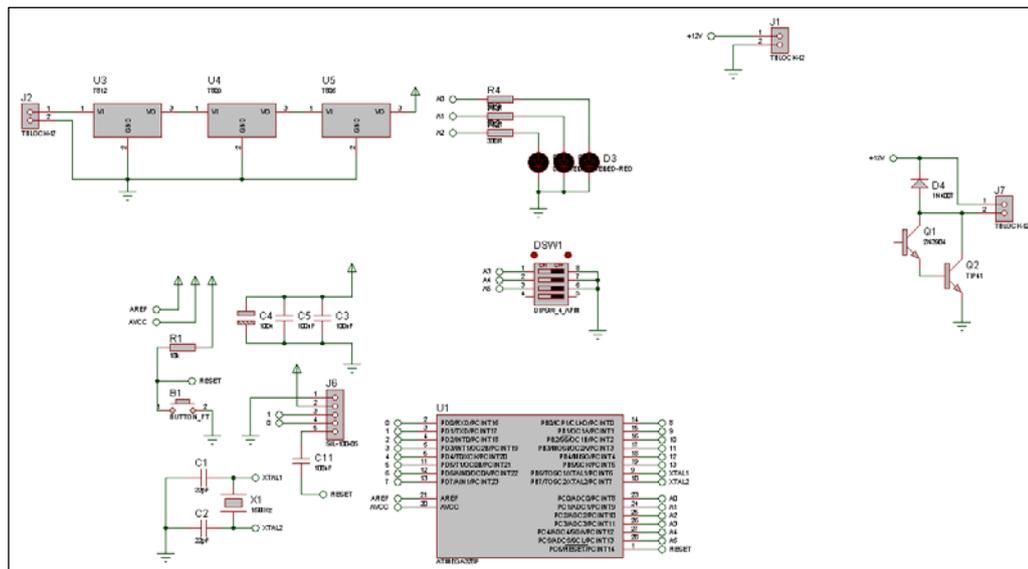
4.3.8. PLACA DE LECTURA CONTROL DE DESACTIVACIÓN DEL TERCER PISTÓN DE LA BOMBA.

Esta sección consta de la tarjeta de control, tarjeta de visualizadores de 7 segmentos y una pequeña que es la que tiene el sensor montado en el eje del motor.



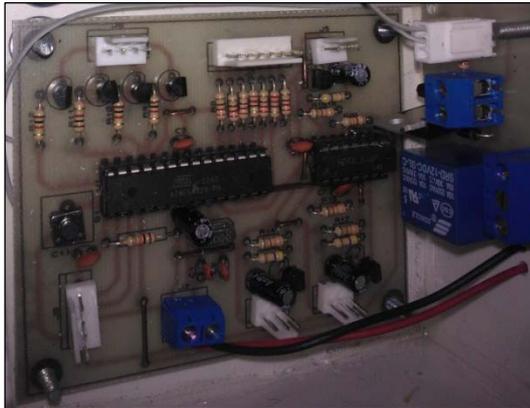
Fuente: Proteus.

Figura 4.24 Diseño del sensor de RPM.



Fuente: Proteus.

Figura 4.25 Esquema final de la placa.



Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 4.26 Placa construida y ensamblada.

4.4. COMPONENTES EXTRAS PARA EL BANCO DE PRUEBAS RIEL COMÚN.

4.4.1. SELECCIÓN DEL CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN.

El circuito de baja presión comprende estos elementos.

Tabla 4.12 Componentes de baja presión.

SISTEMA	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
Sistema de combustible (Baja presión) 2,5 - 3 bares	Depósito de combustible	Recipiente de almacenaje de combustible de 10 galones.
	Bomba de transferencia	Envía el combustible desde el depósito a la bomba de alta presión a 0,75 bar.
	Filtro de combustible	Retiene impurezas presentes en circuito hidráulico a partir de 5 micras.
	Bomba de aspiración	Aspira el combustible para retornar al depósito a 3 bar.
	Válvulas eléctricas	Abren y cierran el circuito con 12 VDC.
	Mangueras y uniones	Acopla componentes del circuito con medidas de M10, 3/8, 1/2.

Fuente: Allaica, Córdor.

4.4.2. DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE.

El depósito almacena el combustible, elimina el calor y separa el aire del combustible. El depósito debe tener resistencia y capacidad adecuada, y no deben dejar entrar la suciedad externa.

Por lo cual, se toman en cuenta las siguientes consideraciones.

- Disponer de suficiente superficie para que el fluido caliente, pueda por convención, transferir su temperatura al ambiente que le rodea.
- Almacenar un volumen de fluido necesario para el trabajo de la bomba.

Volumen del depósito.

El volumen del depósito debe ser superior al caudal absorbido por la bomba de alta presión.

$$V > Q$$

Ecuación 7 Volumen del depósito

$$V > 6,63 \text{ GPM}$$

$$V = 10 \text{ Galones}$$

4.4.3. BOMBA DE TRANSFERENCIA.

La bomba de transferencia de combustible va situada dentro del depósito de combustible. Se encarga de enviar el combustible desde el depósito a la bomba de alta presión, y así en cualquier estado operativo reciba suficiente combustible. Como es electrobomba funciona eléctricamente y el caudal de suministro es constante, así como la presión que se genera dentro del sistema.

Tabla 4.13 Características de bomba

CARACTERÍSTICAS	
VOLTAJE	12 voltios
CAUDAL	1,16 l/min
PRESIÓN	0,68 a 0,76 bares
CONSUMO	1,6 amperios

Fuente: Allaica, Cóndor.



Fuente: Allaica, Cóndor.

Figura 4.27 Bomba utilizada para la aplicación

4.4.4. FILTRO DE COMBUSTIBLE.

Es el elemento cuyo grado de filtración suele ser de 100, 160 y 270 μm y que se coloca en antes de la bomba de alta presión y después de la bomba de transferencia para proteger al sistema de las partículas de gran tamaño procedentes del depósito.

Este filtro debe instalarse a un nivel tal que no le permita aspirar los lodos y sedimentados en el fondo del depósito, ni tampoco el aire del interior del depósito cuando baje el nivel del fluido.

Tabla 4.14 Características del filtro.

CARACTERÍSTICAS	
UMBRAL DE FILTRACIÓN	5 um
DECANTACIÓN DE AGUA	No
PRESIÓN DE TRABAJO	2,5 a 5 bar

Fuente: Allaica, Córdor.



Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 4.28 Filtro utilizado para la aplicación

4.4.5. BOMBA DE ASPIRACIÓN.

La bomba de aspiración ofrece muchas ventajas al usuario y es diseñada para una variedad de aplicaciones, en este caso la bomba de aspiración es utilizada para el vaciado de las probetas y enviarla nuevamente al depósito de combustible por medio de un conducto de retorno.

Tabla 4.15 Características de bomba aspiración.

CARACTERÍSTICAS	
VOLTAJE	12 voltios
CAUDAL	1,8 l/min
PRESIÓN	2,7 a 3 bares
CONSUMO	5,3 amperios

Fuente: Allaica, Córdor.



Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 4.29 Bomba utilizada para la aplicación

4.4.6. VÁLVULA ELÉCTRICA.

Es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoide. La electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula abriendo o cerrando el paso del fluido.

La válvula eléctrica a utilizar es de tipo normalmente cerrada, ósea que si no hay alimentación de corriente esta no permite el paso de fluido, con esta válvula sirve para cerrar el paso de aire al sistema cuando la bomba de aspiración ya termina de vaciar una probeta.

Tabla 4.16 Características de electroválvula.

CARACTERÍSTICAS	
VOLTAJE	12 voltios
TIPO	Normalmente cerrada
POSICIÓN	abierto - cerrado
CONSUMO	5,3 amperios

Fuente: Allaica, Córdor.



Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 4.30 Válvula eléctrica utilizada.

4.4.7. MANGUERAS Y UNIONES.

Las mangueras utilizadas para conducto de retorno fueron escogidas de acuerdo a la presión existente en el retorno, la cual como máxima es de 6 bares, pero debido a que el combustible sale caliente, la temperatura de resistencia de la manguera debe ser adecuada. En este caso la manguera a utilizar tiene las siguientes características y fue escogida de acuerdo a su fácil adquisición en el mercado.

Tabla 4.17 Características de mangueras.

CARACTERÍSTICAS	
MATERIAL	Serpentín de nylon
DIÁMETRO	M10, 3/8, 1/2
PRESIÓN MÁXIMA	17,24 bares
PRESIÓN RUPTURA	68.95 bares a 25 °C
TEMPERATURA TRABAJO	-21°C a + 93°C

Fuente: Allaica, Córdor.



Fuente: Freico.

Figura 4.31 Mangueras utilizadas.

Los acoples utilizados para esta aplicación son del tipo rápido, conocidos como acoples rápidos, fácil de adquirir en el mercado y los más usado comúnmente en el área automotriz, debido a que permite un buen caudal de flujo y sin derrame.

Tabla 4.18 Características de acoples.

CARACTERÍSTICAS	
MATERIAL	Polipropileno
DIÁMETRO	M10, 3/8, 1/2
PRESIÓN MÁXIMA	17,58 bares
TIPO DE CONEXIÓN	push-in
TEMPERATURA TRABAJO	-40°C a + 93°C

Fuente: Allaica, Cóndor.



Fuente: Gomafiltros.

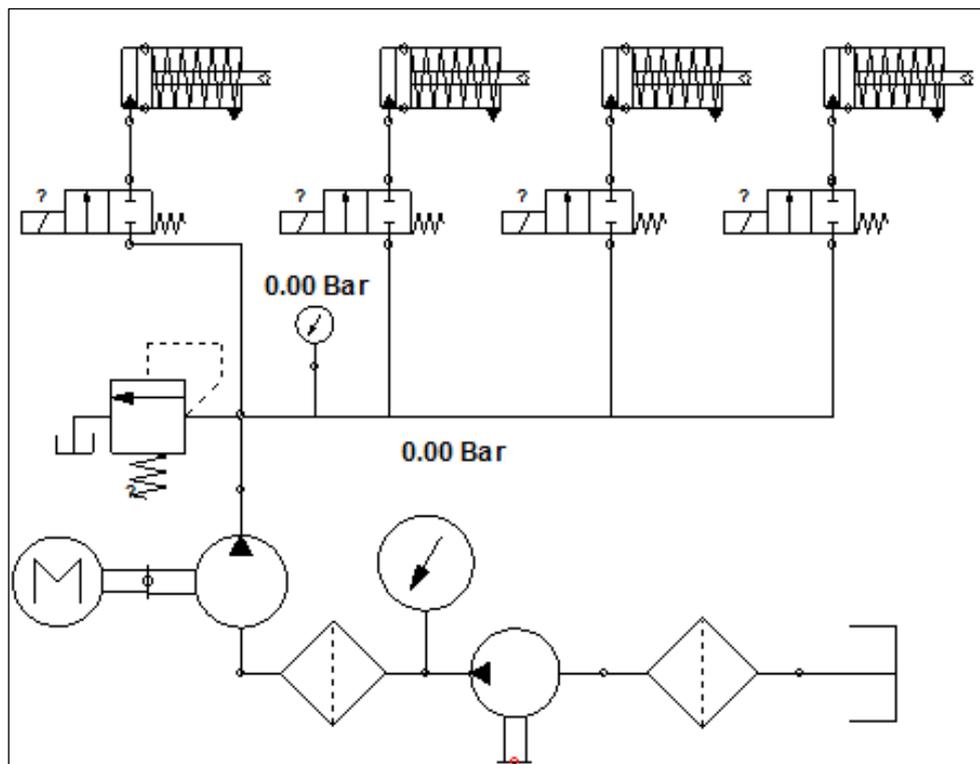
Figura 4.32 Uniones dobles y triples rápidas plásticas.

4.5. DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO EN AUTOMATION STUDIO 5.0

Para dibujar y simular circuitos hidráulicos se emplean paquetes de software de algunos fabricantes, en este caso se utilizó Automation Studio 5.0.

El diseño del circuito hidráulico se basa en el funcionamiento real del sistema de inyección COMMON RAIL, para lo cual se estudió a profundidad los diferentes componentes y parámetros de funcionamiento del sistema, así como también la disponibilidad de estos en el mercado.

La realización del diseño final fue con la ayuda de este software ya que es un programa de simulación amigable y muy versátil para el diseño de circuitos hidráulicos.



Fuente: Allaica, Córdor.
Figura 4.33 Diseño del circuito hidráulico

4.5.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.

El circuito hidráulico realizado representa la simulación y funcionamiento del sistema de inyección riel común, basado en el banco de pruebas de inyectores.

Consta de dos circuitos: el circuito inferior simula el sistema de alimentación de combustible hacia la bomba de alta presión (baja presión) y el circuito superior, simula la alimentación de combustible desde la bomba hasta los inyectores (alta presión).

El diagrama hidráulico está dotado de un depósito, una bomba de transferencia, filtros, un motor eléctrico, una bomba de alta presión, válvula de alivio o desfogue, válvulas electromagnéticas con muelle y sus respectivos manómetros para verificar la presión de trabajo en el sistema de alta y baja presión.

El circuito para su funcionamiento utiliza un solo tipo de líquido, para el sistema de alta y baja presión.

Los inyectores están representados por dos pistones de simple efecto con muelle.

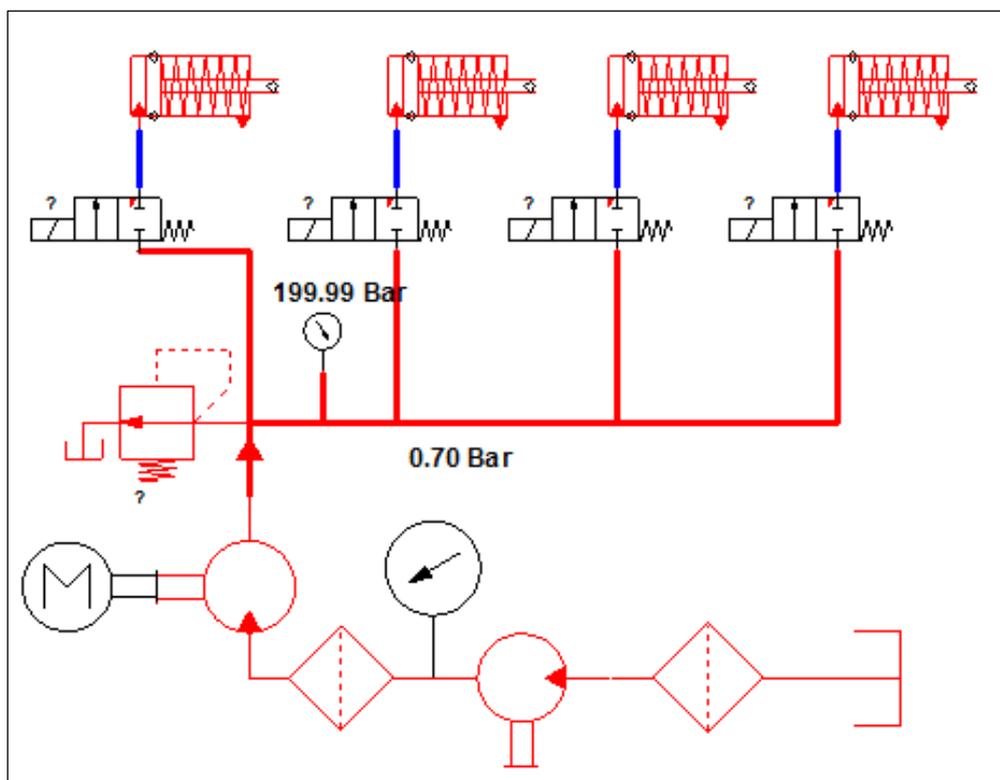
4.5.2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.

Al iniciar la simulación del sistema en ralentí, la bomba de transferencia, aspira el fluido del depósito haciéndolo pasar por un pre filtro, y lo envía a través de un filtro hacia la bomba de alta presión la cual es accionada por un motor eléctrico.

La presión en el circuito de baja presión va desde 0,68 a 0,76 bar, como se lo puede ver en el manómetro.

Al estar en continuo movimiento la bomba de alta presión impulsada por el motor eléctrico, el sistema se encuentra constantemente presurizado.

Entonces se colocó una válvula de alivio o de control de presión en el circuito para mantenerlo a la presión de aproximadamente 200 bares, que corresponde a la presión de trabajo en ralentí tal como se puede observar en la figura 4.32.



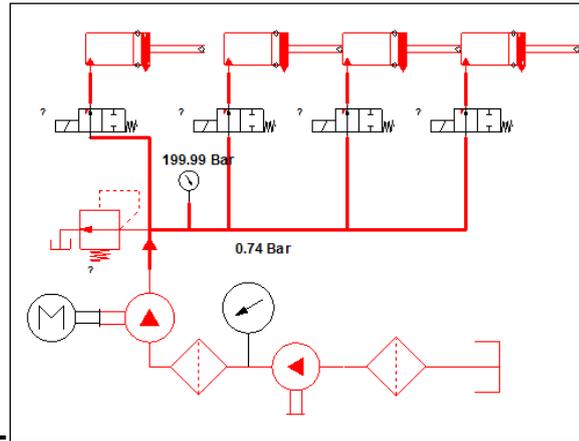
Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 4.34 Simulación del sistema presurizado.

En la figura 4.33 a continuación se observa el circuito igualmente presurizado a una presión casi constante de 200 bares.

La diferencia es que se observa accionados los cuatro inyectores, los cuales para nuestra simulación son cuatro pistones de simple efecto.

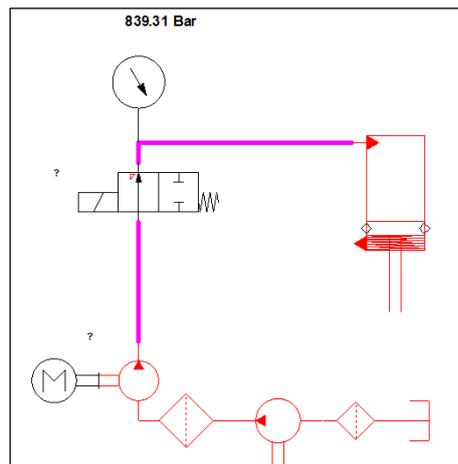
Se observa que la presión en el circuito no varía excesivamente, por lo que la simulación es muy parecida al funcionamiento del sistema riel común.



Fuente: Allaica, Córdor.

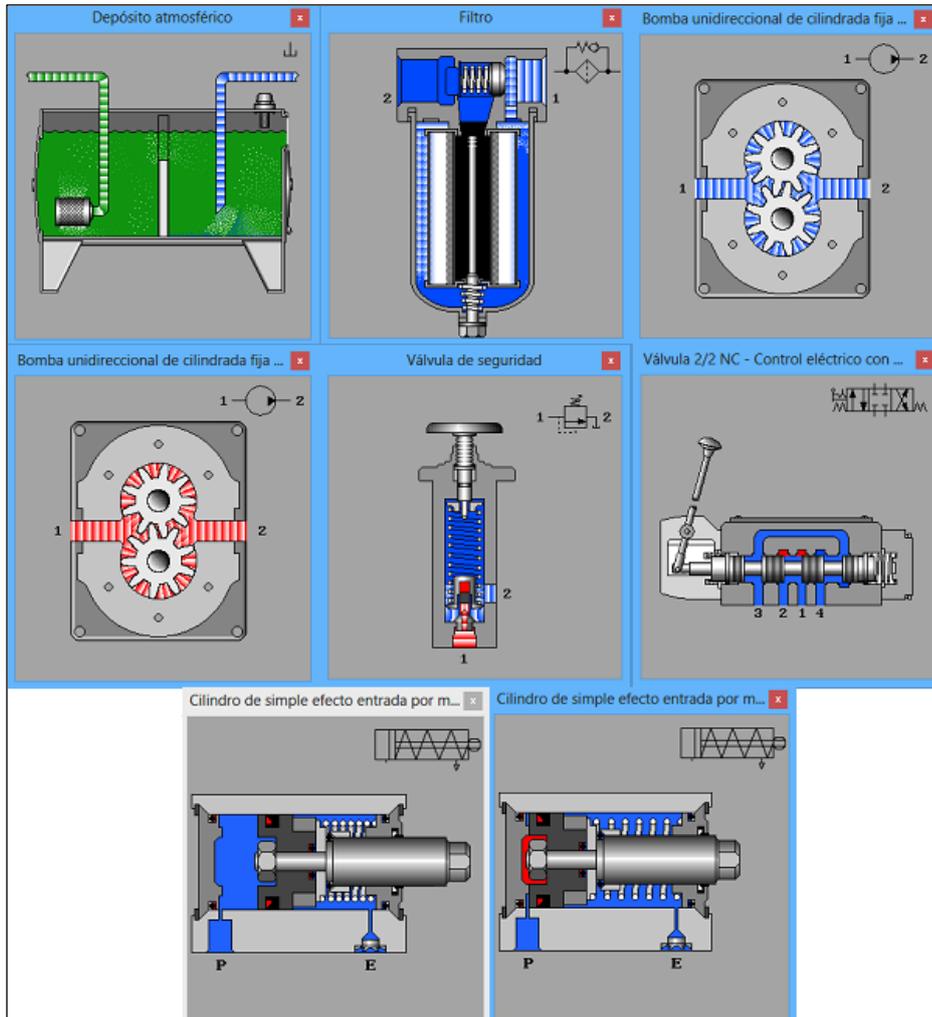
Figura 4.35 Simulación del sistema presurizado.

Debido a las limitaciones de simulación del programa, no se debe sobrepasar la presión de 850 bares, por lo cual la simulación del sistema a alta presión se lo realizó a una presión máxima la cual es mencionada y con un solo inyector.



Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 4.36 Simulación del sistema presurizado.



Fuente: Proteus

Figura 4.37 Componentes animados de la simulación.

4.6. CONEXIÓN ELÉCTRICA.

4.6.1. MOTOR TRIFÁSICO.

Los motores eléctricos trifásicos son más eficientes que los motores monofásicos y consumen menos energía para una potencia nominal determinada.

El motor trifásico requiere menos amperaje que un monofásico de la misma potencia nominal, éste puede ser cableado con cables conductores de una menor sección.

Tabla 4.19 Eficiencia estándar de motores trifásicos WEG.

Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (Nm)	Corriente con rotor trabado I _L /I _n	Par con rotor trabado T _L /T _n	Par máximo T _b /T _n	Momento de Inercia J (kgm ²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (Kg)	Nivel de ruido dB (A)	440 V						Corriente nominal I _n (A)	
KW	HP							% de la potencia nominal				RPM	Rendimiento		Factor de potencia				
								50	75				100	50	75	100			
4 Poles - 1800 rpm - 60 Hz																			
0,09	0,12	63	0,499	5,2	3,2	3,4	0,00045	22	48	7,0	48	1725	45,0	53,0	55,0	0,44	0,52	0,61	0,352
0,12	0,16	63	0,667	4,5	3,0	3,2	0,0004	27	59	7,0	48	1720	47,0	55,0	57,0	0,46	0,55	0,62	0,445
0,18	0,25	63	1,01	4,5	2,8	3,0	0,00045	22	48	7,5	48	1710	55,0	63,0	64,0	0,47	0,57	0,65	0,570
0,25	0,33	63	1,40	4,5	2,9	2,9	0,00068	25	55	8,0	48	1710	59,0	64,0	67,0	0,48	0,59	0,68	0,720
0,37	0,5	71	2,10	4,3	2,3	2,5	0,00079	12	26	10,0	47	1680	58,0	65,0	68,0	0,46	0,59	0,69	1,04
0,55	0,75	71	3,13	4,8	2,5	2,5	0,00096	12	26	11,5	47	1680	65,0	69,0	72,0	0,48	0,61	0,71	1,41
0,75	1	80	4,17	6,7	2,6	2,9	0,0025	12	26	12,5	48	1720	74,0	78,0	78,2	0,60	0,73	0,81	1,56
1,1	1,5	80	6,15	6,4	2,5	2,8	0,0030	9	20	14,0	48	1710	76,0	79,0	79,2	0,61	0,74	0,81	2,25
1,5	2	90S	8,28	6,4	2,5	2,8	0,0049	10	22	18,5	51	1730	80,5	81,5	82,0	0,59	0,71	0,79	3,04
2,2	3	90L	12,2	5,7	2,1	2,4	0,0060	9	20	22,0	51	1720	82,0	83,0	83,1	0,62	0,74	0,81	4,29
3	4	100L	16,8	6,0	2,4	2,7	0,0082	12	26	30,0	54	1710	83,5	84,0	84,1	0,63	0,76	0,81	5,78
3,7	5	100L	20,7	6,4	2,7	2,9	0,0097	11	24	33,0	54	1710	85,0	85,5	85,5	0,63	0,75	0,81	7,01
4,5	6	112M	24,6	6,7	2,1	2,8	0,0156	15	33	42,0	58	1750	86,0	86,5	86,2	0,63	0,75	0,81	8,43
5,5	7,5	112M	30,2	6,0	2,0	2,7	0,0167	11	24	43,0	58	1740	86,0	87,0	87,0	0,61	0,74	0,80	10,3
7,5	10	132S	40,8	7,2	2,1	2,8	0,0413	8	18	63,0	61	1755	86,5	88,0	87,5	0,67	0,78	0,83	13,6
9,2	12,5	132M	50,1	7,5	2,2	2,9	0,0488	7	15	70,0	61	1755	87,5	88,5	88,0	0,67	0,79	0,83	16,5
11	15	132M	59,9	8,3	2,3	2,8	0,0563	6	13	73,0	61	1755	87,0	88,5	88,6	0,68	0,80	0,83	19,6

Fuente: Ecatalog.

a. CORRIENTE DE CONSUMO.

$$IP = \frac{P}{E \times FP \times N}$$

Ecuación 8 Corriente de consumo

Donde:

IP = Corriente nominal o a plena carga que consume un motor (A).

P = Potencia que desarrolla un motor (W).

E = Tensión a la que se conecta el motor (V).

FP = Factor de potencia.

N = Rendimiento del motor.

La corriente para un motor trifásico conectado a 220 voltios es afectado en el denominador por la raíz cuadrada de 3.

$$IP = \frac{P}{\sqrt{3} \times E \times FP \times N}$$

Ecuación 9 Corriente de consumo del motor.

Para calcular la corriente que consume el motor trifásico a una tensión de 220 voltios y trabajando al 75%, se recurre a la placa de identificación y a la Tabla anterior para determinar los datos necesarios como potencia 10 hp, factor de potencia 0.78 y rendimiento de 0.88.

Datos.

IP=?

E= 220

FP= 0.78

N= 0.88

P= 7500

W = 10 HP.

$$IP = \frac{7500}{\sqrt{3} \times 220 \times 0,78 \times 0.88}$$

$$IP = 28,67 A$$

Este valor nos dice que el motor eléctrico consume una corriente de 28,67 amperios al estar trabajando.

b. POTENCIA ABSORBIDA POR EL MOTOR (KW/H).

$$P_{abs} = \frac{P(w)}{n}$$

Ecuación 10 Potencia absorbida por el motor.

Donde:

n = Rendimiento del motor

P = Potencia del motor.

$$P_{abs} = \frac{7500}{0,88}$$

$$P_{abs} = 8522,72$$

$$P_{abs} = 8,5 \text{ Kw/h}$$

c. EFICIENCIA DEL MOTOR.

Es la medida de la capacidad de un motor eléctrico para convertir la energía eléctrica que toma de la línea en potencia mecánica útil.

$$E = \frac{P \text{ mecánica}}{P \text{ eléctrica}} \times 100$$

Ecuación 11 Eficiencia del motor eléctrico.

$$E = \frac{7500 \text{ W}}{8500 \text{ W}} \times 100$$

$$E = 88\%$$

d. RENDIMIENTO (N) DEL MOTOR.

El rendimiento de un motor es el cociente entre su potencia útil o desarrollada en el eje (este dato lo proporciona el fabricante mediante la placa de características del motor) y la potencia total o absorbida de la red, aplicando la siguiente formula, multiplicando por cien para que la respuesta nos salga en porcentaje.

$$n = \frac{P \text{ salida}}{P \text{ entrada}} \times 100$$

$$n = \frac{7,5 \text{ Kw}}{8,5 \text{ Kw}} \times 100$$

$$n = 88\%$$

La potencia del motor necesaria para la aplicación es de 7,5 HP, se conectó por disponibilidad un motor trifásico de 10 Hp a una red trifásica de 220V con lo cual se obtuvo un rendimiento del 88%. Para la aplicación la potencia aproximada será de 6.6 KW (8.8 hp) que satisface los requerimientos del sistema.

$$\frac{7,5}{x} = \frac{100\%}{88\%}$$

$$x = 6,6Kw$$

e. PÉRDIDAS EN EL MOTOR ELÉCTRICO.

La pérdidas se refiere a que solo una parte de la energía primitiva se transforma en la energía deseada o utilizada, la otra parte se transforma en pérdidas de energía, generalmente calor debido a la fricción que se produce para su funcionamiento.

$$Pérdidas = (P. eléctrica - P. mecánica) \times 100$$

Ecuación 12 Pérdidas en porcentaje.

$$Pérdidas = (8,55 - 7,5) \times 100$$

$$Pérdidas = 12\%$$

f. PAR MOTOR.

$$P = M \times w$$

Ecuación 13 Par motor.

Donde:

P = Par motor (W)

M = par motor (N.m)

W = velocidad angular (rad/seg)

3600 Rpm = 376,99 rad/seg

$$M = \frac{6600 W}{376,99 rad/seg}$$

$$M = 17,51 Nm$$

4.6.2. VARIADOR DE FRECUENCIA.

El motor de corriente alterna, a pesar de ser un motor robusto, de poco mantenimiento, liviano e ideal para la mayoría de las aplicaciones industriales, tiene el inconveniente de ser un motor rígido en cuanto a su velocidad.

El método más eficiente de controlar la velocidad de un motor eléctrico es por medio de un variador electrónico de frecuencia.

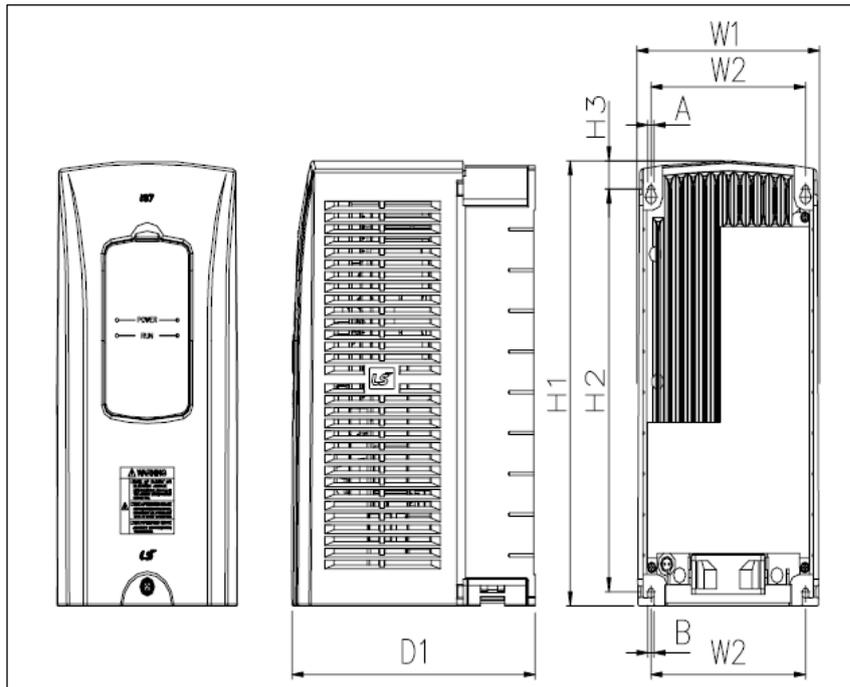
No se requieren motores especiales, son mucho más eficientes y tienen precios cada vez más competitivos. El variador de frecuencia regula la frecuencia del voltaje aplicado al motor, logrando modificar su velocidad.

Las especificaciones del variador vienen dadas en la siguiente imagen.

Tabla 4.20 Especificaciones del variador de frecuencia

Specification												
■ Rated Input and Output: Input voltage of 200V class (0.75-22kW)												
Type: SV□□□ IS7-2□		0008	0015	0022	0037	0055	0075	0110	0150	0185	0220	
Motor Applied ^{*1)}	[HP]	1	2	3	5	7.5	10	15	20	25	30	
	[kW]	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	18.5	22	
Rated Output	Rated Capacity [kVA] ^{*2)}		1.9	3.0	4.5	6.1	9.1	12.2	17.5	22.9	28.2	33.5
	Rated Current [A] ^{*3)}	CT	5	8	12	16	24	32	46	60	74	88
		VT	8	12	16	24	32	46	60	74	88	124
	Output Frequency [Hz]		0 ~ 400 [Hz] ^{*4)}									
Output Voltage [V]		3-phase 200 ~ 230V ^{*5)}										
Rated Input	Available Voltage [V]		3-phase 200 ~ 230 VAC (-15% ~ +10%)									
	Frequency [Hz]		50 ~ 60 [Hz] (±5%)									
	Rated Current [A]	CT	8.3	12.9	18.6	24	32.9	41.4	58	69	88	96
VT		7	10.6	14.8	21.5	28	42	52	60	75	107	

Fuente: Erhsa.



Fuente: .Aguirrezabal.

Figura 4.38 Dimensiones variador de frecuencia.

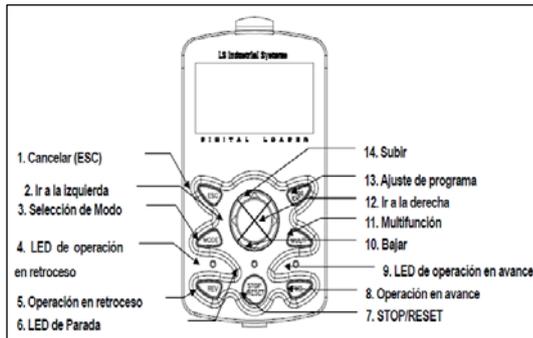
Tabla 4.21 Dimensiones del variador

Modelo	W1	W2	H1	H2	H3	D1	A	B
LG IS5 (mm)	150	127	284	252	18	200	5	5

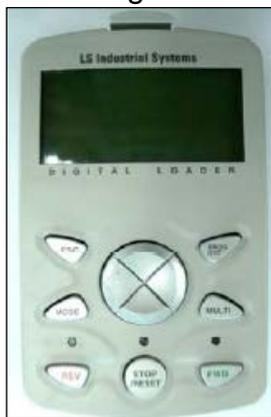
Fuente: Aguirrezabal.

El teclado estándar se utiliza para seleccionar los parámetros iniciales para el variador de frecuencia, visualizar las indicaciones de monitoreo y ver las operaciones del variador.

En la siguiente figura se observa una breve descripción de sus diferentes teclas.



Fuente: Aguirrezabal.
 Figura 4.39 Asignación de teclas



Fuente: Allaica, Cónдор.
 Figura 4.40 Asignación de teclas

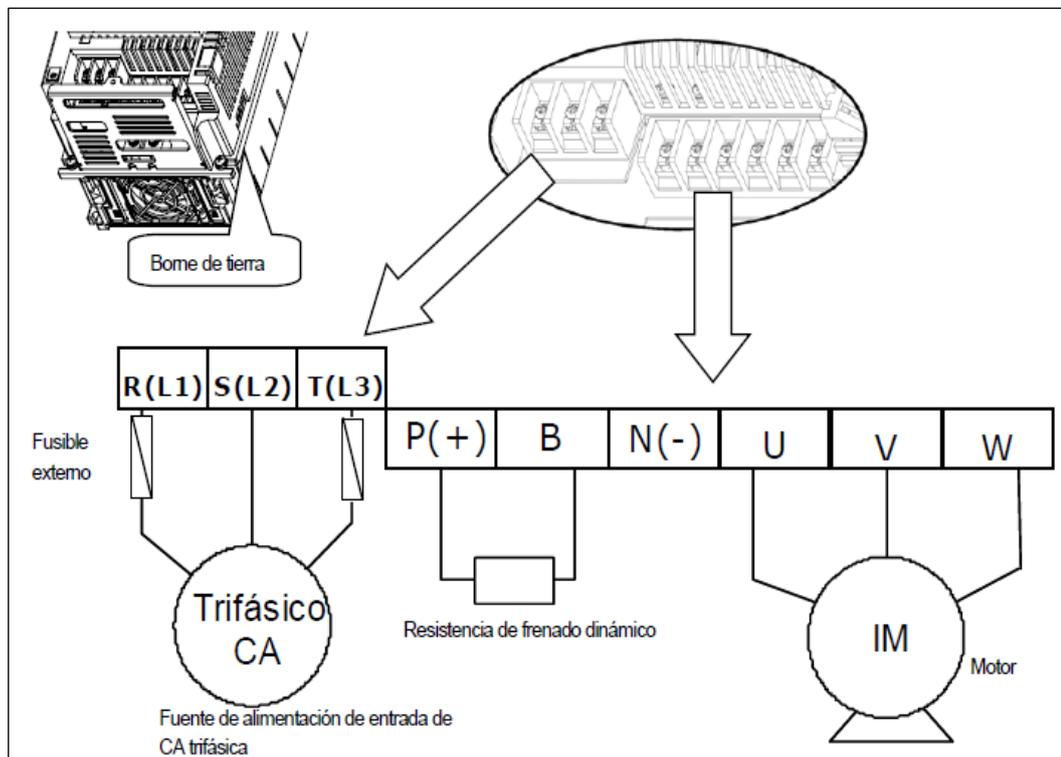
En la siguiente figura esta la descripción de cada tecla de función.

Sección	Botones	Nombre de tecla	Descripción de la función
TECLA		Tecla MODE	- Cambiar de modo
		Tecla PROGRAM	- Escribir, cambiar y guardar datos en códigos de parámetros
		Tecla Subir	- Se usan cuando se escriben datos o al moverse entre códigos
		Tecla Bajar	- Se usan cuando se escriben datos o al moverse entre códigos
		Teclas Izquierda / Derecha	- Mover entre grupos - Mover el cursor al escribir
			Tecla Multifunción
		Tecla ESC	- Al escribir es posible usar datos guardados previamente pulsando este botón antes de la tecla PROGRAM - Pasar al primer código cuando es necesario moverse entre códigos en un grupo - Pasar al modo Monitoreo cuando se cambia de modo
		Tecla FORWARD	- El motor gira en la dirección de avance
		Tecla REVERSE	- El motor gira en la dirección de retroceso
	Tecla STOP/RESET	- Parar durante el funcionamiento - Reseteo de un disparo, si se produce	

Fuente: Aguirrezabal.
 Figura 4.41 Descripción de teclas de función.

4.6.3. CONEXIÓN VARIADOR DE FRECUENCIA.

La conexión del motor trifásico al variador de frecuencia es sencilla, para empezar se conecta la corriente alterna trifásica de 220 voltios a R (L1), S (L2), T (L3), anteponiéndole un fusible o breaker adecuado para este voltaje. Posterior a esto el variador tiene unas salidas U, V, W, las cuales van conectadas al motor el cual ya viene señalado con U, V, W o L1, L2, L3. Una vez conectado con cable de alta tensión número 10 y bien aislado se enciende el variador para proceder a programar o a introducir al variador los datos del motor.



Fuente: Aguirrezabal.

Figura 4.42 Conexión del variador al motor.

4.6.4. INTERRUPTOR MAGNETO-TÉRMICO DISYUNTOR.

Es un interruptor automático accionado por sobrecargas de un circuito o por pérdidas de energía fuera del circuito. Poseen tres sistemas de desconexión: manual, térmico y magnético. Cada uno puede actuar

independientemente de los otros, estando formada su curva de disparo por la superposición de ambas características, magnética y térmica.

Mecánicamente, se manifiesta que estos interruptores disponen de desconexión libre, es decir, que cuando se produce una desconexión, ya sea por sobrecarga o cortocircuito, el aparato desconecta aunque se sujete la manecilla de conexión.

Se selecciona un disyuntor marca Camco 100 A para 400 voltios, para las tres fases alternas de 220 voltios, por lo cual vendría a ser 360 voltios.



Fuente: Grupo de investigación.
Figura 4.43 Disyuntor 100 A para 400 V.

4.6.5. CABLE CONDUCTOR.

El cable conductor a utilizar se escogió de acuerdo a la siguiente tabla, donde se eligió de acuerdo al amperaje de trabajo.

Tabla 4.22 Tabla AWG de calibre de conductores y amperaje máximo.

Codigo AWG	Diametro del conductor (mm)	Ohmios por kilometro	Amperaje maximo para distancias cortas	Amperaje maximo para distancias largas
OOOO	11.684	0.16072	380	302
OOO	10.40384	0.202704	328	239
OO	9.26592	0.255512	283	190
0	8.25246	0.322424	245	150
1	7.34822	0.406392	211	119
2	6.54304	0.512664	181	94
3	5.82676	0.64616	158	75
4	5.18922	0.81508	135	60
5	4.62026	1.027624	118	47
6	4.1148	1.295928	101	37
7	3.66522	1.634096	89	30
8	3.2639	2.060496	73	24
9	2.90576	2.598088	64	19
10	2.58826	3.276392	55	15
11	2.30378	4.1328	47	12
12	2.05232	5.20864	41	9.3
13	1.8288	6.56984	35	7.4
14	1.62814	8.282	32	5.9
15	1.45034	10.44352	28	4.7

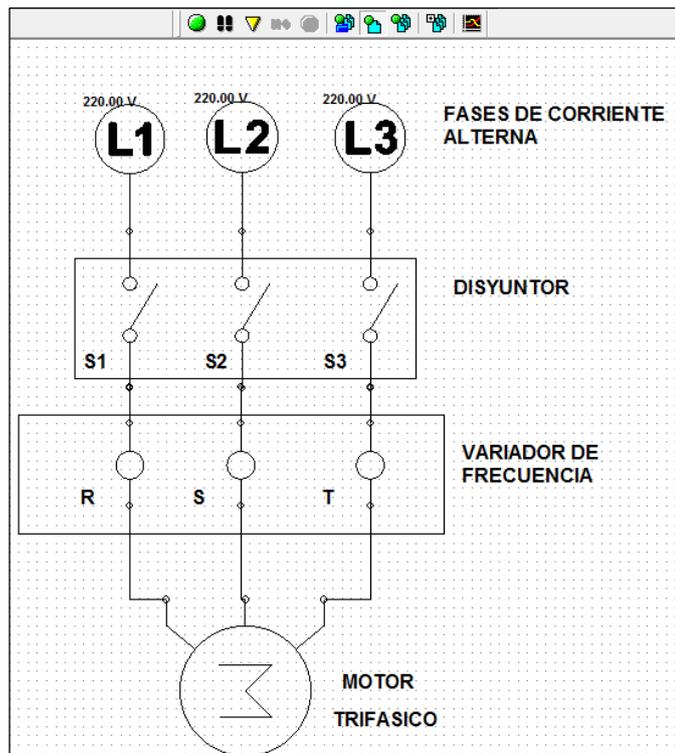
Fuente: Asterion.

Se procedió a utilizar el cable flexible color verde # 10 AWG para las de protecciones del motor y control de encendido.



Fuente: Allaica, Córdor.
Figura 4.44 Cable conductor utilizado.

4.6.6. DIAGRAMA DE INSTALACIÓN.



Fuente: Allaica, Córdor.
Figura 4.45 Diagrama de instalación.

En esta figura se observa la conexión simplificada de las tres fases de corriente al variador intermediando un disyuntor y finalmente al motor.

4.6.7. CONEXIONES EXTRAS.

El circuito eléctrico para el vaciado de las probetas consta de un grupo de interruptores, fusibles, relés, válvulas de paso eléctricas y una fuente de alimentación de 12 voltios.

4.6.8. FUENTE DE ALIMENTACIÓN.

Para la fuente de alimentación se utilizó un cargador de baterías compacto y fácil de utilizar de marca PEMCO modelo SE-1052 con una entrada de 120 VAC y una salida de 12 VDC a 10 amperios.



Fuente: Pemco.

Figura 4.46 Cargador de baterías de 12 voltios.

4.6.9. RELÉS.

La utilización de relés en componentes de alto consumo de corriente es muy necesaria para cuidar los interruptores de accionamiento del circuito.

Debido a que estos soportan el paso de alta corriente de consumo, haciendo que por el interruptor principal circule baja corriente dando una larga vida útil de trabajo a estos.

Para el accionamiento de la bomba de transferencia, aspiración y las válvulas electromagnéticas, se utilizó relés para cuidar los interruptores del banco.

Para esto se utiliza relés de 12 voltios con capacidad de corriente de 80 amperios de 5 pines, con su respectivo arnés de cables, estos son fáciles de utilizar, más comunes y de fácil adquisición.



Fuente: Directindustry.
Figura 4.47 Relé utilizado para la aplicación.

4.6.10. INTERRUPTORES.

Los interruptores utilizados son de diferentes modelo, pero cumple la misma función, abrir y cerrar el paso de corriente en el circuito y en el siguiente grafico se observa cuales fueron utilizados, debido a su utilización común no fue necesario un estudio para escoger al adecuado ya que vienen diseñados para la industria automotriz.



Fuente: Rafi.
Figura 4.48 Interruptores utilizados.

4.6.11. FUSIBLES Y PORTA FUSIBLES.

Los fusibles de automoción son una clase de fusible usado para proteger el cableado y el equipamiento eléctrico de un circuito.

Normalmente, están tasados para circuitos de un máximo de 24 V en corriente continua, y de acuerdo a cada necesidad cambian su amperaje, para nuestra aplicación se utilizó fusibles de 10 y 15 amperios.



Fuente: Naikontuning.

Figura 4.49 Fusible y porta fusible utilizados.

4.6.12. DIODO LED Y RESISTENCIA.

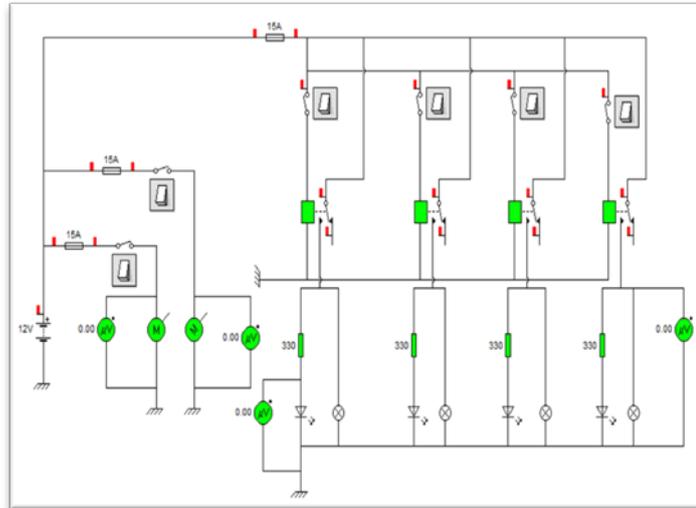
El diodo led emite luz en la aplicación son de luz roja como advertencia de accionamiento de la válvula electromagnética, va conectado a la fuente de alimentación anteponiendo una resistencia de 330Ω para que no se pueda sobrecalentar y dañar.



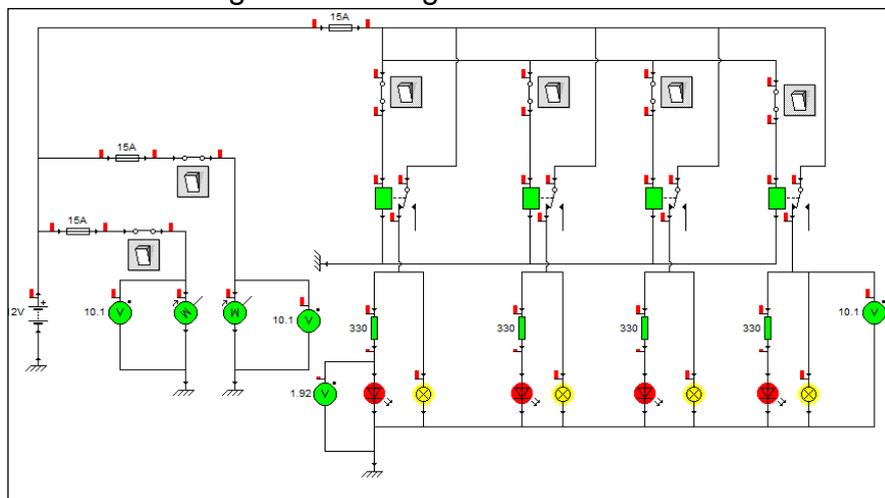
Fuente: Stevenveloz

Figura 4.50 Diodo led y resistencia utilizada.

El circuito mostrado a continuación, indica la conexión y funcionamiento de los componentes mencionados anteriormente.



Fuente: Allaica, Córdor.
Figura 4.51 Diagrama de conexión.



Fuente: Allaica, Córdor.
Figura 4.52 Diagrama de conexión en funcionamiento.

4.7. MODO DE OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

A continuación se describe la forma de operación del sistema de control para el banco de pruebas y simulación common rail. El banco posee menús principales y submenús.

Tabla 4.23 Menú y modo de operación.

MENÚ PRINCIPAL	SUBMENÚS	RPM	TIEMPO DE ACTIVACIÓN (ms)	TIEMPO DE REPOSO (ms)	NÚMERO DE INYECCIONES	
PRUEBAS	P. PATRÓN	400	100		1	
	P. PRINCIPAL	RALENTÍ	400	0,7	6,1	400
		MEDIA CARGA	800	0,7	6,1	800
		ALTA CARGA	1400	1	6,1	1400
SIMULACIÓN		400	0,7	100		

Fuente: Allaica, Córdor.

Al encender el control electrónico, en la pantalla LCD aparecen las siguientes opciones previamente descritas en la tabla 4.36.

Con la ayuda del teclado se proceden a escoger la opción a realizar o ejecutar, según la necesidad del operador.

4.7.1. MENÚ PRUEBAS

Al seleccionar la primera opción la cual es pruebas, se ingresa a un segundo menú o submenú, donde están otras dos opciones las cuales son:

- Prueba patrón.
- Prueba principal.

a. PRUEBA PATRÓN.

Esta prueba se basa en dar una sola señal, al seleccionar esta prueba ordena al banco a dar una sola inyección de los cuatro inyectores en conjunto, esta prueba es para observar la forma en la cual pulveriza en inyector, se observar el chorro de diesel que sale de las toberas de cada

inyector, así como a su vez escuchar si las bobinas están funcionando correctamente u observar si algún inyector está trabado o tapado.

Se debe realizar la prueba a 400 rpm del motor, aunque se lo puede realizar a más rpm indistintamente, pero se realizó a estas rpm para no mantener mucha presión acumulado dentro del sistema.

b. PRUEBA PRINCIPAL.

Al ingresar a esta prueba se entra a otro submenú, donde se eligió entre otras tres opciones las cuales son:

- Prueba ralentí.
- Prueba media carga.
- Prueba alta carga.

c. PRUEBA RALENTÍ.

El banco realiza un número de 400 inyecciones, una vez dado este número el banco cesa de dar pulsaciones para medir la cantidad de caudal y medir la cantidad de diesel que retorna al depósito.

El banco realiza las 400 inyecciones cumpliendo el orden de inyección para evitar que al mantener accionado los cuatro inyectores a la vez haya un cambio brusco de presión acumulada en el riel, y así mantener la misma presión de inyección para cada inyector con un tiempo de descanso de 6,1 ms de cada inyector después de haber trabajado por 0,7 ms. Hasta que terminen de trabajar el resto de inyectores, una vez realizado y registrado las mediciones se debe vaciar las probetas de caudal principal y retorno para realizar las siguientes pruebas.

d. PRUEBA MEDIA CARGA.

Para esta prueba lo único que se debe realizar es cambiar el número de rpm a la cual está girando nuestra bomba, para lo cual se la hacer girar a 800 rpm, donde cada inyector trabaja de la misma manera que en la prueba anterior solo que a más presión, cumpliendo la misma característica de trabajo de 0,7 ms de trabajo y 6,1 ms de descanso mientras trabaja los otros inyectores.

De igual manera se toma medidas de la cantidad de caudal inyectado por cada inyector, y el retorno que cada inyector realiza al depósito de combustible, una vez realizado y registrado las mediciones se debe vaciar las probetas de caudal principal y retorno.

e. PRUEBA ALTA CARGA.

Variar las rpm de giro de la bomba, y verificar que la bomba este girando a 1400 rpm para alcanzar una alta presión, que es la presión máxima, la forma de trabajar de cada inyector varía en esta prueba, tiene un tiempo de activación de 1 ms, y un tiempo de reposo igual de 6,1 ms mientras trabajan los otros inyectores de igual manera se cumple el ciclo de trabajo del motor.

A diferencia de las otras pruebas en esta se realizó un número de 1600 inyecciones hasta que termine la prueba, se aumentó el número de inyecciones debido a que en el funcionamiento real del inyector se cumple de que a más rpm del motor, más número de inyecciones del inyector, también se debe tomar medidas de caudal inyectado y del retorno, una vez realizado y registrado las mediciones se vacía las probetas de caudal principal y retorno.

4.7.2. MENÚ SIMULACIÓN.

Al realizar la selección de esta opción el banco realiza independientemente de las rpm seleccionadas, cada inyector trabaja con un tiempo de activación de 0,7 ms y de reposo de 6,1ms mientras trabajan el resto de inyectores.

A diferencia de las pruebas anteriores en esta opción el número de inyecciones realizadas es infinito, ósea que se controla el tiempo que operación del banco, siempre y cuando las probetas de caudal inyectado y de retorno no se llenen y se riegue el diesel inyectado.

Capítulo 5

5. CONSTRICCIÓN Y PRUEBAS DEL BANCO RIEL COMÚN.

5.1. CONSTRUCCIÓN DEL BANCO.

Para la construcción del banco de pruebas, se realizaron cálculos para determinar que cumpla y satisfaga el correcto funcionamiento, así como también establecer si el material seleccionado es el adecuado, que no esté expuesto a ningún tipo de deformaciones, sea resistente, seguro y ergonómico.



Fuente: Allaica, Cónдор.
Figura 5.1 Esquema General

5.1.1. ESTRUCTURA METÁLICA.

Para la construcción de la estructura figura 5.2, se utilizó tubo estructural cuadrado cuyas medidas son de 1½ x 2 pulgadas de acero ASTM A36, satisface los esfuerzos a los que va a ser sometido, este tubo viene con un largo de 6 metros para lo cual se procedió a realizar cortes conforme a las dimensiones de diseño. Para la parte superior del banco, se utilizó tubo cuadrado 1 x 1 pulgadas, como soporte para el panel de instrumentos. Una vez cortado los tubos necesarios para la construcción, se procedió a unir mediante suelda eléctrica con electrodo # AGA-6011, así dando la forma a la estructura del banco de pruebas.



Fuente: Allaica, Cóndor.
Figura 5.2 Estructura Metálica del Banco.

5.1.2. CUBIERTA

Para la cubierta se utilizó planchas de acero galvanizado de espesor cuyas medidas fueron 2.40x1.22 metros y 0.8 mm de espesor. Las planchas fueron cortadas y dobladas según las dimensiones y formas requeridas en el diseño. Figura 5.3.



Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 5.3 Corte y Doblada de la plancha de Tool.

5.1.3. SELECCIÓN DEL DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE.

El depósito de combustible es de forma cilíndrico el cual consta de las siguientes dimensiones: largo 65 cm y radio 40 cm, fabricado en acero ASTM A36 tiene un volumen de aproximadamente de 10 galones.

El depósito tiene los siguientes accesorios:

- Tapón de vaciado.
- Líneas de corriente.
- Líneas de retorno.
- Líneas de succión.



Fuente: Allaica, Córdor.
Figura 5.4 Depósito de Combustible.

5.1.4. CONSTRUCCIÓN DEL MECANISMO PARA VACIADO DE LAS PROBETAS PRINCIPALES.

Las probetas principales las cuales son de medición de los inyectores se colocan por encima de una plancha de acero, las cuales van fijamente pegadas a la misma. El sistema para vaciar las probetas está formado por un conjunto de válvulas accionadas mediante interruptores, las válvulas hacen que por medio de varillas colocadas en el interior de las probetas y con la ayuda de una bomba de vacío succione el diesel de las probetas y valla de regreso al depósito de combustible.



Fuente: Allaica, Córdor.
Figura 5.5 Mecanismo de Vaciado Probetas Principales.

5.1.5. CONSTRUCCIÓN DEL MECANISMO PARA EL VACIADO DE LAS PROBETAS DE RETORNO.

Las probetas de retorno de los inyectores están fijadas sobre una plancha perforada mediante abrazaderas plásticas. El sistema para vaciar las probetas está formado por un eje soldado en la placa porta probetas, el cual se gira de abajo hacia arriba para el vaciado del diesel a través de una palanca, y de ahí retorna al depósito.



Fuente: Allaica, Córdor

.Figura 5.6 Mecanismo de Vaciado Probetas de Retorno.

5.1.6. CONSTRUCCIÓN DEL PORTA INYECTORES.

Para la construcción del porta inyectores, se utilizó un ángulo en C, en el cual se realizó unos destajes para que los inyectores se alojen en los mismos.



Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 5.7 Construcción Porta Inyectores.

5.1.7. MONTAJE DE LA CUBIERTA Y ADITAMENTOS.

El montaje de la cubierta se realizó una vez perforadas las tapas para tener un mejor espacio de trabajo al momento de instalar los elementos hidráulicos, eléctricos y electrónicos.



Fuente: Allaica, Córdor.
Figura 5.8 Ensamblado Cubierta y Aditamentos.

5.1.8. ACABADOS.

Se procedió a macillar, lijar, pulir, limpiar y dar una capa de fondo a la estructura para evitar la corrosión u oxidación, para posteriormente dar un pintado final.

5.1.9. DIAGRAMA DE PROCESO PARA ESTRUCTURA METÁLICA.

"DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DEL SISTEMA RIEL COMÚN"										
<input checked="" type="checkbox"/> MÉTODO ACTUAL		<input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO		FECHA:						
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE: ESTRUCTURA METÁLICA										
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE										
		ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS		
		NÚM.	TIEMP	NÚM.	TIEMP	NÚM.	TIEMP			
<input type="radio"/>	Operación	10.8	9					ESTUDIADO POR: CHRISTIAN ALLAICA RODRIGO CÓNDOR		
<input type="checkbox"/>	Transporte	5	3							
<input type="checkbox"/>	Inspección	10.8	9							
<input type="checkbox"/>	Retraso	5.2	4							
<input type="checkbox"/>	Almacenamiento	0.1	1							
DISTRANCIA RECORRIDA										
PASOS	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTRANCIA. (km)	CANTIDAD	TIEMPO (HORA/UNID)
1	Adquisición de materiales	Auto	●	➡	■	D	▽			3
2	Corte	Cizalla	●	➡	■	D	▽			1
3	Suelda	Eléctrica	●	➡	■	D	▽			1
4	Mecanismo para probetas	Eléctrica	●	➡	■	D	▽			1
5	Elementos de ajuste	Eléctrica	●	➡	■	D	▽			2
6	Perforar	Caladora	●	➡	■	D	▽			0.3
7	Macillar	Macilla	●	➡	■	D	▽			0.3
8	Pulir	Pulidora	●	➡	■	D	▽			0.2
9	Pintar		●	➡	■	D	▽			2
10	Almacenar	Taller	○	➡	□	D	▽			0.1

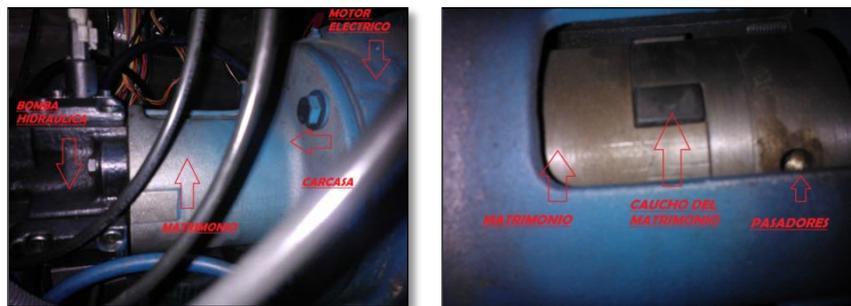
5.1.10. DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PORTA INYECTORES.

"DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DEL SISTEMA RIEL COMÚN"										
<input checked="" type="checkbox"/> MÉTODO ACTUAL			<input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO				FECHA:			
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE: PORTA INYECTORES										
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: CONSTRUCCIÓN										
	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS			
	NÚM.	TIEMP	NÚM.	TIEMP	NÚM.	TIEMP				
○	Operación	7.7	8							
⇨	Transporte	3	1							
□	Inspección	4.7	7							
D	Retraso	4.6	4							
▽	Almacenamiento	0.2	1							
DISTANCIA RECORRIDA										ESTUDIADO POR: CHRISTIAN ALLAICA RODRIGO CÓNDOR
PASOS	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA. (km)	CANTIDAD	TIEMPO (HORA/JUNID)
1	Adquisición de materiales	Auto	●	⇨	□	D	▽			3
2	Corte de Material	Cizalla	●	⇨	■	D	▽			2
3	Soldar	Eléctrica	●	⇨	■	D	▽			1
4	Macillar	Macillar	●	⇨	■	D	▽			0.4
5	Pulir	Pulidora	●	⇨	■	D	▽			0.5
6	Limpiar	Aire y Franela	●	⇨	■	D	▽			0.3
7	Pintar	Macilla	●	⇨	■	D	▽			0.3
8	Ensamblar	Llaves	●	⇨	■	D	▽			0.2
9	Almacenar	Taller	○	⇨	□	D	▽			0.2

5.2. MONTAJE DEL SISTEMA HIDRÁULICO.

5.2.1. MONTAJE DE LA CENTRAL HIDRÁULICA.

El eje del motor eléctrico y el eje de la bomba están unidos a sí mismo por medio de un acoplamiento o matrimonio el cual está ubicado en el interior de una carcasa protectora.



Fuente: Allaica, Córdor.
Figura 5.9 Grupo Motor y Bomba Hidráulica.

La bomba hidráulica está conectada con mangueras de alta presión desde el depósito de combustible hacia la bomba y del retorno de la bomba al depósito, de la bomba hacia el riel está conectado con una cañería de alta presión adecuada para el sistema de inyección riel común.

Dentro del depósito de combustible se encuentra una bomba sumergible con pre filtró para retener las impurezas que pudieran entrar al depósito. Mediante mangueras hidráulicas de alta presión se conecta el tanque con la bomba.

La central hidráulica consta de las siguientes partes:

- Motor eléctrico.
- Acople mecánico.
- Bomba Hidráulica.
- Mangueras de succión.
- Cañerías de presión.

- Tanque.

5.2.2. MONTAJE SISTEMA HIDRÁULICO DE ALTA Y BAJA PRESIÓN.

El ensamblaje del sistema hidráulico se realizó de acuerdo al circuito diseñado previamente. Para el sistema de baja presión y retorno (presión de combustible) se utilizó mangueras de serpentín de nylon M10, 3/8 y 1/2 para una presión máxima de 17.24 bar de trabajo, presión de ruptura 68.95 bar a 25°C, con una temperatura de trabajo de -21°C a +93°C y para el de alta presión (presión de actuación del riel al inyector) con cañerías de acero con un diámetro interno de 2mm, y externo de 6mm con presión de trabajo máximo de 1300 bares y presión de ruptura de 1600 bares. El ensamblaje de los elementos del sistema se realizó mediante mangueras y acoples rápidos de plástico con un tipo de conexión push-in.

La plancha designada para el panel de instrumentos se perforó y se eliminó las rebabas, para la correcta adaptación de los dispositivos hidráulicos.



Fuente: Allaica, Córdor.

Figura 5.10 Adaptación y montaje del sistema Hidráulico.

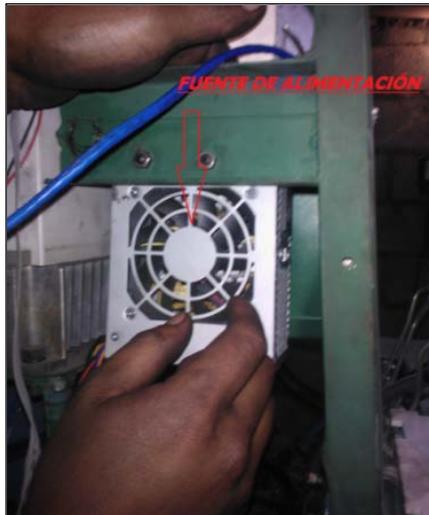
5.2.3. MONTAJE SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

Para la instalación de las placas del sistema electrónico, se construyó unas cajas con un material de polímero llamado Sintra con el objetivo de evitar cortocircuitos e interferencia. En la figura siguiente se muestra el montaje de todas las placas del sistema de control y su ubicación para el banco de pruebas riel común.

Partes del sistema electrónico:

Fuente de alimentación.

Es la que se encarga de alimentar a las placas de control electrónico, placas de inyectores y lets.



Fuente: Allaica, Cóndor.

Figura 5.11 Adaptación fuente de Alimentación.

Circuito de control del mosfet.

Es el que realiza el accionamiento electrónico para la activación y desactivación de los inyectores



Fuente: Allaica, Córdor.
Figura 5.12 Tarjeta Control Mosfets.

Tarjeta principal.

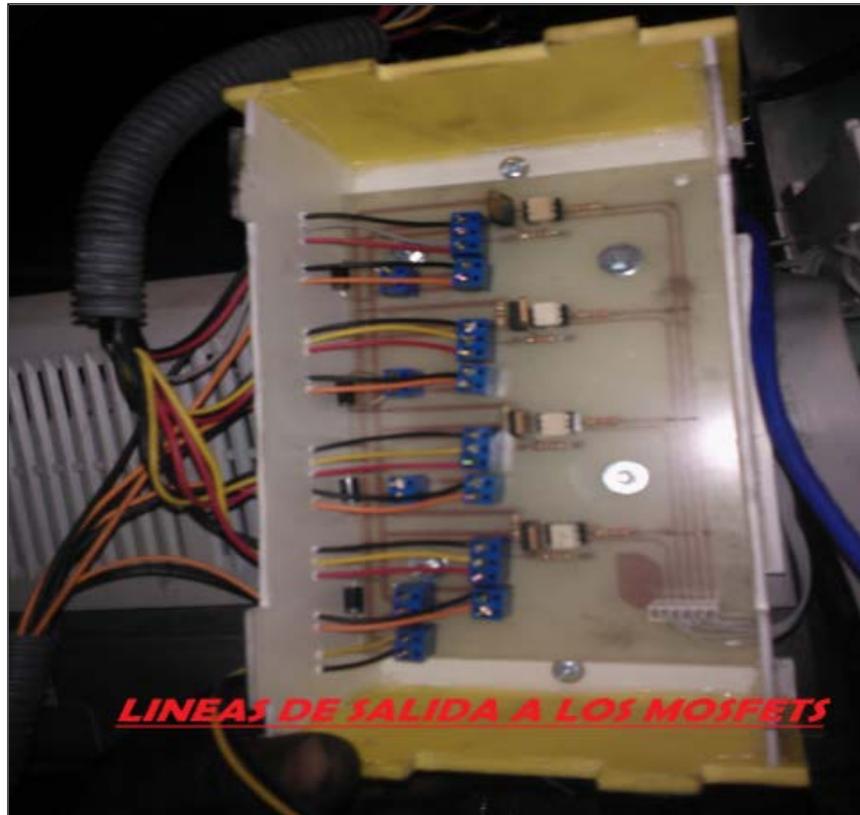
El cual recibe todos los códigos de programación por medio de un pic para el funcionamiento del sistema.



Fuente: Allaica, Córdor.
Figura 5.13 Tarjeta Principal.

Líneas de salida a los Mosfets y a las bobinas.

Estas líneas se conectan directamente a los inyectores para activas sus bobinas así como también van hacia los disipadores de calor.



Fuente: Allaica, Córdor.
Figura 5.14 Tarjeta Mosfets y salidas de corriente.

En la Figura 5.15 están los switch de encendido de la fuente de alimentación (1), encendido del motor eléctrico y variador de frecuencia (2).



Fuente: Allaica, Córdor
Figura 5.15 Switch de encendido.

La figura, muestra el montaje de la pantalla LCD de visualización de datos y la placa de controles para la selección de funciones.



Fuente: Allaica, Córdor.
Figura 5.16 Instalación LCD.

La instalación de la parte eléctrica, se realizó siguiendo el diagrama de conexión descrito previamente en el capítulo 4, donde se describe en detalle los materiales a utilizar.

En la figura 5.17: Entrada 220 VAC (1). Disyuntor (2). Variador de Frecuencia (3).



Fuente: Allaica, Córdor.
Figura 5.17 Conexión Eléctrica.

5.2.4. DIAGRAMA DE PROCESO PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO.

"DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DEL SISTEMA COMMON RAIL"										
<input checked="" type="checkbox"/> MÉTODO ACTUAL			<input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO			FECHA:				
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE: SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO										
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE										
	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS			
	NÚM.	TIEMP	NÚM.	TIEMP	NÚM.	TIEMP				
○ Operación	39	9						ESTUDIADO POR: CHRISTIAN ALLAICA RODRIGO CÓNDOR		
⇨ Transporte	3	1								
□ Inspección	39	9								
D Retraso	17	4								
▽ Almacenamiento	0.1	1								
DISTANCIA RECORRIDA										
PASOS	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DISTANCIA. (km)	CANTIDAD	TIEMPO (HORA/UNID)
1	Adquisición de dispositivos	Auto	●	⇨	■	D	▽			3
2	Fuente de Potencia	Diseño	●	⇨	■	D	▽			4
3	Circuito de control de Mosfet	Diseño	●	⇨	■	D	▽			4
4	Conexión Variador de Frecuencia	Diseño	●	⇨	■	D	▽			3
5	Tarjeta Principal	Diseño	●	⇨	■	D	▽			6
6	Control Electrónico	Montaje	●	⇨	■	D	▽			8
7	Conexión Motor Trifásico	Diseño	●	⇨	■	D	▽			4
8	Elemento de Protección	Montaje	●	⇨	■	D	▽			5
9	Comprobación	Encendido	●	⇨	■	D	▽			2
10	Almacenar	Taller	○	⇨	□	D	▽			0.1

5.2.5. GUÍA DE PRUEBA DE DIAGNÓSTICO DE INYECTORES RIEL COMÚN.

A continuación se describen las principales pruebas que se ejecutan para la comprobación de los inyectores riel común. Los resultados obtenidos en las pruebas son fundamentales, para determinar el estado de funcionamiento de los mismos, y realizar una correcta reparación.

Tabla 5.1 Menú y modo de operación.

MENÚ PRINCIPAL	SUBMENÚS		RPM	TIEMPO DE ACTIVACIÓN (ms)	TIEMPO DE REPOSO (ms)	NÚMERO DE INYECCIONES
PRUEBAS	P. PATRÓN		400	100	∞	1
	P. PRINCIPAL	RALENTÍ	400	0,7	6,1	400
		MEDIA CARGA	800	0,7	6,1	800
		ALTA CARGA	1400	1	6,1	1400
SIMULACIÓN			400	0,7	100	∞

Fuente: Allaica, Córdor.

Capítulo 6

6. MARCO ADMINISTRATIVO

6.1. RECURSOS

Con el objetivo de desarrollar este proyecto de forma planificada, se plantea el siguiente capítulo, con el cual se analizará la optimización de los recursos: humanos, tecnológicos y materiales que son aspectos fundamentales para la puesta en marcha e incidencia del proyecto.

6.1.1. RECURSOS HUMANOS

El desarrollo del proyecto se contó con los recursos detallados a continuación quienes realizaron la investigación, asesoramiento y puesta en marcha del proyecto.

Tabla 6.1 Recurso humano

Christian Wladimir Allaica Tzetzta	Investigador
Milton Rodrigo Cóndor Robalino	Investigador
Ing. Luis Mena	Asesor
Ing. Germán Erazo Laverde	Asesor

Fuente: Allaica, Cóndor.

6.1.2. RECURSOS TECNOLÓGICOS.

Se hizo imprescindible la utilización de recursos tecnológicos los cuales nos facilitaron la tarea investigativa y desarrollo del proyecto:

Tabla 6.2 Recursos tecnológicos

Computadora	3
Osciloscopio	1
Multímetro	1
Cámara de fotos	1
Internet	

Fuente: Allaica, Cóndor.

6.1.3. RECURSOS MATERIALES.

Son todos los elementos físicos que fueron necesarios para la materialización del proyecto son:

Tabla 6.3 Materiales

Estructura Metálica	Cantidad	Estructura Metálica	Cantidad
Tubo estructural cuadrado 3/4 x 1	1	Bomba de Combustible	1
Angulo en tee perfil pequeño	1	Bomba de Vacío	1
Planchas de acero galvan. 1/32.	2	Relés 12V	10
Angulo 1 x 1/8	1	Switch / interruptor	2
Base de Matrimonio E52A2	1	Conector Macho 220V	2
Caucho Lovejoy L-110	1	Conector Hembra 220V	1
Acople Lovejoy L-110 5/8	2	Placa redonda de 50A	1
Tool Acero inoxidable 90 x 110	1	Motor Eléctrico 10 HP (Rebobinado)	1
Cableado de Inyectores	1	Correas de Amarre	1
Cubre Ventilador Fame	1	Bomba hidráulica	1
Ventilador Zytel 28 x 239 mm	1	Acumulador de Presión	1
Fuente de 12 V.	1	Juego Cañerías de alta Presión	1
Cable Sucre 3 x 10	5	Inyectores Delphi	4
Cable Flexible N°- 10	10	Probetas 250ml pie plástico	10
Taype	5	Manguera 3/8	3
Riel Din 35mm acero	1	Filtro de combustible y base	1
Csc Breaker riel 3P 40 A	1	Cañería de Acero 3/16	2
Variador de frecuencia LG 10HP	1	Cañería de Acero 5/16	2
Perno Prisionero	2	Manguera 12mm	6
Válvulas de Cierre	4	Neplos T 12mm	3
Manguera Corrugada	5	Unión 12mm	1

Fuente: Allaica, Córdor.

6.2. ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO.

En la elaboración del proyecto se debe considerar, el costo total del mismo, el cual consta de una estructura mecánica, sistema eléctrico/ electrónico, sistema hidráulico. De acuerdo a este resultado se determinará, si es rentable o no la ejecución del proyecto. Además este análisis sirve como base para asignarle el costo final en el mercado.

Para la implementación del banco de pruebas del sistema de inyección riel común, es necesario tomar en cuenta los siguientes valores económicos:

- Costo de diseño y fabricación de tarjetas
- Costo de fabricación de estructura y partes mecánicas
- Costo de diseño y montaje del sistema hidráulico
- Costos de accesorios e insumos.

6.2.1. COSTO DE LA MANO DE OBRA.

El valor de este diseño es alto y se verá reflejado en el valor final del proyecto. El objetivo de este capítulo determinar el valor referencial frente al valor real del equipo que se está desarrollando y poder realizar una comparación objetiva con productos de similares características que existen en el mercado nacional e internacional.

El costo de la mano de obra estimado para el banco de pruebas riel común es de 1586 dólares americanos.

Tabla 6.4 Costo de la mano de obra.

Costo mano de obra	Cantidad	Valor/hora	Tiempo (h)	Cantidad (\$)
Diseño y estructura Metálica	1	2,50	200	500
Diseño y armado de placas	5	4	150	600
Diseño y montaje hidráulico	6	2	72	144
Diseño y Montaje eléctrico	5	5	18	90
Recubrimiento y acabados	1	3,5	72	252
Total				1586

Fuente: Allaica, Córdor.

6.2.2. COSTO DE FABRICACIÓN DE TARJETAS.

El costo de la fabricación de las tarjetas estimado para el banco de pruebas riel común es de 447,59 dólares americanos.

Tabla 6.5 Costo de la fabricación de los módulos eléctricos

Costo Tarjetas Electrónicas	Cantidad	Costo(\$)
Fuente de alimentación	1	25
Tarjeta de Potencia	1	61,07
Tarjeta de control de potencia	1	83,04
Tarjeta PWM	1	38,69
Tarjeta Contador de Revoluciones	1	45,21
LCD	1	20
Teclado de funciones	1	20
Disipadores de Calor	4	16
Materiales Varios	26	138,55
Total		447,59

Fuente: Allaica, Córdor.

6.2.3. COSTO DE LA ESTRUCTURA Y PARTES MECÁNICAS

Aquí se detalla los materiales utilizados y su respectivo costo en el mercado

Tabla 6.6 Costo de estructura y partes mecánicas.

Costo Estructura Metálica	Cantidad	precio/u	Costo(\$)
Tubo estructural cuadrado 3/4 x 1	1	5,35	5,35
Angulo en tee perfil pequeño	1	6,06	6,06
Planchas de acero galvan. 1/32.	2	19,28	43,18
Angulo 1 x 1/8	1	7,63	7,63
Base de Matrimonio E52A2	1	90,00	100,80
Caucho Lovejoy L-110	1	31,36	31,36
Acople Lovejoy L-110 5/8	2	48,96	109,67
Tool Acero inoxidable 90 x 110	1	5,35	6,00
Cableado de Inyectores	1	73,17	73,17
Cubre Ventilador Fame	1	29,46	29,46
Ventilador Zytel 28 x 239 mm	1	9,86	9,86
Fuente de 12 V.	1	89,82	89,82
Cable Sucre 3 x 10	5	2,97	16,63
Cable Flexible N°- 10	10	0,82	9,18
Taype	5	0,80	4,48
Riel Din 35mm acero	1	2,15	2,41
Csc Breaker riel 3P 40 A	1	11,49	12,87
Variador de frecuencia LG 10HP	1	812,50	910,00
Perno Prisionero	2	0,40	0,90
Válvulas de Cierre	4	8,50	38,08
Bomba de Combustible	1	65,00	72,80
Bomba de Vacío	1	50,00	56,00
Relés 12V	10	6,00	67,20
Switch / interruptor	2	0,50	1,12
Conector Macho 220V	2	3,50	7,84
Conector Hembra 220V	1	3,50	3,92
Placa redonda de 50A	1	2,95	3,30
Motor Eléctrico 10 HP (Rebobinado)	1	480,00	537,60
Correas de Amarre	1	12,00	13,44
Total			2270,13

Fuente: Allaica, Cóndor.

6.2.4. COSTO SISTEMA HIDRÁULICO.

Los componentes del sistema hidráulico son los de mayor valor económico, estos fueron adquiridos en la ciudad de Quito.

Tabla 6.7 Costo componentes del sistema hidráulico.

Costo Sistema hidráulico	Cantidad	precio/u	Costo(\$)
Bomba hidráulica	1		800
Acumulador de Presión	1	680	650
Juego Cañerías de alta Presión	1	350	350
Inyectores Delphi	4	160	640
Probetas 250ml pie plástico	10	8,34	93,41
Manguera 3/8	3	2,80	8,40
Filtro de combustible y base	1	120	120
Cañería de Acero 3/16	2	1,09	2,44
Cañería de Acero 5/16	2	1,84	4,12
Manguera 12mm	6	3,00	20,16
Neplos T 12mm	3	3,00	9,00
Unión 12mm	1	2,20	2,46
Manguera Corrugada	5	0,50	2,80
Accesorios			160
Total			2516,29

Fuente: Allaica, Córdor.

6.2.5. COSTO NETO DEL BANCO DE PRUEBAS RIEL COMÚN.

Una vez determinados todos los costos del equipo, se procede a sumar y obtener el valor neto del proyecto. Cabe recalcar, que no se ha tomado en cuenta el valor de las licencias de los programas y utilitarios informáticos.

Tabla 6.8 Costo neto del proyecto.

Costo del banco	Costo(\$)
Costo de mano de obra	1.586
Costo Tarjetas Electrónicas	447,59
Costo Estructura Metálica	2.270,13
Costo Sistema hidráulico	2.516,29
Movilización	300
Total	7.120,01

Fuente: Allaica, Córdor.

6.2.6. ANÁLISIS DE COSTOS VERSUS BENEFICIO.

Al efectuar un balance entre el gasto económico junto con los logros obtenidos, se observa que el proyecto titulado “**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DEL SISTEMA COMMON RAIL**” ha cumplido con las expectativas pues se constituye en un proyecto aplicable para el laboratorio de reparación diesel y complementa la formación de los estudiantes y futuros profesionales del Departamento de Energía y Mecánica de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

Como resultado se generó un banco de pruebas de similares prestaciones y características que un banco de pruebas COMMON RAIL marca Electro-Sim, pero con un costo realmente bajo, tomando en cuenta que en el mercado cuesta alrededor de 65.000 dólares. Es decir con una reducción del 63 % de valor del banco original.

6.2.7. FINANCIAMIENTO.

El financiamiento se da en su totalidad por parte de los realizadores del proyecto: Christian Wladimir Allaica Tzetzta y Milton Rodrigo Córdor Robalino.

De acuerdo al desarrollo, se da las siguientes conclusiones y recomendaciones, para ser utilizado como fuente de consulta por quien disponga de este trabajo.

CONCLUSIONES.

- Se desarrolló el diseño y construcción de un banco de pruebas y simulación de inyectores Delphi basándonos en el objetivo propuesto al inicio de este trabajo.
- En base a la hipótesis generada, el banco si nos proporciona valores reales de prueba de inyectores Delphi similares a bancos existentes en el mercado.
- La recopilación de información técnica e investigación bibliográfica es la adecuada para la elaboración del proyecto, debido a que no hubo inconvenientes al momento de utilizar cada uno de los componentes a utilizar en el banco de pruebas.
- El menú de control del banco de pruebas es muy amigable y de fácil manejo.
- La visualización de operación del banco de pruebas es segura, y además se puede observar todos y cada uno de los elementos que conforman el banco de pruebas.
- El diseño de la estructura del banco es muy ergonómica para la colocación de todos los componentes, donde no hubo necesidad de agregar más espacio.
- Las mediciones de caudal principal y retorno se las realiza sin problemas de visualización, así como el vaciado de las mismas se las hace de una manera muy sencilla.

RECOMENDACIONES.

- Para utilizar el banco de pruebas, procurar que el mismo esté en una superficie completamente plana y en un área bien ventilada.

- Verificar que la conexión eléctrica de 220 VAC y 110 VDC esté totalmente aislado y no existe fugas de corriente y exista daños de personal o equipo.
- Los inyectores deben estar fijos y bien asegurados, por lo que si se va a desmontar estos, primero hay que despresurizar el sistema de alta presión.
- Seguir el orden establecido antes de encender e iniciar las operaciones de pruebas en el banco.
- Asegurar bien las tapas desmontables del banco antes de empezar a operar el mismo.

BIBLIOGRAFÍA.

- De Castro M. (2005). Sistemas electrónicos de la inyección diesel. Ceac.
- Martí A. (2002). Inyección electrónica diesel. Marcombo.
- Bosch, R. (2005). Sistema de inyección diesel por acumulador common rail. Reverté.
- Bosch, R. (2002). Catalogo Inyección electrónica diesel. Bosch.
- Hernández, J. y Prieto, M. (2010). Electrónica digital y programable. (1a.ed.). Paraninfo.
- Vallina, M. (2011). Instalaciones domóticas. (1a.ed.). Paraninfo.
- Vicente. L. y Scorzari (2005). Inyección Diesel Common Rail.

NETGRAFÍA:

- Bosch, R. (2013). Inyección common rail. [Libro en línea]. Consultado el día 29 de octubre del 2013 de la World Wide Web: http://es.bosch-automotive.com/parts/parts_and_accessories/motor_and_sytems/diesel/common_rail_injection/common_rail_diesel_motorsys_parts.
- Slideshare. (2012). Sistema de inyección electrónica common rail. [Libro en línea]. Consultado el día 13 de octubre del 2013 de la World Wide Web: <http://www.slideshare.net/eddking77/sistema-de-inyeccion-electronica-common-rail>
- Bosch, R. (2013). Common Rail System diesel. [Libro en línea]. Consultado el día 30 de noviembre del 2013 de la World Wide Web: http://www.bosch-automotivetechology.com/es/com/component_com/PT_CV_DS_Common-Rail-System_PT_CV_Diesel_2048.html
- Delphi. (2013). Sistema de riel común diesel Multec. [Libro en línea]. Consultado el día 30 de noviembre del 2014 de la World

Wide Web: <http://am-es.delphi.com/products/parts/diesel-index/car-and-light-commercial-vehicle-index/multec-diesel-common-rail/>

- Slideshare. (2013). Sistema common rail delphi. [Libro en línea]. Consultado el día 3 de diciembre del 2013 de la World Wide Web: <http://www.slideshare.net/joaquinin1/commom-rail-delphi-29-pag>
- Vishay. (2013). Optocoupler, Phototransistor Output, with Base Connection. [Libro en línea]. Consultado el día 4 de diciembre del 2013 de la World Wide Web: <http://www.vishay.com/docs/83725/4n25.pdf>
- Arduino. (2013). Arduino Board Mega 2560. [Libro en línea]. Consultado el día 4 de diciembre del 2013 de la World Wide Web: <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>
- Scribd. (2013). Acoplamientos mecánicos. [Libro en línea]. Consultado el día 4 de diciembre del 2013 de la World Wide Web: <http://es.scribd.com/doc/57460226/ACOPLAMIENTOS-MECANICOS>
- Irf. (2013). International rectifier. [Libro en línea]. Consultado el día 4 de diciembre del 2013 de la World Wide Web: www.internationalrectifier.com/powermosfetz44n
- Weg. (2013). Catalogo weg. Libro en línea]. Consultado el día 4 de diciembre del 2013 de la World Wide Web: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/weg-w22-motor-trifasico-tecnico-mercado-latinoamericano-50024297-catalogo-espanol.pdf>
- Erhsa. (2013). Catalogo variadores is5. [Libro en línea]. Consultado el día 4 de diciembre del 2013 de la World Wide Web: <http://www.erhsa.com/pdf/variadores-iS7-090119.pdf>
- Aguirre, Z. (2013). Manual del usuario sv ie5. [Libro en línea]. Consultado el día 4 de diciembre del 2013 de la World Wide Web: <http://www.aguirrezabal.com/archivos/productos/electronica-industrial/231/SV-iE5espanol-Def.pdf>

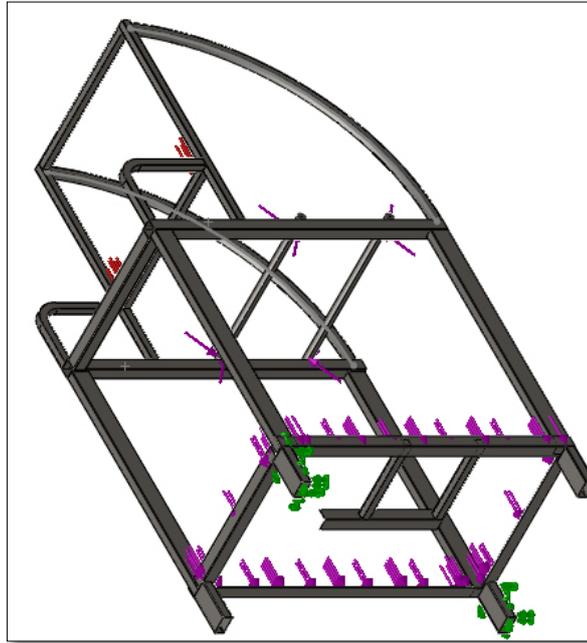
- Asterion. (2013). Calibre de conductores y su amperaje máximo. [Libro en línea]. Consultado el día 4 de diciembre del 2013 de la World Wide Web: <http://asterion.almadark.com/2010/05/31/calibre-de-conductores-y-su-amperaje-maximo/>
- Directindustry. (2013). Salón online de la industria. [Información en línea]. Consultado el día 4 de diciembre del 2013 de la World Wide Web: <http://www.directindustry.es/prod/microhorse-electronics-co-ltd/reles-electromecanicos-automoviles-56796-369290.html>
- Rafi. (2013). [Información en línea] Consultado el día 4 de diciembre del 2013 de la World Wide Web: <http://www.rafi.de/Pushbuttons-and-switches-for-i.61.0.html?&L=1>
- Veloz, S. (2013). [Información en línea] Consultado el día 4 de diciembre del 2013 de la World Wide Web: <http://stevenveloz.blogspot.com/>

ANEXOS

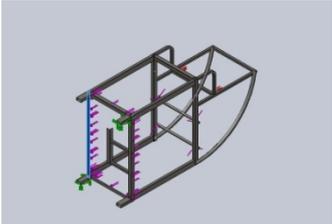
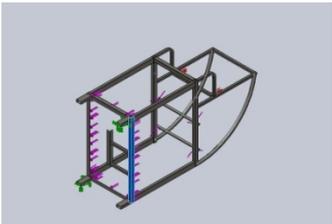
- Anexo “A” Estructura Para El Banco De Pruebas Y Simulación Riel Común Realizado Por Software De Simulación Solid Works.
- Anexo “B” Manual De Servicio Del Banco De Pruebas Y Simulación Del Sistema Riel Común.
- Anexo “C” Guía De Pruebas Del Banco De Simulación Riel Común.
- Anexo “D” Artículo Del Proyecto

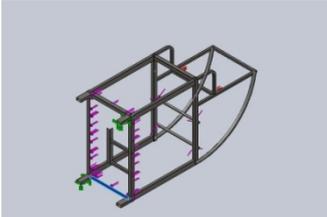
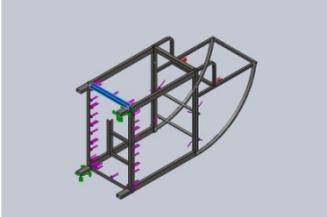
**ANEXO “A” ESTRUCTURA PARA EL BANCO DE PRUEBAS Y
SIMULACIÓN RIEL COMÚN REALIZADO POR SOFTWARE DE
SIMULACIÓN SOLID WORKS.**

SIMULACIÓN DE ESTRUCTURA BANCO DE PRUEBA



Nombre del modelo: **ESTRUCTURA DEL BANCO**

ELEMENTO – COMANDO UTILIZADO	Tratado como	Propiedades volumétricas	DESCRIPCIÓN
<p style="text-align: center;">Saliente-Extruir1</p> 	Sólido	<p style="text-align: center;">Masa:1.80661 kg Volumen:0.000230142 m³ Densidad:7850 kg/ m³ Peso:17.7048 N</p>	<p>ÁNGULO (40X40X3)mm (L=1000mm).SLDPRT</p>
<p style="text-align: center;">Saliente-Extruir1</p> 	Sólido	<p style="text-align: center;">Masa:1.80661 kg Volumen:0.000230142 m³ Densidad:7850 kg/ m³ Peso:17.7048 N</p>	<p>ÁNGULO (40X40X3) mm (L=1000mm).SLDPRT</p>

<p>Saliente-Extruir1</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:0.939438 kg Volumen:0.000119674 m³ Densidad:7850 kg/ m³ Peso:9.20649 N</p>	<p>ÁNGULO (40X40X3) mm (L=600mm).SLDPRT</p>
<p>Saliente-Extruir1</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:0.939438 kg Volumen:0.000119674 m³ Densidad:7850 kg/ m³ Peso:9.20649 N</p>	<p>ÁNGULO (40X40X3) mm (L=600mm).SLDPRT</p>

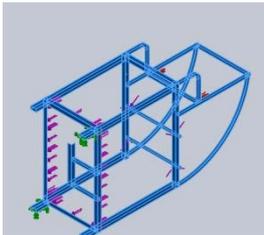
PROPIEDADES DEL ESTUDIO

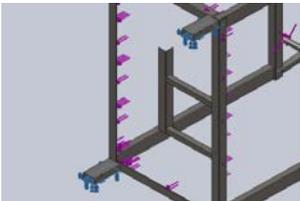
Nombre de estudio:	Estudio 1
Tipo de análisis:	Estático
Tipo de malla:	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Temperatura a tensión cero:	298 Kelvin

UNIDADES UTILIZADAS EN EL ESTUDIO

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	kelvin
Velocidad angular	rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

PROPIEDADES DEL MATERIAL

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes																		
	<table border="1"> <tr> <td>Nombre:</td> <td>ASTM A36 Acero</td> </tr> <tr> <td>Tipo de modelo:</td> <td>Isotrópico elástico lineal</td> </tr> <tr> <td>Criterio de error predeterminado:</td> <td>Tensión máxima de von Mises</td> </tr> <tr> <td>Límite elástico:</td> <td>2.5e+008 N/m²</td> </tr> <tr> <td>Límite de tracción:</td> <td>4e+008 N/m²</td> </tr> <tr> <td>Módulo elástico:</td> <td>2e+011 N/ m²</td> </tr> <tr> <td>Coefficiente de Poisson:</td> <td>0.26</td> </tr> <tr> <td>Densidad:</td> <td>7850 kg/m³</td> </tr> <tr> <td>Módulo cortante:</td> <td>7.93e+010 N/m²</td> </tr> </table>	Nombre:	ASTM A36 Acero	Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal	Criterio de error predeterminado:	Tensión máxima de von Mises	Límite elástico:	2.5e+008 N/m ²	Límite de tracción:	4e+008 N/m ²	Módulo elástico:	2e+011 N/ m ²	Coefficiente de Poisson:	0.26	Densidad:	7850 kg/m ³	Módulo cortante:	7.93e+010 N/m ²	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir1) ÁNGULO (40X40 X3) mm (L=1000mm)-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1) ÁNGULO (40X4X3) mm (L=1000mm)-2), Sólido 1(Saliente-Extruir1) ÁNGULO (40X40X3)=mm (L=600mm)-3), Sólido 1(Saliente-Extruir1) ÁNGULO (40X40X3) mm (L=600mm)-4), Sólido 1(Saliente-Extruir1) (BASE 3-1), Sólido 1(Cortar-Extruir1) (EJE MOTOR 25,4 mm-1), Sólido 1(Cortar-Extruir1) (EJE MOTOR 25,4 mm-2), Sólido 1(Barrer1) (TEC 25,4X25,4)</p>
	Nombre:	ASTM A36 Acero																		
	Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal																		
	Criterio de error predeterminado:	Tensión máxima de von Mises																		
	Límite elástico:	2.5e+008 N/m ²																		
	Límite de tracción:	4e+008 N/m ²																		
	Módulo elástico:	2e+011 N/ m ²																		
	Coefficiente de Poisson:	0.26																		
	Densidad:	7850 kg/m ³																		
Módulo cortante:	7.93e+010 N/m ²																			

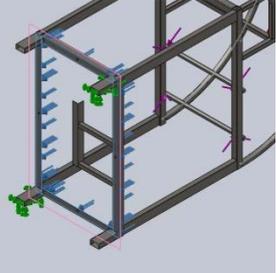
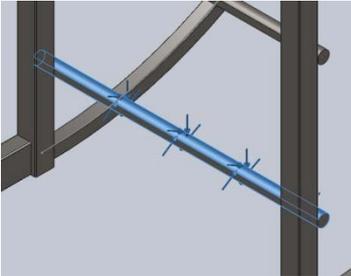
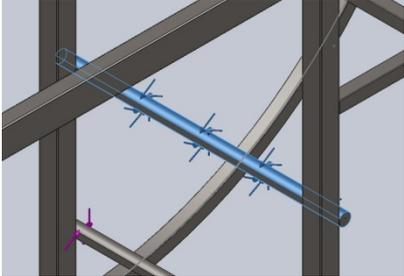
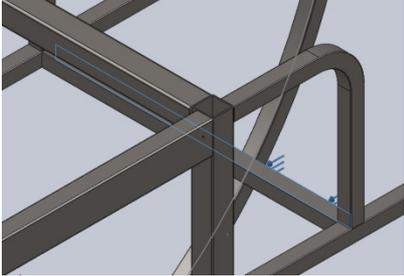
DESCRIPCIÓN	SUJECIONES	Detalles
FIJACIÓN BASE PISO		Entidades : 4 caras
		Tipo : Geometría fija

SUJECIONES

FUERZAS RESULTANTES

FUERZAS RESULTANTES				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-1.0163	-0.444168	-1588.41	1588.41

CARGAS

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga								
Carga muerta Peso de la estructura		<table border="1"> <tr> <td data-bbox="991 589 1193 667">Entidades:</td> <td data-bbox="1193 589 1364 667">4 caras 1 plano</td> </tr> <tr> <td data-bbox="991 667 1193 745">Referencia:</td> <td data-bbox="1193 667 1364 745">Front Plane</td> </tr> <tr> <td data-bbox="991 745 1193 790">Valores:</td> <td data-bbox="1193 745 1364 790">396.9 N</td> </tr> </table>	Entidades:	4 caras 1 plano	Referencia:	Front Plane	Valores:	396.9 N		
Entidades:	4 caras 1 plano									
Referencia:	Front Plane									
Valores:	396.9 N									
Torsión debido al torque del motor Eje 1		<table border="1"> <tr> <td data-bbox="991 898 1182 943">Entidades:</td> <td data-bbox="1182 898 1364 943">1 cara</td> </tr> <tr> <td data-bbox="991 943 1182 1043">Tipo:</td> <td data-bbox="1182 943 1364 1043">Aplicar momento torsor</td> </tr> <tr> <td data-bbox="991 1043 1182 1088">Valor:</td> <td data-bbox="1182 1043 1364 1088">5 N-m</td> </tr> </table>	Entidades:	1 cara	Tipo:	Aplicar momento torsor	Valor:	5 N-m		
Entidades:	1 cara									
Tipo:	Aplicar momento torsor									
Valor:	5 N-m									
Torsión debido al torque del motor Eje 2		<table border="1"> <tr> <td data-bbox="991 1196 1182 1240">Entidades:</td> <td data-bbox="1182 1196 1364 1240">1 cara</td> </tr> <tr> <td data-bbox="991 1240 1182 1344">Tipo:</td> <td data-bbox="1182 1240 1364 1344">Aplicar momento torsor</td> </tr> <tr> <td data-bbox="991 1344 1182 1388">Valor:</td> <td data-bbox="1182 1344 1364 1388">5 N-m</td> </tr> </table>	Entidades:	1 cara	Tipo:	Aplicar momento torsor	Valor:	5 N-m		
Entidades:	1 cara									
Tipo:	Aplicar momento torsor									
Valor:	5 N-m									
Presión ejercida por la pulverización en las probetas		<table border="1"> <tr> <td data-bbox="991 1494 1182 1538">Entidades:</td> <td data-bbox="1182 1494 1364 1538">1 cara</td> </tr> <tr> <td data-bbox="991 1538 1182 1606">Tipo:</td> <td data-bbox="1182 1538 1364 1606">Normal a cara</td> </tr> <tr> <td data-bbox="991 1606 1182 1650">Valor:</td> <td data-bbox="1182 1606 1364 1650">21.75</td> </tr> <tr> <td data-bbox="991 1650 1182 1695">Unidades:</td> <td data-bbox="1182 1650 1364 1695">N/m²</td> </tr> </table>	Entidades:	1 cara	Tipo:	Normal a cara	Valor:	21.75	Unidades:	N/m ²
Entidades:	1 cara									
Tipo:	Normal a cara									
Valor:	21.75									
Unidades:	N/m ²									

RESULTADOS DEL ESTUDIO

En cuanto a las restricciones y la combinación de cargas aplicadas a la estructura se obtuvo lo siguiente.

- Tensiones.
- Desplazamientos.
- Factor de seguridad.

En base a estos resultados se muestra el grado de confiabilidad que muestra nuestra estructura ante estas consideraciones de esfuerzos.

Tensión de VON.

Considerado la tensión de von Mises, que es el mejor estimador de fallos, en cual el elemento está expuesto a una serie de situaciones o combinación de cargas, y en esta instancia se muestra la condición más crítica, o el esfuerzo máximo, relacionado directamente con el límite elástico del material, para el presente caso el punto más crítico se encuentra en el Nodo: 13603, con un valor de $1.69465e+008 \text{ N/m}^2$, y en relación con el límite elástico del material ASTM- A 36 con un valor de $250 e+006 \text{ N/m}^2$.

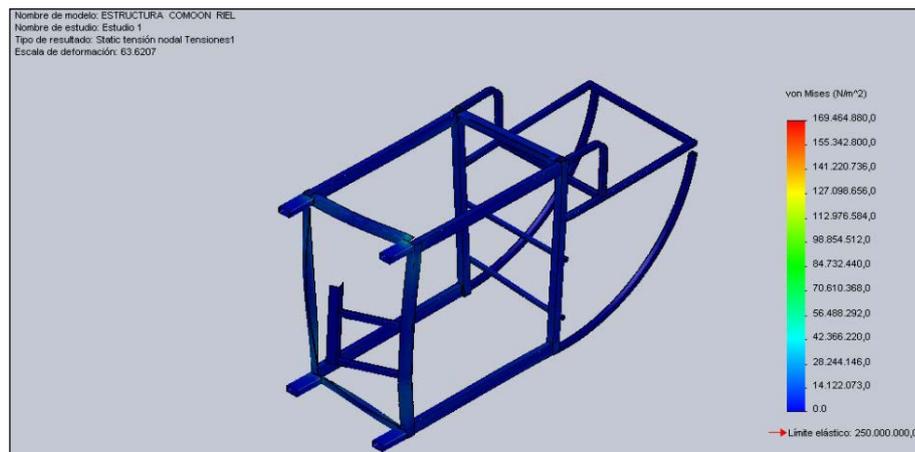


Figura 1 Estructura riel común, Tensiones

Desplazamientos.

Los desplazamientos producidos por la combinación de cargas aplicada a la estructura, estableciendo como la condición más crítica en el nodo 6107 con un valor de 2,88 mm, el cual bajo una pequeña regla muy práctica que establece que un elemento no se puede desplazar más de dividir la longitud de la viga o el miembro estructural sobre 100, bajo este parámetro, el diseño si es admisible .

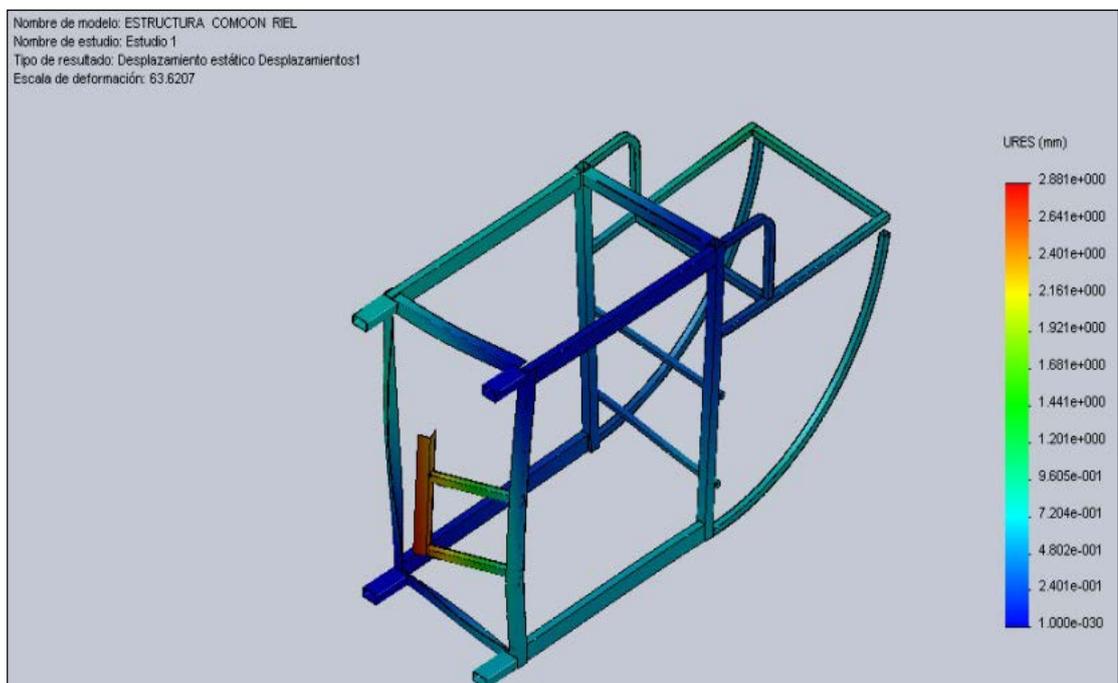


Figura 2 Estructura riel común,Desplazamientos

Factor de seguridad.

Indica el número de veces que la estructura soporta la combinación de carga impuesta, deduciendo de esta manera que el diseño es admisible.

$$F_s = \frac{\text{Limite elastico del material}}{\text{Esfuerzo maximo (tension)}}$$

Ecuación 1 Factor de seguridad.

$$Fs = \frac{250e6}{169,46e6} = 1,40$$

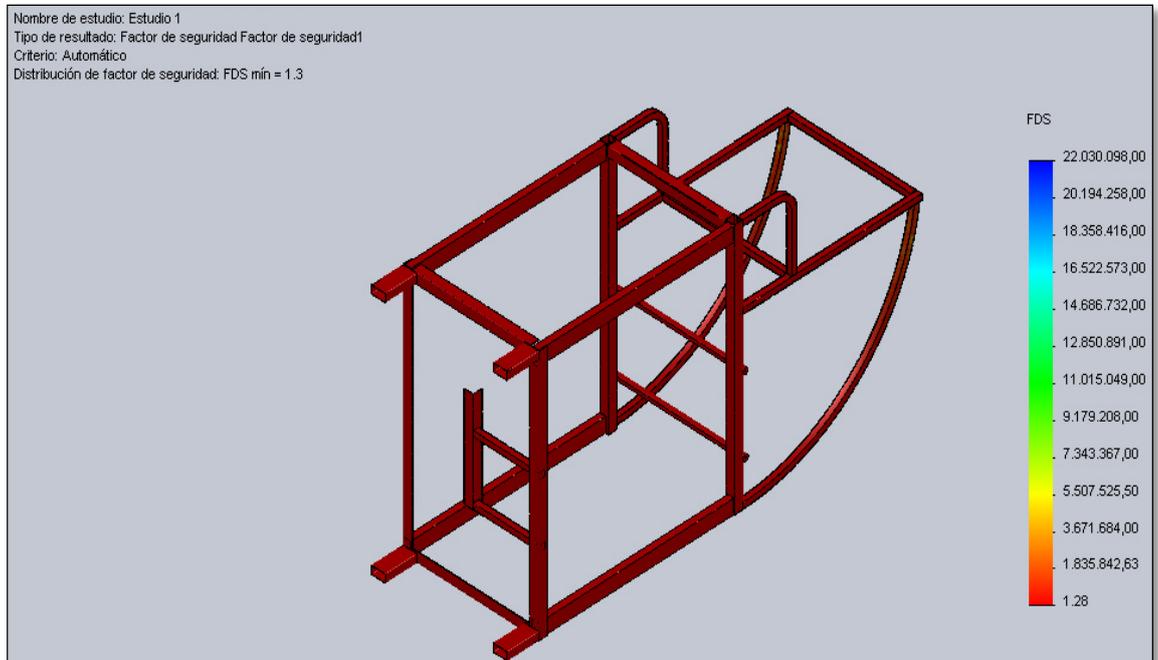


Figura 3 Estructura riel común, factor de seguridad .

**ANEXO “B” MANUAL DE SERVICIO DEL BANCO DE PRUEBAS Y
SIMULACIÓN DEL SISTEMA RIEL COMÚN.**

MANUAL DE SERVICIO DEL BANCO DE PRUEBAS Y SIMULACIÓN DE RIEL COMÚN.



Figura 1: Banco de pruebas.

1. INTRODUCCIÓN.

Ofrece un sistema de medición graduado para caudal principal y retorno, así como un control electrónico amigable, el banco a su vez permite realizar comprobaciones hasta en

4 inyectores. Incorpora un control de revoluciones de la bomba para suministro de diesel al riel, el cual junto al control electrónico, permite controlar la presión hidráulica del combustible, además posee un sistema eléctrico para vaciar las probetas de medición de caudal principal y un sistema mecánico para vaciar las probetas de medición de retorno.

2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

Tabla 1: Datos técnicos.

Suministro eléctrico	110 VAC – 220 VAC – 12 VDC – 5 VDC
Fluido a utilizar	Diesel
Capacidad depósito	10 Galones
Dimensiones	(1830 x 1000 x 600) mm
Peso	350 Kilos
Circuito de alta presión	220 a 1300 bares
Circuito de baja presión	1 a 5 bares
Pantalla	Dos pantallas digitales para rpm y de pruebas
Medición	Por medio de dos juegos de probetas para caudal principal y retorno de 250 ml.
Indicadores	Cuatro diodos led rojo que indican la salida de señal a los inyectores.
Sujeción inyector	De fácil montaje y desmontaje en el porta-inyector.

3. VENTAJAS

- Comprobación de hasta 4 inyectores.
- Fácil ajuste del sistema electrónico.
- Sistema de operación fácil para el operador.
- Visualización eficaz.
- Calibrador graduado.

El diseño del banco le permite al especialista diesel la comprobación de inyectores riel común, y a su vez observar el funcionamiento de este sistema.

Este equipo fue diseñado y manufacturado asimilando el funcionamiento real de un motor en condiciones de trabajo, garantizando un máximo rendimiento.

4. DIMENSIONES.

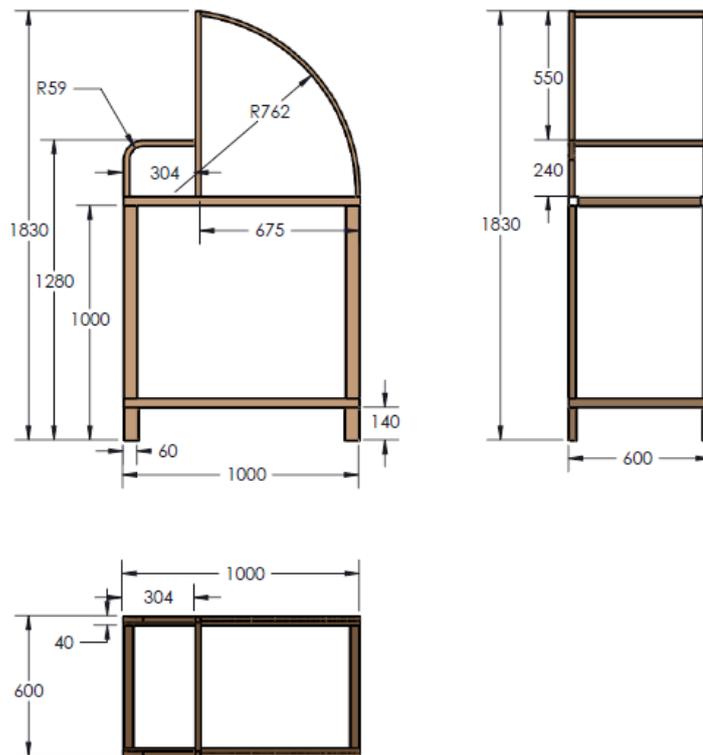


Figura 2: Dimensiones del banco de pruebas.

5. SISTEMA HIDRÁULICO.

El sistema hidráulico comprende a todo el recorrido por el cual circula el diesel, desde el depósito hacia los inyectores y su retorno al mismo depósito, donde posee dos circuitos, el de alta presión y el de baja presión donde también está el retorno.

Aquí se observa los circuitos de alta y baja presión. Donde el circuito de alta presión va desde la bomba hasta el inyector. Y el circuito de baja presión lo comprende desde el depósito hasta la bomba y todo el circuito de retorno.

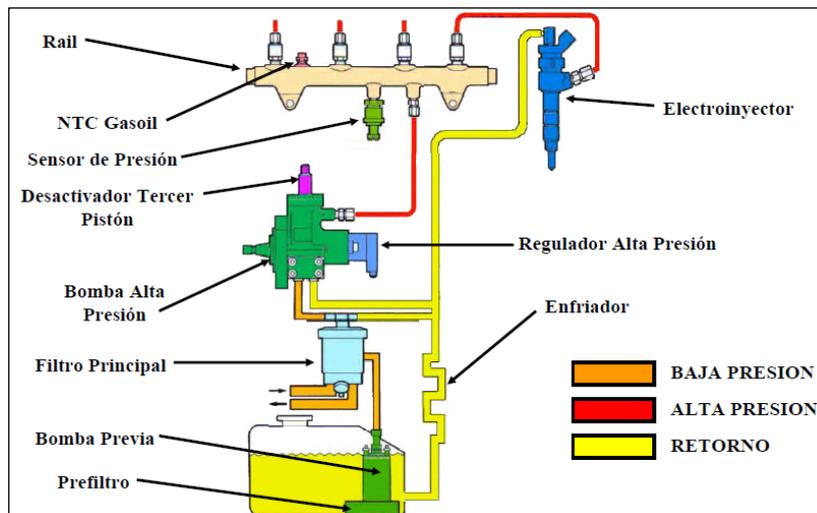


Figura 3: Circuitos que comprenden el sistema del banco.

Tabla 2: Componentes hidráulicos.

SISTEMA	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
Sistema hidráulico de alta presión	Bomba alta presión	Accionada por un motor eléctrico, envía un caudal de 6,63 GPM.
	Regulador de presión	Regula la presión de combustible recibiendo una señal de 12 V.
	Sensor de presión	Mediante un voltaje variable de 0 a 5 V. nos indica la presión existente dentro del acumulador.
	Desactivador 3 ^{er} pistón	Desactiva un pistón de la bomba para ahorro de combustible recibiendo una señal de 12 V.
	Acumulador de presión	Almacena el combustible a alta presión de 200 a 1300 bar.
	Inyector	Válvulas solenoides activadas eléctricamente con 12 V.
Sistema de combustible (Baja presión) 2,5 - 3 bares	Depósito de combustible	Recipiente de almacenaje de combustible de 10 galones.
	Bomba de transferencia	Envía el combustible desde el depósito a la bomba de alta presión a 0,75 bar.
	Filtro de combustible	Retiene impurezas presentes en circuito hidráulico a partir de 5 micras.
	Bomba de aspiración	Aspira el combustible para retornar al depósito a 3 bar.
	Válvulas eléctricas	Abren y cierran el circuito con 12 VDC.
	Mangueras y uniones	Acopla componentes del circuito con medidas de M10, 3/8, 1/2.

Tabla 3: Datos técnicos de la bomba y el motor eléctrico.

Bomba		Motor eléctrico	
Presión	Caudal	Descarga	Potencia
(Presión de combustible)	25,2 ltrs/min 6,63 GPM	7 cc/rev	10 Hp 3600 rpm

Tabla 4: Presión que genera la bomba de alta presión.

Bomba Hidráulica	Psi	Bar
Sistema de baja presión	3127,08	220
Sistema de alta presión	18478,20	1300

6. CIRCUITO ELÉCTRICO.

Los motores eléctricos trifásicos son más eficientes que los motores monofásicos y consumen menos energía para una potencia nominal determinada. Debido a que un motor trifásico requiere menos amperaje que uno monofásico de la misma potencia nominal, éste puede ser cableado con cables conductores de una menor sección.

Para el banco de pruebas se necesitan dos fuentes externas, una de 220 voltios de corriente alterna, y una de 110 voltios de corriente alterna.

La fuente de 220 voltios es para alimentar el variador de velocidad, y este a su vez alimentar al motor trifásico. Donde el esquema de conexión del motor variador es el siguiente.

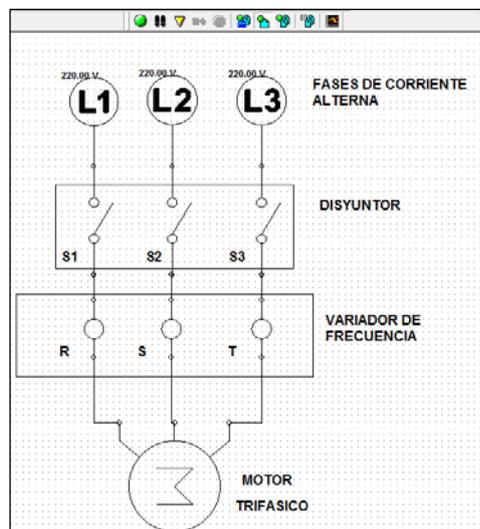


Figura 4: Conexión eléctrica de motor – variador.

El variador tiene como única función controlar las revoluciones de la bomba por lo cual se lo hace por medio de este pequeño control.

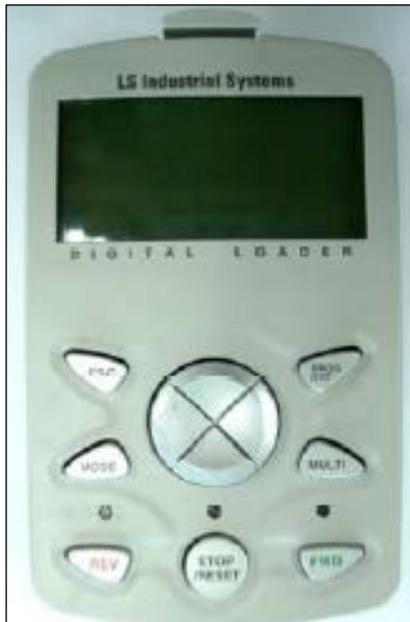


Figura 5: Control del variador.

A continuación esta descrito el uso del teclado de este control, donde no es difícil de operar debido a que posee un menú de fácil manejo y amigable.

Sección	Botones	Nombre de tecla	Descripción de la función
TECLA		Tecla MODE	- Cambiar de modo
		Tecla PROGRAM	- Escribir, cambiar y guardar datos en códigos de parámetros
		Tecla Subir	- Se usan cuando se escriben datos o al moverse entre códigos
		Teclas Izquierda / Derecha	- Mover entre grupos - Mover el cursor al escribir
		Tecla Multifunción	- Registrar códigos de operación por impulsos (Jog) o definidos por el usuario
		Tecla ESC	- Al escribir es posible usar datos guardados previamente pulsando este botón antes de la tecla PROGRAM - Pasar al primer código cuando es necesario moverse entre códigos en un grupo - Pasar al modo Monitoreo cuando se cambia de modo
		Tecla FORWARD	- El motor gira en la dirección de avance
		Tecla REVERSE	- El motor gira en la dirección de retroceso
	Tecla STOP/RESET	- Parar durante el funcionamiento - Reseteo de un disparo, si se produce	

Figura 6: Descripción de teclas.

La otra fuente externa de 110 voltios de corriente alterna, se lo utiliza para la iluminación, así como también para la fuente de 12 voltios para la activación de los inyectores, entre otros.

También se utiliza para la fuente de 5 voltios para el control de la parte electrónica.

7. DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIÓN DEL CONTROL ELECTRÓNICO.

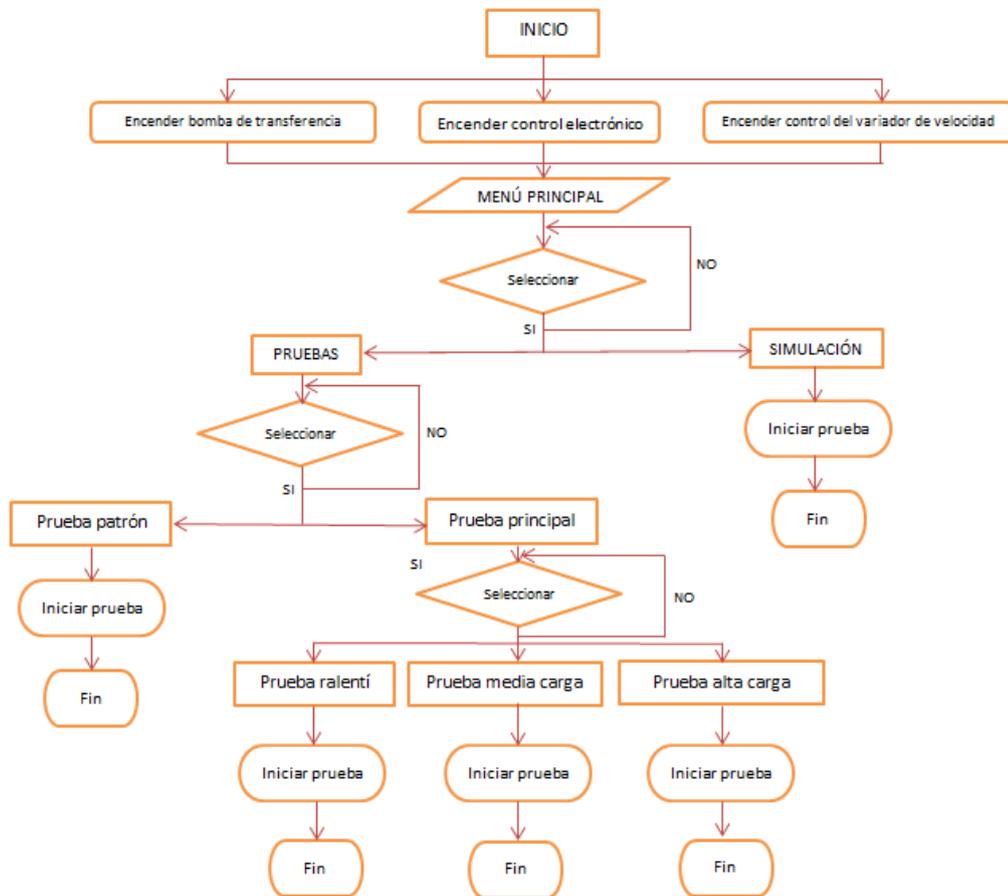


Figura 7: Diagrama de flujo de operaciones.

8. PREPARACIÓN Y UTILIZACIÓN DEL EQUIPO DE PRUEBAS

- Verificar y completar el tanque con diesel limpio.
- Observar que el filtro de combustible esté libre de impurezas.
- Revisar que todos los sockets de conexión a sensores o actuadores estén bien asegurados.
- Asegurar las tapas desmontables.
- Conectar los respectivos cables a la fuente de 220 VAC y 110 VDC.
- Encender la iluminación del banco.
- Las probetas deben estar vacías, caso contrario vaciarlas accionando el interruptor de la bomba de succión.
- Las probetas se vacían una por una, por lo cual los indicadores debajo de las probetas deben estar encendido, lo cual indica la probeta que se está vaciando.
- Después de vaciar cada probeta no olvide verificar que los indicadores debajo de cada probeta estén apagados, caso contrario apagarlos pulsando los interruptores.
- También deben estar vacías las probetas de retorno, si no la están vaciarlas haciendo girar la palanca que se encuentra a lado del banco.
- Encender el control electrónico, accionando el interruptor en el panel de control.
- Antes de poner en marcha el motor eléctrico, primero encender la bomba de transferencia, para mantener la bomba de alta presión con suficiente alimentación de diesel.

- Accionar el switch de paso de corriente al variador. Una vez accionado automáticamente se enciende la pantalla del control del variador.
- Con la ayuda de este control, seleccionar por medio de las flechas las rpm a las que va a trabajar. Las rpm se las puede variar sin necesidad de parar el motor eléctrico.
- El control posee un botón de stop o paro de emergencia, el cual directamente apaga el motor eléctrico, y se detiene inmediatamente.
- Con la ayuda del control electrónico, y el teclado seleccionar las pruebas a realizar, trabajando estrictamente tal y como se lo va a realizar en las siguientes hojas de pruebas.

Este orden de preparación y utilización del banco debe realizarse sin saltarse ningún paso.

ADVERTENCIA: No encender el equipo de pruebas, si los inyectores aún no están en su posición de trabajo y asegurados correctamente, esto ocasionará que el diesel salga por las cavidades y debido a la presión generada, puede causar un accidente.

9. MODO DE OPERACIÓN DEL EQUIPO.

Tabla 5: Menú y modo de operación.

MENÚ PRINCIPAL	SUBMENÚS	RPM	TIEMPO DE ACTIVACIÓN (ms)	TIEMPO DE REPOSO (ms)	NÚMERO DE INYECCIONES	
PRUEBAS	P. PATRÓN	400	100	/	1	
	P. PRINCIPAL	RALENTÍ	400	0,7	6,1	400
		MEDIA CARGA	800	0,7	6,1	800
		ALTA CARGA	1400	1	6,1	1400
SIMULACIÓN		400	0,7	100	/	

Fuente: Allaica, Córdor.

Al encender el control electrónico, en la pantalla LCD aparecen las siguientes opciones. Con los navegadores se escogen las distintas pruebas a realizar, según la necesidad del operador.



Figura 8: Menú inicial.

MANTENIMIENTO.

Para el correcto funcionamiento del banco, no olvide dar siempre un mantenimiento.

- Revisar el nivel de diesel en el depósito.
- Verificar la ausencia de polvo u otro contaminante dentro o fuera de los elementos del banco.
- Observar que las conexiones eléctricas, estén todas conectadas y no estén flojas.
- Verificar el filtro de diesel no se encuentre con suciedad.
- Revisar conductos de alta y baja presión, los cuales estén correctamente acoplados.
- Encender el control electrónico y verificar que esté trabajando la IPR.
- Asegurar que el banco se encuentre en un lugar sin humedad y totalmente llano.
- Revisar el ajuste de las cañerías al riel, bomba e inyector.

INFORMACIÓN DE SEGURIDAD.

Muchos de los accidentes en la operación del equipo pueden ser causados por fallos en reglas básicas de seguridad o precauciones que el especialista no debe olvidar.

Un accidente puede evitarse mediante el reconocimiento de antemano la situación de peligro potencial. Se diseñó al equipo para que su manejo sea amigable y seguro, cuidando principalmente la seguridad del operador, pero siempre se debe tener cuidado y precaución al utilizar el equipo.

ADVERTENCIAS, PRECAUCIONES Y NOTAS.

Todo lo visible a continuación, indicadas por las palabras advertencia y precaución es información proveniente de riesgos potenciales para el personal y el equipo a utilizar u observar el banco. Ignorar estas notas puede dar lugar a graves riesgos al personal y daño del equipo.

ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES GENERALES.

Son instrucciones que son provistas para evitar que el personal se lesione o el equipo sufra algún desperfecto o avería.

	No iniciar la prueba a menos que los inyectores estén totalmente montados y sujetos en su base.
	Llevar a cabo inspecciones periódicas para asegurarse de que todas las conexiones de alta presión están apretadas seguramente.
	Verificar el nivel del líquido de calibración, para evitar daños al sistema hidráulico.

	Los equipos de soldadura por arco no deben ser operados dentro de los 5 metros del banco de pruebas. Soldadura por arco pueden perturbar los circuitos eléctricos.
	Colocar el banco en un lugar ventilado adecuadamente, para mantener el enfriamiento en el motor eléctrico, variador de velocidad y fuentes de alimentación. Utilizar diesel totalmente limpio y puro.
	Asegurar un buen nivel de iluminación para un uso seguro y eficiente del equipo de operación.
	Remover los elementos de limpieza del banco de pruebas antes de comenzar.
	Los tapones de oído deben ser utilizados por todas las personas que se encuentren en el área, puesto que la baja frecuencia del ruido puede dañar el oído interno y causar sordera.
	Utilizar gafas debido a que el banco genera una alta presión del fluido capaz de volar y esparcirse rápidamente y causar daños en los ojos si existe una pequeña fuga, así como irritar los ojos.
	No exponga las manos, ni el cuerpo siempre que haya una pulverización de fluido especialmente dada en los inyectores. La alta presión de inyección podría causar daños fatales.
	Aislar el suministro eléctrico antes de realizar cualquier operación de mantenimiento. No trabaje con equipos eléctricos mientras el voltaje se suministra.
	Calzado de seguridad deben ser utilizados en el área de prueba en todo momento.
	No debe haber llamas libres. Vapores potencialmente inflamables están presentes en el banco de pruebas. Fumar durante el funcionamiento del equipo está estrictamente prohibido.

**ANEXO “C” GUÍA DE PRUEBAS DEL BANCO DE SIMULACIÓN RIEL
COMÚN.**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ INFORME DE PRUEBA INYECTOR RIEL COMÚN			
PRACTICA N°	1	INTEGRANTES:	
FECHA DE REALIZACIÓN		FECHA DE ENTREGA:	
TEMA:	PRUEBA PATRÓN		CALIFICACIÓN:

1. OBJETIVOS.

- Verificar activación de todas las bobinas del inyector.
- Observar la pulverización de cada inyector.

2. MATERIALES.

- Banco de pruebas.
- Equipo de protección personal.
- Franela.
- Herramientas de ajuste.

3. DESARROLLO.

- Encender las luces del banco para mejor visualización.
- Accionar el switch de la bomba de transferencia para alimentar a la bomba de alta presión.
- Activar el control electrónico y visualizar el menú en la pantalla lcd.
- Con la ayuda del teclado seleccionar las pruebas en el menú principal, ahí está la opción prueba patrón que es la prueba a realizar.
- Poner en marcha el motor eléctrico con la ayuda del control del variador, seleccionando la velocidad de giro a 400 rpm de la bomba, debido a que la bomba gira a la mitad de lo que gira el motor en su funcionamiento real. En este caso sería trabajar a 800 rpm o ralentí.
- Una vez realizado esto, en el teclado pulsar la tecla "ok" y el banco dará un pulso a los cuatro inyectores cada vez que se presione esta tecla.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5. CONCLUSIONES.

6. RECOMENDACIONES.

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ INFORME DE PRUEBA INYECTOR RIEL COMÚN			
PRACTICA N°	2	INTEGRANTES:	
FECHA DE REALIZACIÓN		FECHA DE ENTREGA:	
TEMA:	PRUEBA RALENTÍ		CALIFICACIÓN:

1. OBJETIVOS.

- Realizar mediciones de caudal de inyección principal de cada inyector a ralentí.
- Realizar mediciones de caudal de retorno de cada inyector a ralentí.

2. MATERIALES.

- Banco de pruebas.
- Equipo de protección personal.
- Franela.
- Herramientas de ajuste.

3. DESARROLLO.

- Encender las luces del banco para mejor visualización.
- Accionar el switch de la bomba de transferencia para alimentar a la bomba de alta presión.
- Activar el control electrónico y visualizar el menú en la pantalla lcd.
- Con la ayuda del teclado seleccionar pruebas en el menú principal, una vez aquí elegir prueba principal y dar "ok", una vez aquí elegir la opción de prueba ralentí.
- Poner en marcha el motor eléctrico con la ayuda del control del variador, seleccionando la velocidad de giro a 400 rpm de la bomba, debido a que la bomba gira a la mitad de lo que gira el motor en su funcionamiento real. En este caso sería trabajar a 800 rpm o ralentí.
- Una vez realizado esto, en el teclado pulsar la tecla "ok" y el banco realizará la prueba seleccionada, la cual es ralentí.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5. CONCLUSIONES.

6. RECOMENDACIONES.

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ INFORME DE PRUEBA INYECTOR COMMON RAIL			
PRACTICA N°	3	INTEGRANTES:	
FECHA DE REALIZACIÓN		FECHA DE ENTREGA:	
TEMA:	PRUEBA MEDIA CARGA		CALIFICACIÓN:

1. OBJETIVOS.

- Realizar mediciones de caudal de inyección principal de cada inyector a media carga.
- Realizar mediciones de caudal de retorno de cada inyector a media carga.

2. MATERIALES.

- Banco de pruebas.
- Equipo de protección personal.
- Franela.
- Herramientas de ajuste.

3. DESARROLLO.

- Encender las luces del banco para mejor visualización.
- Accionar el switch de la bomba de transferencia para alimentar a la bomba de alta presión.
- Activar el control electrónico y visualizar el menú en la pantalla lcd.
- Con la ayuda del teclado seleccionar pruebas en el menú principal, una vez aquí elegir prueba principal y dar "ok", una vez aquí elegir la opción de prueba media carga.
- Poner en marcha el motor eléctrico con la ayuda del control del variador, seleccionando la velocidad de giro a 800 rpm de la bomba, debido a que la bomba gira a la mitad de lo que gira el motor en su funcionamiento real. En este caso sería trabajar a 1600 rpm o media carga.
- Una vez realizado esto, en el teclado pulsar la tecla "ok" y el banco realizara la prueba seleccionada, la cual es media carga.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5. CONCLUSIONES.

6. RECOMENDACIONES.

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ INFORME DE PRUEBA INYECTOR RIEL COMÚN			
PRACTICA N°	4	INTEGRANTES:	
FECHA DE REALIZACIÓN		FECHA DE ENTREGA:	
TEMA:	PRUEBA ALTA CARGA		CALIFICACIÓN:

1. OBJETIVOS.

- Realizar mediciones de caudal de inyección principal de cada inyector a alta carga.
- Realizar mediciones de caudal de retorno de cada inyector a alta carga.

2. MATERIALES.

- Banco de pruebas.
- Equipo de protección personal.
- Franela.
- Herramientas de ajuste.

3. DESARROLLO.

- Encender las luces del banco para mejor visualización.
- Accionar el switch de la bomba de transferencia para alimentar a la bomba de alta presión.
- Activar el control electrónico y visualizar el menú en la pantalla lcd.
- Con la ayuda del teclado seleccionar pruebas en el menú principal, una vez aquí elegir prueba principal y dar "ok", una vez aquí elegir la opción de prueba alta carga.
- Poner en marcha el motor eléctrico con la ayuda del control del variador, seleccionando la velocidad de giro a 1400 rpm de la bomba, debido a que la bomba gira a la mitad de lo que gira el motor en su funcionamiento real. En este caso sería trabajar a 2800 rpm o alta carga.
- Una vez realizado esto, en el teclado pulsar la tecla "ok" y el banco realizara la prueba seleccionada, la cual es alta carga.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5. CONCLUSIONES.

6. RECOMENDACIONES.

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ INFORME DE PRUEBA INYECTOR RIEL COMÚN			
PRACTICA N°	5	INTEGRANTES	
FECHA DE REALIZACIÓN		FECHA DE ENTREGA:	
TEMA:	SIMULACIÓN		CALIFICACIÓN:

1. OBJETIVOS.

- Observar el funcionamiento del sistema riel común.

2. MATERIALES.

- Banco de pruebas.
- Equipo de protección personal.
- Franela.
- Herramientas de ajuste.

3. DESARROLLO.

- Encender las luces del banco para mejor visualización.
- Accionar el switch de la bomba de transferencia para alimentar a la bomba de alta presión.
- Activar el control electrónico y visualizar el menú en la pantalla lcd.
- Con la ayuda del teclado seleccionar la simulación en el menú principal.
- Poner en marcha el motor eléctrico con la ayuda del control del variador, seleccionando la velocidad de giro a 400 rpm de la bomba, debido a que la bomba gira a la mitad de lo que gira el motor en su funcionamiento real. En este caso sería trabajar a 800 rpm o ralenti.
- Una vez realizado esto, en el teclado pulsar la tecla "ok" y el banco dará pulsos indefinidos a los cuatro inyectores hasta que se presione la tecla de regreso.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5. CONCLUSIONES.

6. RECOMENDACIONES.

ANEXO “D” ARTICULO DEL PROYECTO

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

EXTENSIÓN LATACUNGA

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los Señores Christian Wladimir Allaica Tzetzta y Milton Rodrigo Córdor Robalino bajo mi supervisión.

.....

Ing. LUIS MENA
DIRECTOR DEL PROYECTO

.....

Ing. GERMAN ERAZO
CODIRECTOR DEL PROYECTO

.....

Ing. JUAN CASTRO
DIRECTOR DE LA CARRERA

.....

Dr. FREDDY JARAMILLO CHECA
SECRETARIO ACADÉMICO