



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

TEMA:

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS
PARA LA BOMBA ROTATIVA DIESEL BOSCH VP44**

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

AUTORES:

JUAN GABRIEL BETANCOURTH LEÓN

EDWIN SANTIAGO LEÓN RIVERA

GUAYAQUIL, OCTUBRE 2014

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
ÍNDICE GENERAL.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvii
CERTIFICACIÓN.....	xviii
DEDICATORIA	xx
AGRADECIMIENTO	xxii
CAPÍTULO I.....	1
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN Y MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Definición del problema	1
1.2. Ubicación del problema en su contexto	2
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Formulación del problema	4
1.5. Alcance.....	4
1.5.1 Delimitación temporal.....	4

1.5.2 Delimitación geográfica	4
1.5.3 Delimitación del contenido.....	5
1.5.4 Métodos.....	5
1.5.5 Tipo de estudio.....	6
1.5.6 Población y muestra	6
1.5.6.1. Población.....	7
1.5.7 Recolección de información	8
1.5.8 Reactivos de investigación	8
1.5.9 Procesamiento de la información	9
1.6. Sistematización del problema	9
1.7. Justificación e importancia del problema	9
1.7.1 Justificación teórica	9
1.7.2 Justificación metodológica.....	10
1.7.3 Justificación práctica	10
1.8. Hipótesis.....	11
1.9. Marco referencial	11
1.9.1. Bombas VP44.....	11
1.9.2. Composición del sistema de bombas VP44	15
1.9.3. Principales problemas de las bombas VP44	25
1.9.4. Banco de pruebas	26
1.9.5. Sensores	27
1.9.5.1. Sensores TPS	28
1.9.5.2. Sensores IAT y MAF	32
1.9.5.3. Sensor de Presión Absoluta (MAP).....	37

1.9.5.4. Sensor de Temperatura del Refrigerante (WTS).....	41
1.9.5.5. Sensores VSS.....	45
1.9.5.6. Sensor de posición del cigüeñal CKP	49
1.9.6. Módulo de Control del Motor (ECU)	51
1.9.6.1. Diagrama eléctrico de la ECU	53
1.9.6.2. Diagrama de pines	55
1.9.7. Módulo de control de la bomba (PSG)	61
1.9.7.1. Diagrama de pines de la PSG.....	62
1.9.7.2. Intercambio de datos con el módulo de control y el módulo de control de la bomba.....	65
1.9.8. Sensor del ángulo de rotación	67
1.9.9. Electroválvula de alta presión.....	69
1.9.10. Bomba de inyección	71
1.9.11. Inyectores.....	72
1.9.12. Ejecuciones.....	77
1.9.13. Conector DLC (Data Link Conector).....	81
1.9.14. Datos de información del programa PIDS	83
1.9.15. Motor eléctrico.....	84
CAPÍTULO II.....	86
DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE PRUEBAS.....	86
2.1. Sistema de banco de pruebas.....	86
2.2. Sistema de control.....	86
2.2.1. Sistema Electrónico.....	88

2.2.1.1. Parámetros de construcción.....	88
2.2.1.2. Microprocesador 16F866.....	92
2.2.1.3. Modulo programable (MÓDULO M.E. I&T 04).....	92
2.2.1.4. LCD 16X2.....	94
2.2.1.5. Diseño del circuito sensor TPS	97
2.2.1.6. Diseño del circuito sensor MAF	98
2.2.1.7. Diseño del circuito sensor vacío (MAP).....	99
2.2.1.8. Diseño del circuito sensor IAT	100
2.2.1.9. Diseño del circuito sensor WTS	102
2.2.1.10. Diseño del circuito sensor VSS	104
2.2.1.11. Sistema eléctrico de potencia.....	105
2.2.1.12. Diseño del circuito eléctrico.....	106
2.2.1.13. Componentes	106
2.3. Sistema de combustible	107
2.3.1. Línea de baja presión y retorno.....	108
2.3.2. Línea de alta presión.....	109
2.4. Sistema de potencia trifásica.....	110
2.4.1 Componentes.....	112
2.4.1.1. Breaker o Disyuntor.....	112
2.4.1.2. Variador de frecuencia	112
2.4.1.3 Motor eléctrico.....	113
2.4.1.4. Funcionamiento del sistema.....	119
2.5. Sistema mecánico	123
2.5.1. Bomba VP44	123

2.6. Elaboración de planos.....	125
2.7. Compilador MikroBasic.....	125
2.8. Diagrama de flujo	125
2.9. PICKIT 2.....	127
2.10. Estructura del Banco de Pruebas para la bomba	128
2.11. Vistas de la Estructura del Banco de Pruebas	128
2.12. Banco de Pruebas para la bomba VP 44	129
2.13. Vistas del Banco de Pruebas para la bomba VP 44.....	129
CAPÍTULO III.....	130
CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE PRUEBAS PARA LA BOMBA VP 44	130
3.1. Sistemas del Banco de Pruebas para la bomba VP 44.....	130
3.1.1. Bastidor	130
3.1.3 Selección de materiales.	132
3.1.3.1 Tool galvanizado.	132
3.2. Tubo cuadrado.....	133
3.2.1 Electrodo 6011.....	136
3.2.2 Garrucha.....	139
3.2.3 Pintura	140
3.3 Sistema de control	142
3.3.1 Sistema electrónico	142
3.3.2 Sistema eléctrico de control	144
3.4 Sistema de combustible	145

3.4.1 Línea de alta presión	145
3.4.2 Línea de baja presión o retorno.....	145
3.4.3 Tanque de combustible	146
3.4.4 Filtro de combustible	146
3.5. Sistema de potencia trifásica.....	148
3.5.1 Motor eléctrico.....	148
3.5.2. Sistema mecánico	148
3.5.2.1. Bomba VP44	149
3.6. Ensamblaje Elementos del Banco de Pruebas.....	149
3.6.1 Ensamblaje del Bastidor.....	150
3.7. Ensamblaje del Sistema de control	150
3.7.1. Sistema electrónico	150
3.7.2. Sistema eléctrico de control	151
3.7.3 Ensamblaje Sistema de combustible.....	152
3.7.3.1. Línea de alta presión	152
3.7.3.2. Línea de baja presión o retorno.....	154
3.7.4. Ensamblaje del Sistema de potencia trifásica	154
3.7.4.1 Motor eléctrico.....	154
3.8. Ensamblaje Sistema mecánico	155
3.8.1. Bomba VP44	155

CAPÍTULO IV.....	157
COMPROBACIÓN DE PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS	157
4.1. Verificación de la presión del combustible.....	157
4.2. Pruebas de sensores y actuadores	161
4.2.1. Pruebas de desempeño de sensor TPS.....	162
4.2.2. Pruebas de desempeño de sensor MAF	163
4.2.3. Pruebas de desempeño de sensor IAT	164
4.2.4. Pruebas de desempeño de sensor WTS.....	165
4.2.5. Pruebas de desempeño de sensor VSS	165
4.2.6. Lámpara indicadora de mal funcionamiento (MIL)	166
4.2.7. Lámpara indicadora del tiempo de luminosidad de bujías de precalentamiento.....	167
4.2.8. Bujías De Precalentamiento	168
4.2.9. Recirculación de gases de escape (EGR).....	169
4.3. Pruebas de funcionamiento.....	170
CAPÍTULO V.....	175
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	175
5.1. Conclusiones	175
5.2. Recomendaciones	177

BIBLIOGRAFÍA.....	178
ANEXOS.....	181
ANEXO “A”.....	181
ANEXO “B”.....	185
ANEXO “C”.....	186
ANEXO “D”.....	187
ANEXO “E”.....	188

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Laboratorios de la ciudad de Guayaquil.....	7
Tabla 2 Especificaciones de las bombas VP44	14
Tabla 3 Características del sensor TPS.....	30
Tabla 4 Tabla de voltaje.....	31
Tabla 5 Características de los sensores IAT y MAF.	35
Tabla 6 Tabla de voltaje.....	35
Tabla 7 Características del sensor TPS.....	39
Tabla 8 Tabla de voltaje.....	40
Tabla 9 Características del sensor TPS.....	43
Tabla 10 Tabla de voltaje.....	44
Tabla 11 Características del sensor TPS.....	47
Tabla 12 Tabla de voltaje.....	47
Tabla 13 Señal de salida y clavijas en el conector ECM 4JH1-TC (a).....	56
Tabla 14 Señal de salida y clavijas en el conector ECM 4JH1-TC (b).....	57
Tabla 15 Señal de salida y clavijas en el conector ECM 4JH1-TC (c).	58
Tabla 16 Señal de salida y clavijas en el conector ECM 4JH1-TC (d).....	59
Tabla 17 Señal de salida y clavijas en el conector ECM 4JH1-TC (e).....	60
Tabla 18 Denominación de cables y coloración de los cables de PSG ..	62
Tabla 19 Señal de salida y clavijas en el conector PSG 4JH1-TC.....	64
Tabla 20 Señales analógicas	65
Tabla 21 Parámetros de calibración	72
Tabla 22 Calibraciones de la bomba.....	72
Tabla 23 Calibraciones	81
Tabla 24 Información del programa PIDS.....	83
Tabla 25 Especificaciones del motor eléctrico	85
Tabla 26 Pruebas de desempeño del sensor TPS.....	97
Tabla 27 Pruebas de desempeño del sensor MAF	98

Tabla 28 Pruebas de desempeño del sensor vacío MAP	99
Tabla 29 Pruebas de desempeño del sensor IAT	100
Tabla 30 Temperatura, resistencia y voltaje	100
Tabla 31 Sensor WTS.....	103
Tabla 32 Sensor VSS	104
Tabla 33 Características del motor eléctrico.....	114
Tabla 34 Características de tubo estructural cuadrado.....	134
Tabla 35 Especificaciones de tubo estructural cuadrado.....	135
Tabla 36 Características del ASTM A500	135
Tabla 37 Nominación de electrodos 6011	137
Tabla 38 Tipos de electrodos.....	138
Tabla 39 Pintura.....	140
Tabla 40 Funcionamiento de velocidades.....	152
Tabla 41 Prueba 500 rpm	158
Tabla 42 Prueba 750 rpm	158
Tabla 43 Prueba 1000 rpm	159
Tabla 44 Prueba 1250 rpm	160
Tabla 45 Pruebas de desempeño del sensor TPS.....	162
Tabla 46 Pruebas de desempeño del sensor MAF	163
Tabla 47 Pruebas de desempeño del sensor IAT	164
Tabla 48 Pruebas de desempeño de sensor WTS	165
Tabla 49 Sensor VSS	165
Tabla 50 Caudal a 500 rpm	170
Tabla 51 Caudal a 750 rpm	171
Tabla 52 Caudal a 1000 rpm	172
Tabla 53 Caudal a 1250 rpm	173

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa Ciudad de Guayaquil	5
Figura 2 Bomba de inyección de pistón radial VP44 de Bosch.....	16
Figura 3 Bomba alimentación de aletas	18
Figura 4 Válvula reguladora de presión	18
Figura 5 Válvula de estrangulador de rebose	19
Figura 6 Circuito de baja presión	19
Figura 7 Circuito de alta presión	20
Figura 8 Fase de llenado	21
Figura 9 Línea de baja presión	22
Figura 10 Esquema del variador de avance	23
Figura 11 Sensor de ángulo de rotación	24
Figura 12 Sensor de posición del acelerador D-Max 3.0	29
Figura 13 Señal de osciloscopio y circuito eléctrico del sensor TPS	30
Figura 14 Circuito de operación del sensor de Posición del acelerador. .	31
Figura 15 Curva característica del sensor de posición del acelerador.....	32
Figura 16 Sensor IAT y MAF de la D-Max 3.0	33
Figura 17 Señal osciloscopio y circuito de sensor MAF.....	34
Figura 18 Señal osciloscopio y circuito de sensor IAT	34
Figura 19 Circuito de operación de los sensores IAT y MAF	36
Figura 20 Curva característica del sensor MAF	36
Figura 21 Curva característica del sensor IAT.....	37
Figura 22 Sensor de presión de aire de la D-Max 3.0.....	38
Figura 23 Señal de osciloscopio y circuito eléctrico del sensor MAP.....	39
Figura 24 Circuito de operación del Sensor de Presión Absoluta.....	40
Figura 25 Curva característica del Sensor de Presión Absoluta.....	41
Figura 26 Sensor de Temperatura del Refrigerante.....	42
Figura 27 Señal de osciloscopio y circuito eléctrico del sensor WTS	43

Figura 28 Curva característica del sensor de Temperatura del Refrigerante	44
Figura 29 Sensor de Velocidad del Vehículo	45
Figura 30 Señal de osciloscopio y circuito eléctrico del sensor VSS	46
Figura 31 Circuito de operación del sensor de Velocidad del Vehículo ...	48
Figura 32 Curva característica del sensor de Velocidad del Vehículo.	48
Figura 33 Sensor de posición del cigüeñal	49
Figura 34 Señal del Osciloscopio y Circuito de CKP	50
Figura 35 Circuito de operación del CKP	50
Figura 36 Curva Característica CKP	51
Figura 37 Diagrama 4JH1-TC (A)	53
Figura 38 Diagrama 4JH1-TC (B)	54
Figura 39 Vista interior del conector.	55
Figura 40 Vista interior del conector del PSG.	63
Figura 41 Componentes de la bomba rotativa de inyección de émbolos radiales	67
Figura 42 Sensor del ángulo de rotación en un eje de accionamiento.....	68
Figura 43 Generación de la señal de activación para la electroválvula de alta presión	69
Figura 44 Bomba VP 44.....	71
Figura 45 Inyectores	73
Figura 46 Comparación de la evolución de carrera de aguja.....	74
Figura 47 Comparación de un curva de carrera de aguja con la correspondiente curva de tensión de señal del sensor de movimiento de aguja	75
Figura 48 Cono del chorro	76
Figura 49 Inyector de taladro ciego.....	77
Figura 50 Formas de taladro ciego	78
Figura 51 Conector DLC (Data Link Connector)	82
Figura 52 Data Link Conector	82

Figura 53 Motor eléctrico	84
Figura 54 Sistema electrónico.....	87
Figura 55 Microcontrolador	88
Figura 56 Microcontrolador arquitectura	88
Figura 57 Puertos de entrada y salida	92
Figura 58 Modulo programable arquitectura	93
Figura 59 LCD 16x2.....	94
Figura 60 Diagrama esquemático.....	95
Figura 61 Diagrama de PINES.....	96
Figura 62 Corrector 1DC 5X2	96
Figura 63 Simulación del Circuito Sensor TPS	98
Figura 64 Simulación del Circuito Sensor MAF.....	99
Figura 65 Simulación del Sensor vacío MAP	100
Figura 66 Simulación del Circuito del sensor IAT	102
Figura 67 Simulación del Sensor WTS	104
Figura 68 Simulación del Sensor VSS.....	105
Figura 69 Sistema de control de mando	106
Figura 70 Diseño del sistema de combustible	107
Figura 71 Línea de baja presión o retorno.....	108
Figura 72 Circuito de baja presión	109
Figura 73 Línea de alta presión	109
Figura 74 Circuito de alta presión	110
Figura 75 Sistema de control de fuerza	111
Figura 76 Breaker o Disyuntor	112
Figura 77 Variador de frecuencia.....	113
Figura 78 Circuito de Activación	120
Figura 79 Funcionamiento correcto del circuito	121
Figura 80 Activación del termistor.....	122
Figura 81 Activación del paro de emergencia.....	122
Figura 82 Bombas de UPP44	123

Figura 83 Simulación en Proteus 1	124
Figura 84 Simulación en Proteus 1	124
Figura 85 Diagrama de flujo.....	126
Figura 86 Programación en PICKIT 2	127
Figura 87 Estructura de banco de prueba.....	128
Figura 88 Banco de pruebas en 3D	129
Figura 89 Corte de materiales.....	130
Figura 90 Tubo cuadrado 1"x2mm.....	131
Figura 91 Construcción del bastidor	131
Figura 92 Tool.....	133
Figura 93 Tubo estructural cuadrado	134
Figura 94 Tubo cuadrado.....	136
Figura 95 Electrodo para aceros al carbono	137
Figura 96 Electrodo.....	139
Figura 97 Proceso de soldadura	141
Figura 98 Prueba del sistema electrónico	142
Figura 99 Módulo programable	143
Figura 100 Captura de pantalla de LCD	143
Figura 101 Botón tipo hongo.....	144
Figura 102 Variador de frecuencia.....	144
Figura 103 Línea de alta presión	145
Figura 104 Línea de baja presión o retorno	145
Figura 105 Tanque de combustible.....	146
Figura 106 Filtro elemento	147
Figura 107 Filtro de combustible.....	147
Figura 108 Conjunto del motor eléctrico	148
Figura 109 Bomba VP44.....	149
Figura 110 Ensamblaje de bastidor	150
Figura 111 Ensamblaje del sistema electrónico.....	151
Figura 112 Sistema eléctrico de control.....	151

Figura 113 Línea de alta presión	152
Figura 114 Conjunto Probetas	153
Figura 115 Manómetro de 3.000 psi	153
Figura 116 Manómetro de 30 psi	154
Figura 117 Motor Eléctrico	155
Figura 118 Bomba VP44.....	156
Figura 119 Banco de pruebas.....	157
Figura 120 Prueba 500 rpm	158
Figura 121 Prueba 750 rpm	159
Figura 122 Prueba 1000 rpm	160
Figura 123 Prueba 1250 rpm	161
Figura 124 Comparación de desempeño TPS	162
Figura 125 Comparación de desempeño MAF	163
Figura 126 Comparación de desempeño IAT	164
Figura 127 Comparación de desempeño WTS	165
Figura 128 Comparación de desempeño VSS.....	166
Figura 129 Luz MIL	167
Figura 130 Lámpara de bujías de precalentamiento.....	168
Figura 131 Simulación de las bujías de precalentamiento.....	169
Figura 132 Simulación de la EGR.....	170
Figura 133 Caudal 500 rpm	171
Figura 134 Caudal 750 rpm	172
Figura 135 Caudal 1000 rpm	173
Figura 136 Caudal 1000 rpm	174

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Relación inyector.....	80
Ecuación 2 Voltaje y señal TPS	97
Ecuación 3 Voltaje de señal de IAT	101
Ecuación 4 Resistencia interna de IAT	101
Ecuación 5 Resistencia de sensor IAT	101
Ecuación 6 Voltaje de sensor WTS.....	103
Ecuación 7 Torque máximo	114
Ecuación 8 Fuerza tangencial.....	115
Ecuación 9 Fuerza radial (FR)	116
Ecuación 10 Corriente de consumo	116
Ecuación 11 Potencia del motor eléctrico	117
Ecuación 12 Eficiencia del motor	117
Ecuación 13 Pérdidas en el motor eléctrico	118
Ecuación 14 Volumen	118
Ecuación 15 Peso de combustible.....	119

CERTIFICACIÓN

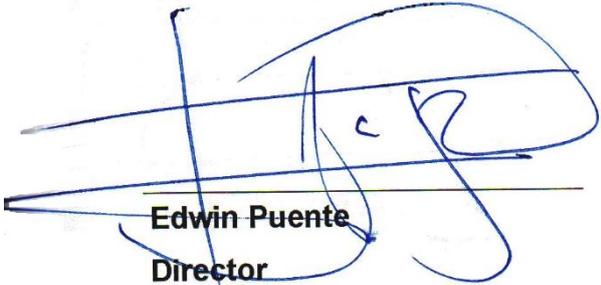
Yo, Juan Gabriel Betancourth León, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y se ha consultado a la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que se publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, Reglamento y leyes.



Juan Gabriel Betancourth León
C.I.: 0925041469

Yo, Ing. Edwin Puente, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo él responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Edwin Puente
Director

CERTIFICACIÓN

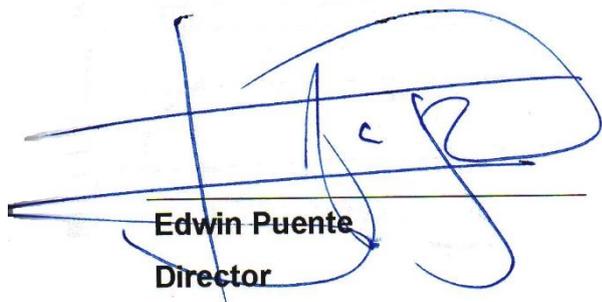
Yo, Edwin Santiago León Rivera, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y se ha consultado a la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que se publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, Reglamento y leyes.



Edwin Santiago León Rivera
C.I.: 1718264466

Yo, Ing. Edwin Puente, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo él responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Edwin Puente
Director

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a todas las personas que me han dado su sincero ánimo a seguir adelante en la carrera, que han estado allí para no dejarme bajar los brazos o tirar la toalla y hasta empujado a salir adelante. A las futuras personas que puedan leer este proyecto y decirles que se por lo que están, van o ya han pasado, sé que es difícil, complicado y duro; que requiere tiempo de parte de ustedes y dinero, pero quiero decirles que todo lo que vale la pena requiere de sacrificio y perseverancia; que al final la recompensa trae el sentimiento de satisfacción aun mayor que el ya invertido y que todo sueño que tengamos, podemos transformarlos en realidad, pero recuerden que en el proceso aparecerán obstáculos que al superarlos, nos impulsarán a realizar grandes cosas, cosas de las que creímos que no éramos capaces de realizar.

Juan Betancourth

DEDICATORIA

El presente proyecto, está dedicado a todas aquellas personas, que me han sabido transmitir su aliento para seguir y culminar este proyecto.

A mis padres, abuelitos y familiares, que siempre estuvieron conmigo en los buenos y malos momentos, enseñándome que las cosas se consiguen con sacrificio, esmero y dedicación.

A mi Melany, que aunque no esté conmigo ella ha sido y será la inspiración y orgullo para salir adelante.

Y por último quiero dedicar este proyecto a todas las personas que en su momento fueron los guías en mi formación, desde mi niñez hasta la etapa de adulto donde he culminado una etapa importante de mi vida.

Edwin León

AGRADECIMIENTO

A mis padres, Arq. Jorge Betancourth e Ing. Com. Marcia León, quienes siempre estuvieron a mi lado, brindándome su apoyo y ayuda en los momentos de tanta felicidad, así como de tristeza, y no importando mi edad, están presentes en mi vida y son ellos mis amigos infallibles, mis padres y mis consejeros. Y a mis hermanos y primos que a través de su ejemplo, aliento y ayuda he podido realizar poco a poco mis metas.

También un sincero agradecimiento a cada profesor de la UIDE extensión Guayaquil, que en el transcurso de estos 5 años fueron nutriendo mi conocimiento de esta profesión con sus clases, su paciencia, tolerancia y su preocupación por el alumno y que al final de la carrera se han convertido más que sus profesores, en amigos y en ejemplos a seguir, en especial al Ing. Edwin Puente, que a través de los largo de este proceso me ha brindado su tiempo, ayuda, consejos y conocimientos este proyecto no pudiera ser realizado.

A mis compañeros de la universidad también agradezco a cada uno de ellos por su ayuda bridada a lo largo del estudio de esta carrera a los cuales les doy mis palabras de aliento que si se puede, que este es el último esfuerzo y que den lo mejor de sí.

Juan Betancourth

AGRADECIMIENTO

A mis queridos padres, Sr. Edgar León y Sra. Beatriz Rivera, quienes siempre están en mi vida siendo mis consejeros y amigos.

Como no olvidar también, a cada uno de mis maestros de la UIDE-GUAYAQUIL, que día a día fueron con sus conocimientos, el pilar fundamental en mi desarrollo profesional, y de manera muy especial a todos mis CAMARADAS del C.L. 74 "HUANCAVILCA" y AMIGOS DE GUAYAQUIL, quienes fueron testigos y partícipes de cada día, noche y madrugada de sacrificio.

Y agradezco de manera muy especial a mi director de proyecto Ing. Edwin Puente, que con su colaboración, apoyo incondicional y amplio conocimiento fue parte fundamental en el desarrollo de este proyecto.

A todos y cada uno muchas gracias.

Edwin León

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN Y MARCO TEÓRICO

1.1. Definición del problema

Las bombas VP44 básicamente contiene un dispositivo electrónico que permite el uso eficaz del consumo en el sistema de combustible diesel de un vehículo, este tipo de bomba de inyección se diseñó con el propósito de cumplir con las normas de emisiones establecidas a nivel internacional como la “European emission standards” para países europeos, CARB para el estado de California, EPA para los Estados Unidos exceptuando California, y cumpliendo las normas INEN que rigen actualmente en el Ecuador, para poder cumplir con las regulaciones ambientales, las mismas que fueron diseñadas a fin de ser aplicadas en una variedad de motores.

Según lo determina Berger, (2008), “La última generación de la bomba VP44 tiene solo una unidad de control (PSG), que reúne todas las funciones en una sola unidad y está asentada directamente sobre la bomba”. (pág. 66)

Tal como lo establecen Berger, (2008), el diseño de las bombas VP44 se ha ido perfeccionando con el pasar de los años a fin de responder con las demandas del mercado y a la vez contribuir con la reducción de las emisiones contaminantes. Las bombas de inyección VP44 utilizan un juego de émbolos mecánicos para presurizar el combustible, y un distribuidor mecánico para dirigir el combustible al inyector correcto.

El funcionamiento de este tipo de bombas de inyección utiliza un módulo de control electrónico que recibe la información enviada desde el ECM¹, y a través de actuadores regula la entrega de combustible mediante la apertura y el cierre de los puertos de combustible en el interior del mecanismo de la bomba. La bomba devuelve esta información al ECM con respecto a su estado de funcionamiento actual.

Este tipo de bombas fue desarrollada por Bosch, la misma que se ha encargado de distribuirla a diferentes países a través de distribuidores autorizados, sin embargo para que éstas sean adaptadas sin problemas en un vehículo requiere una previa prueba debido a su complejidad, por lo tanto la investigación se desarrolla en base a la necesidad de construir un banco de pruebas para la implementación de este tipo de bombas, a fin de reducir los posibles problemas en su instalación y de responder con la creciente demanda de este tipo de bombas.

A pesar de que las bombas VP44 pueden representar beneficios no solo en el manejo del combustible sino también en la reducción de las emisiones del vehículo, la adaptación de una bomba VP44 suele ser compleja, y en caso de que no se realice de forma adecuada puede ocasionar problemas para el vehículo como el desgaste prematuro debido a la baja presión de combustible y otros problemas relacionados con la capacidad de conducción.

1.2. Ubicación del problema en su contexto

En Ecuador, el responsable de comercializar las bombas VP44 es Bosch y actualmente se ha registrado un incremento en la demanda de este tipo de bombas. Sin embargo, el problema se presenta por el hecho de que actualmente no se ha implementado un banco de pruebas para la adaptación de la bomba VP44 que permita que se desarrolle un adecuado

¹Módulo de control del motor.

diagnóstico para el vehículo y se puedan evitar los problemas que se generan por su inadecuada adaptación. Entre los vehículos que utilizan la bomba en el país tenemos NISSAN FRONTIER (D-22 2002-2008), DODGE RAM (5.9L 1998-2002), AUDI (A4-A6-A8), BMW (320d) Y CHEVROLET (D-MAX 3.0).

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Diseñar y construir un banco de pruebas para la bomba rotativa diesel Bosch VP44, con la finalidad de demostrar que se puede realizar este tipo de banco con el uso de materiales nacionales, dentro de la Facultad de Ingeniería de Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil.

1.3.2. Objetivos específicos

- Investigar el funcionamiento de la bomba VP44 dentro de un vehículo de inyección a diesel para delimitar los campos de investigación
- Estudiar el funcionamiento mecánico y electrónico de la bomba VP44, para establecer los posibles daños que puede tener la bomba VP44.
- Seleccionar los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos para el desarrollo de la investigación.
- Simular valores de operación eléctrica para activar la PSG.²
- Establecer los rangos de operación de las señales de entrada a la PSG de la bomba VP44, para simular señales necesarias para la activación de la misma.

²Módulo de control electrónico

- Emular el armado y comportamiento de los circuitos, para mostrar la secuencia de conexión de los mismos.
- Diseñar el banco de pruebas para la bomba VP44.
- Seleccionar materiales necesarios para construir banco de pruebas con materiales nacionales.
- Evidenciar el funcionamiento del equipo para comparar con los datos proporcionados por el fabricante.
- Evaluar los resultados obtenidos para verificar la conclusión del proyecto.

Generar un manual de funcionamiento y mantenimiento para el banco de prueba de la bomba Bosch VP44

1.4. Formulación del problema

¿Es factible el diseño y construcción de un banco de pruebas para la bomba rotativa diesel Bosch VP44? Debido a los elevados costos que representa la compra de este tipo de bancos, además del rubro y tiempo que genera la importación del equipo, es necesario el desarrollo de este tipo de banco con materiales nacionales, ya que el número de vehículos que utilizan este tipo de bomba ha ido aumentando paulatinamente.

1.5. Alcance

1.5.1 Delimitación temporal

La delimitación temporal se determina durante los meses de diciembre 2013 hasta agosto del año 2014, tiempo en el cual se desarrollará la investigación y se presentará la propuesta pertinente.

1.5.2 Delimitación geográfica

La delimitación geográfica se establece en base al lugar en donde se desarrollará la investigación, en este caso se considera la Ciudad de

Guayaquil, en la Facultad de Ingeniería de Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil.



Figura 1 Mapa Ciudad de Guayaquil

Fuente: (Google Maps, 2013)

1.5.3 Delimitación del contenido

La delimitación del contenido se determina en base a la información obtenida de la investigación pura, en este caso se considerarán temas relacionados a las bombas VP44 y los bancos de prueba.

1.5.4 Métodos

Según lo determina Schiffman y Lazar (2008), “La investigación cuantitativa es de índole descriptiva y la usan los investigadores para comprender los efectos de diversos insumos promocionales en el consumidor, dándoles así a los mercadólogos la oportunidad de “predecir” el comportamiento del consumidor”. (pág. 27)

Considerando lo establecido por Schiffman y Lazar, para el desarrollo de la siguiente investigación se considera un diseño cuantitativo, ya que esto permite determinar de manera mucho más específica la factibilidad de implementar el banco de pruebas para las bombas VP44, a fin de que se pueda desarrollar adecuadamente la propuesta.

1.5.5 Tipo de estudio

(Best, 2008):

La investigación descriptiva refiere minuciosamente e interpreta *lo que es*. Está relacionada a condiciones o conexiones existentes; prácticas que prevalecen, opiniones, puntos de vista o actitudes que se mantienen; procesos en marcha; efectos que se sienten o tendencias que se desarrolla. A veces, la investigación descriptiva concierne a cómo *lo que es o lo que existe* se relaciona con algún hecho precedente, que haya influido o afectado una condición o hecho presentes. (pág. 91)

Para el presente trabajo se establece un tipo de investigación descriptiva, ya que se busca conocer aspectos relacionados con el mercado de las bombas VP44, la investigación descriptiva permite obtener información acerca del demanda de los consumidores lo cual servirá para determinar la necesidad de la creación de un banco de pruebas para este tipo de bombas.

Además, se realizará una investigación de campo la cuál según Imbernón(2009), “La investigación de campo exige ser inusualmente minuciosa y reflexiva para captar, describir e interpretar el significado de los acontecimientos diarios en la situación de campo”. (pág. 47). La investigación de campo permitirá obtener información directa y comprender de mejor manera el motivo por el cual es necesaria la implementación de la propuesta, lo cual proporcionará una visión más clara para poder desarrollar la propuesta.

1.5.6 Población y muestra

1.5.6.1. Población

(Fuentelsaz, Ica, & Pulpón, 2008):

Población (o universo): Es el conjunto de individuos que tienen ciertas características o propiedades que son las que se desea estudiar. Cuando se conoce el número de individuos que la componen, se habla de población finita y cuando no se conoce su número, se habla de población infinita. (pág. 55)

En base a lo establecido por Fuentelsaz, Ica y Pulpón, la población que será considerada para el desarrollo de las entrevistas son los encargados de diferentes laboratorios de bombas de inyección de los vehículos de la Ciudad de Guayaquil que son 4.

1.5.6.2. Muestra

Para el cálculo de la muestra al tratarse de una población menor a 100 se va a considerar la población igual que la muestra, es decir sin existir un margen de error y con un nivel de confianza del 100%.

A continuación se muestra el cuadro de los laboratorios de calibración de bombas de inyección VP 44, ubicados dentro de la ciudad de Guayaquil, datos que fueron adquiridos a través de Edina (2014):

Tabla 1 Laboratorios de la ciudad de Guayaquil

ORD	NOMBRE	TIPOS DE TRABAJOS	UBICACIÓN	DIRECCIÓN	TELÉFONO
1	Laboratorio Bolaños	Reparación de bombas de Inyección VP 44, Turbo e Inyectores	GUAYAQUIL, GUAYAS, Ecuador	Machala 2324 E/ Capitán Nájera y Febres Cordero	04-2368757
2	Laboratorio a Diesel "Mundo Diesel plus"	Reparación de bombas de Inyección a diesel VP 44, Turbos e inyectores.	GUAYAQUIL, GUAYAS, Ecuador	CALLE 11 504C Y CAPITAN NAJERA, Guayaquil, Guayas, 5934	2193397 997564056
3	LABORATORIO S DIESEL C.A.V		GUAYAQUIL, GUAYAS, Ecuador	Baquerizo Moreno 608, Guayaquil, Guayas	2566743
4	LABORATORIO CENTRO DIESEL	Bombas de inyección VP 44 E Inyectores doble calibración Common Rail Electrónicos Turbocargadores	GUAYAQUIL – Guayas Ecuador	A.V MACHALA 1446 Y 10 DE AGOSTO Y BALLENCENTRO	94244180

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

1.5.7 Recolección de información

La recolección de la investigación será desarrollada de manera semi presencial, es decir, las entrevistas serán realizadas directamente en el sitio con los encargados de laboratorios de la Ciudad de Guayaquil.

1.5.8 Reactivos de investigación

La técnica de investigación que será aplicada en la presente investigación será la entrevista direccionada a encargados de laboratorios de la Ciudad de Guayaquil, para determinar los parámetros que se deben de considerar para la implementación de una bomba VP44. Para la entrevista se aplica como instrumento el guión de preguntas.

1.5.9 Procesamiento de la información

Se desarrollará un análisis cualitativo de los resultados obtenidos a las entrevistas desarrolladas a los encargados de laboratorios de la Ciudad de Guayaquil.

1.6. Sistematización del problema

¿Cuál es el torque que necesita la bomba VP 44 para funcionar?

¿Cuáles son los sensores que se necesita para hacer trabajar la bomba VP 44?

¿Qué voltaje necesita la fuente de alimentación para el desarrollo del banco de pruebas?

¿Qué amperaje necesita la fuente de alimentación para el funcionamiento de los componentes del banco de pruebas?

¿Cuáles son las posibles fallas que pueda generar la bomba VP 44?

¿Qué materiales se necesitarán para el desarrollo del banco de pruebas?

¿Cómo variar las revoluciones del motor eléctrico?

1.7. Justificación e importancia del problema

1.7.1 Justificación teórica

La justificación teórica del trabajo se estableció en la bibliografía del documento que permitan sustentar el contenido del mismo, tales referencias se realizarán en base a definiciones establecidas por diferentes autores e investigadores, los bancos de pruebas, sistemas de pruebas, es decir, definiciones relacionadas con el tema del trabajo, lo cual contribuirá a proporcionar una mejor comprensión del contenido del trabajo.

1.7.2 Justificación metodológica

La justificación metodológica se estableció en relación a la metodología de investigación aplicada, es decir, se determinará el tipo de investigación así como las técnicas e instrumentos que se utilizarán para obtener la información necesaria para determinar la factibilidad de la creación del banco de pruebas para bombas VP44. Para el trabajo se aplicará la investigación de tipo bibliográfica, así como también la investigación de campo.

1.7.3 Justificación práctica

Es necesario que exista un banco de pruebas que permita diagnosticar la factibilidad de la implementación de las bombas VP44 a un vehículo y que garantice a la vez que la adaptación se realice de la manera adecuada evitando así la aparición de futuros problemas. Además, el desarrollo del trabajo se justifica dentro del Plan Nacional del Buen Vivir (2012-2013) ya que está dentro de la línea de investigación de asesoría y apoyo tecnológico, ya que se ajusta a los procesos de capacitación técnica y automotriz.

La justificación práctica del desarrollo del presente trabajo se determinó en base a la necesidad de determinar la factibilidad de diseñar y construir un banco de pruebas para la bomba VP44 en la Ciudad de Guayaquil, considerando los beneficios que aporta para el manejo de combustible y la reducción de las emisiones, se determina la línea de investigación en base al estudio de elementos de máquinas ya que se enfoca en el diseño de sistemas y mecanismos innovadores como lo es el banco de pruebas.

La bomba VP44, es un dispositivo electromecánico, sin embargo, la mala adaptación de las bombas VP44 pueden generar problemas para el

vehículo tales como códigos de fallas, debido al sobrecalentamiento lo cual se produce por la falta de combustible a través de la bomba VP44.

1.8. Hipótesis

La hipótesis para el presente trabajo se determina de la siguiente manera: ¿Podemos construir un banco de pruebas para la bomba VP44 en la que se pueda reflejar la simulación de activación, comprobación y ajuste?

1.9. Marco referencial

1.9.1. Bombas VP44

Según la información publicada por el Grupo Bosch (2012):

La bomba de VP44 es de alta tecnología y aporta mayor rendimiento y máxima eficiencia del motor. El principio de funcionamiento es similar al de la bomba rotativa tradicional, la diferencia radica en el controlador electrónico y la manera de generar la presión. En las bombas rotativas tradicionales la alta presión se genera por el movimiento axial de un solo pistón, en la Vp44 existen dos pistones que comprimen el combustible, dislocándose en el sentido radial.

La bomba VP44 está diseñada como una bomba de alta presión para los motores diésel con inyección directa, esta bomba se caracteriza por puntos claves que contienen los productos Bosch anteriores y por el hecho de que incorpora a su mecanismo una UCE (unidad de control electrónico), lo cual le permite además de controlar los actuadores captar señales de los sensores del vehículo. Referenciando la información publicada por el Grupo Bosch (2012), la bomba VP44 es fabricada en serie a inicios del año de 1996, sin embargo, a partir del año 2001 se realizaron ciertas variantes en el funcionamiento de la bomba en la que se incluyó una mayor presión de la inyección lo cual permitió mejorar el rendimiento de la bomba y la reducción de las emisiones del vehículo gracias a que la combustión se realizaba de manera más eficiente.

Al incluir tales mejoras, Bosch inició la comercialización de bombas VP44 especialmente a vehículos que poseían una tensión de red de 12 voltios, sin embargo, también se comercializaba a vehículos livianos y medianos que poseían la tensión de red de 24 voltios, aprovechando que este tipo de vehículos demandaban de una instalación de inyección con una mayor capacidad de rendimiento y que proporcione una mayor presión para disminuir el consumo de combustible, para lo cual se ajusta perfectamente las bombas VP44.

La introducción de las bombas VP44 al mercado representó un avance para los sistemas tradicionales de bombas rotativas de inyección que generalmente eran ajustadas de manera mecánica lo cual generaba presiones de aproximadamente 350 barias (bar³), mientras que el sistema mejorado de la bomba VP44 al ser regulado electrónicamente generaban presiones de aproximadamente 800 barias en aquellos vehículos que poseían un motor de lento funcionamiento y de aproximadamente 1400 bares en los de rápido funcionamiento y de mayor potencia. Referenciando la información publicada por el Grupo Bosch (2009), entre los principales beneficios de las bombas VP44 se mencionan los siguientes:

- Sistema de inyección de combustible mejorado: Las bombas VP44 permite que exista una sincronización de la inyección de combustible y que ésta se realice en la cantidad adecuada, lo cual incrementa el rendimiento del combustible y minimiza los costos.
- Mayor resistencia de los componentes de la bomba: Los componentes de la bomba VP44 soportan una mayor presión, lo que garantiza su resistencia.
- Mayor fiabilidad en el funcionamiento del motor: Al incorporar un sistema de unidad de control dual (UCE), se puede ejercer un control a la vez tanto del motor como de la bomba, lo cual le permite ser mucho más fiable que las bombas tradicionales.
- Mayor rendimiento de la energía: Considerando que la cantidad de combustible que es inyectada al motor es la adecuada y es

³Unidades de presión

controlada por la unidad de control de acuerdo a la posición del acelerador, se genera un incremento de par de torsión en cuanto el pedal de acelerador se encuentra en una posición baja, permitiendo de esta manera incrementar el rendimiento.

- Reducción del smog en la aceleración: Según el Grupo Bosch (2009), al incrementarse una inyección del combustible para incrementar la potencia del motor en acelerar, el smog generalmente se produce por el exceso de combustible. Sin embargo, la bomba VP44 ejerce un control de la cantidad de combustible que se inyecta al motor lo que evita que se produzca el exceso.
- No requiere dispositivos innecesarios: Las bombas tradicionales generalmente requieren de la incorporación de dispositivos como el compensador de impulso y el compensador aneroide, sin embargo en las bombas VP44 no es necesario que se incluyan estos dispositivos puesto que se compensa por las señales que emite cada sensor.
- Posee la función de autodiagnóstico: El sistema de bombas VP44 posee la función de diagnóstico ya que muestra los códigos de error de modo que es mucho más fácil su reparación.

Tabla 2 Especificaciones de las bombas VP44

ARTÍCULO	ESPECIFICACIÓN
Tipo de bomba de combustible	VP 44
Vehículos aplicables.	Los vehículos de pasajeros, vehículos recreativos, camiones de tamaño pequeño y mediano (menos de 1 litro / cilindro).
Número aplicable de los cilindros del motor.	4 cilindros y 6 cilindros.
Dirección de rotación.	Hacia la derecha / hacia la izquierda.
Método de conducción	Correa dentada, engranaje, cadena.
Rendimiento de inyección. La presión máxima de la bomba. Diámetro del émbolo x número. Elevación. Velocidad máxima del émbolo. Par motor máximo permitido.	100 MPa. 4 cilindros: Ø6.5mmx2, Ø7mmx2, Ø7.5mmx2 6cilindros: Ø7mmx3, Ø7.5mmx3 3.5mm 1.9 m/seg: 1000 r/min. 200 N.m : 3 Brida agujereada. 260 N.m : 4 Brida agujereada. Par motor máximo necesario bajo las condiciones de uso real: 150 N.m
Sistema. Tensión de activación mínima. Corriente máxima de la válvula de solenoide de alta presión. Tipo de unidad de control. Especificación de la batería.	6V < 20 A Unidad de control del motor, la unidad de control de la bomba (sistema de unidades de doble control). Especificación de 12 v, especificación de 24 v.

Fuente: Grupo Bosch (2009)

1.9.2. Composición del sistema de bombas VP44

A diferencia de otras bombas, que incrementan la presión de pistones radiales, las bombas VP44 trabajan exclusivamente con pistón axial. Los pistones radiales producen una presión mucho más alta, lo que está totalmente resuelto con la implementación de los pistones axiales y a diferencia de las bombas electrónicas de la generación anterior, donde el regulador de posición del carrete y la placa de leva fueron decisivos para la cantidad de inyección y el sistema de sincronización de la inyección.

Los sistemas de motor del vehículo requieren un suministro constante de combustible, que es producido por un depósito de combustible. El combustible es extraído de este tanque y se empuja hacia el motor de combustión interna a través de una bomba de combustible, básicamente esta es la función de la bomba VP44.

Las bombas de combustible son un dispositivo que funciona como depósito del mismo, transmite el fluido en este caso combustible, distribuyendo baja presión al carburador o en su defecto una presión más alta si este es un sistema de inyección. Los motores carburados utilizan bombas de baja presión, que se encuentran fuera del tanque de combustible, los motores de inyección suelen utilizar bombas eléctricas de combustible montado en el tanque de combustible.

Así mismo, las bombas de combustible mecánicas contienen típicamente una membrana flexible, donde el volumen de la cámara de la bomba se reduce o se aumenta mediante la flexión de la membrana. Una palanca de la bomba es accionada por el árbol de levas, que tira hacia abajo el diafragma y permite que el combustible se introduzca en la bomba. La respuesta del muelle del diafragma es establecer, aplicar fuerza que permite que el combustible sea expulsado de la bomba.

Una bomba de tipo paleta es la que está integrada sobre el árbol de accionamiento en la bomba de inyección distribuidora, que se bombea el combustible desde el depósito a la bomba. La generación de alta presión supone una bomba de pistón radial con el anillo de levas y dos a cuatro pistones radial (dependiendo del diseño). La cantidad de inyección se controla por la duración de cierre de la válvula de solenoide de alta presión, el comienzo de la entrega especificado en la sincronización de cierre de la válvula de solenoide. El ajuste del punto de tiempo de inyección con respecto al ángulo del cigüeñal del motor toma el tiempo de inyección integrada, esto se ajusta mediante una válvula de solenoide de impulsos.

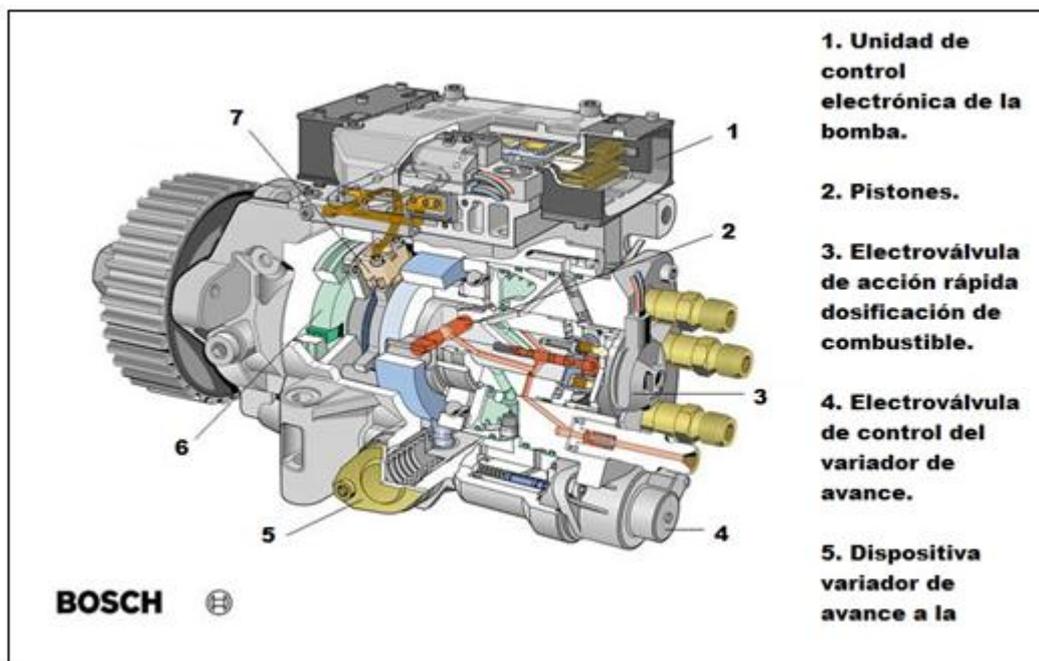


Figura 2 Bomba de inyección de pistón radial VP44 de Bosch

Fuente: Grupo Bosch(2012)

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

Por otra parte, las bombas de combustible eléctricas generan presión eléctrica positiva en la tubería, que empuja el combustible al motor de combustión interna. Un interruptor de encendido se activa un relé que opera la corriente alta requerida para aumentar la presión del combustible.

A continuación se detalla el funcionamiento de cada uno de los componentes del sistema de la bomba VP44 de manera independiente:

— **Alimentación de combustible**

Según Bauer (2008), “El sistema de alimentación impulsa el combustible desde el depósito a las válvulas de inyección, genera la presión necesaria para la inyección, y mantiene constante dicha presión”. (pág. 12)

Básicamente, el sistema de alimentación de combustible consiste en la implementación de un inyector con bomba rotativa que ejerce presión y permite suministrar el combustible al vehículo. Este sistema incluye un circuito de baja presión y de alta presión, los cuales poseen características y un funcionamiento diferente que les permiten ajustarse a los diferentes tipos de vehículos.

— **Alimentación por baja**

El sistema de alimentación baja de combustible está compuesto por una bomba de paletas que aspira el combustible directamente del depósito, a pesar de que en algunos casos puede incluir una electrobomba que le permite realizar el cebado de la máquina. Referenciando el informe presentado por el Grupo Bosch (2012), en este tipo de sistema el funcionamiento consiste en que las paletas emite un caudal al interior de la bomba al ejercer presión se alimenta la bomba de alta presión y el variador de avance.

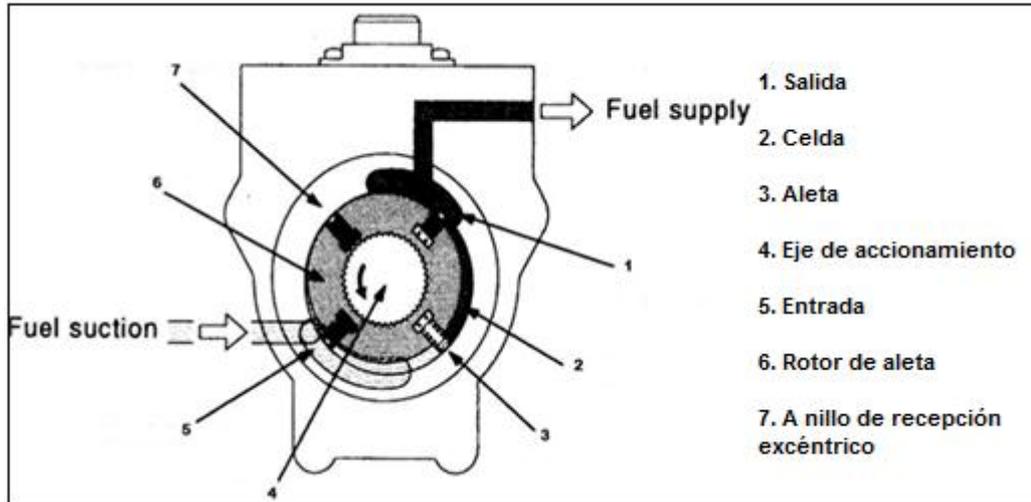


Figura 3 Bomba alimentación de aletas

Fuente: Grupo Bosch (2012)

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

La bomba de alimentación de aletas es un dispositivo que permite ejercer el control de la presión interna través de una válvula con un tarado, que tras un proceso restablece el combustible a la bomba.

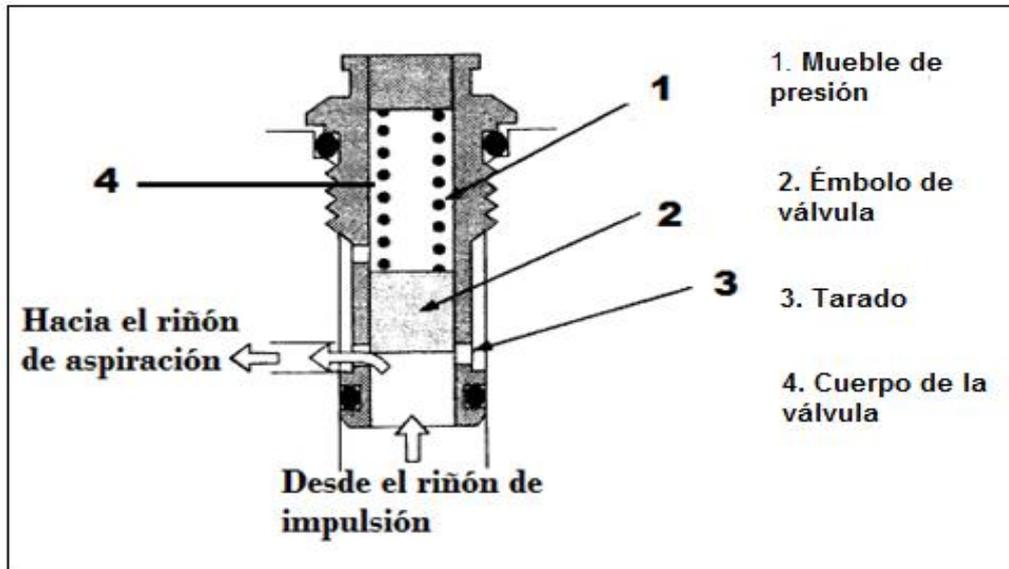


Figura 4 Válvula reguladora de presión

Fuente: Grupo Bosch (2012)

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

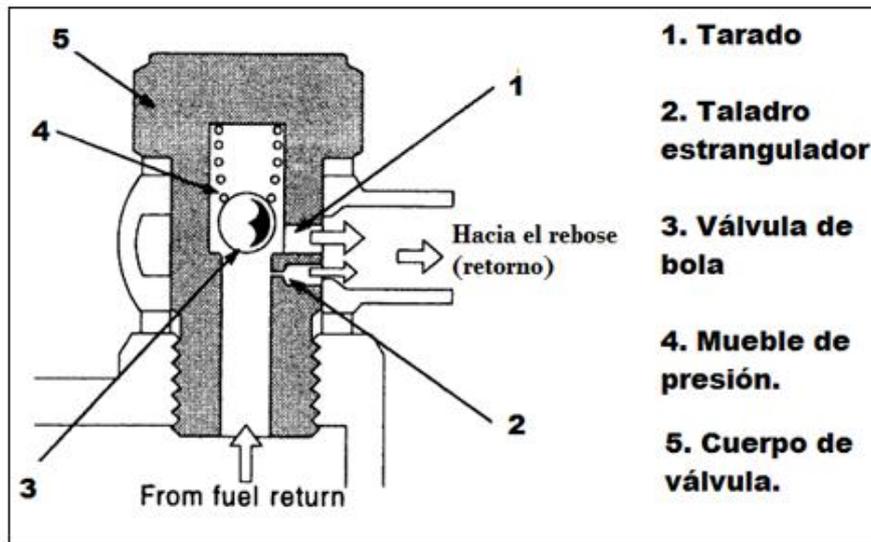


Figura 5 Válvula de estrangulador de rebose

Fuente: Grupo Bosch (2012)

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

Las válvulas de estrangulador de rebose y reguladora de presión se conectan a la bomba, y permite que se lleve a cabo el proceso de retorno del combustible al depósito en donde se refrigera.

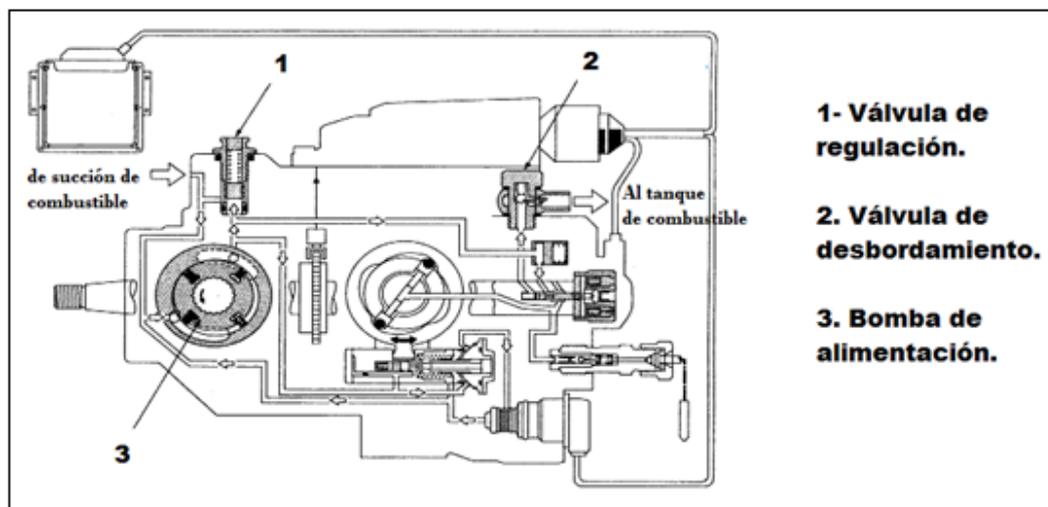


Figura 6 Circuito de baja presión

Fuente: Grupo Bosch (2012)

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

— Alimentación por alta

La alimentación por alta presión es aquella en la que se produce una mayor presión, y consecuentemente la distribución y la dosificación para la inyección es más alta. En este sistema la presión y la distribución es efectuada por la bomba de alta presión la cual está compuesta por pistones que se apisonan al girar al en el disco.

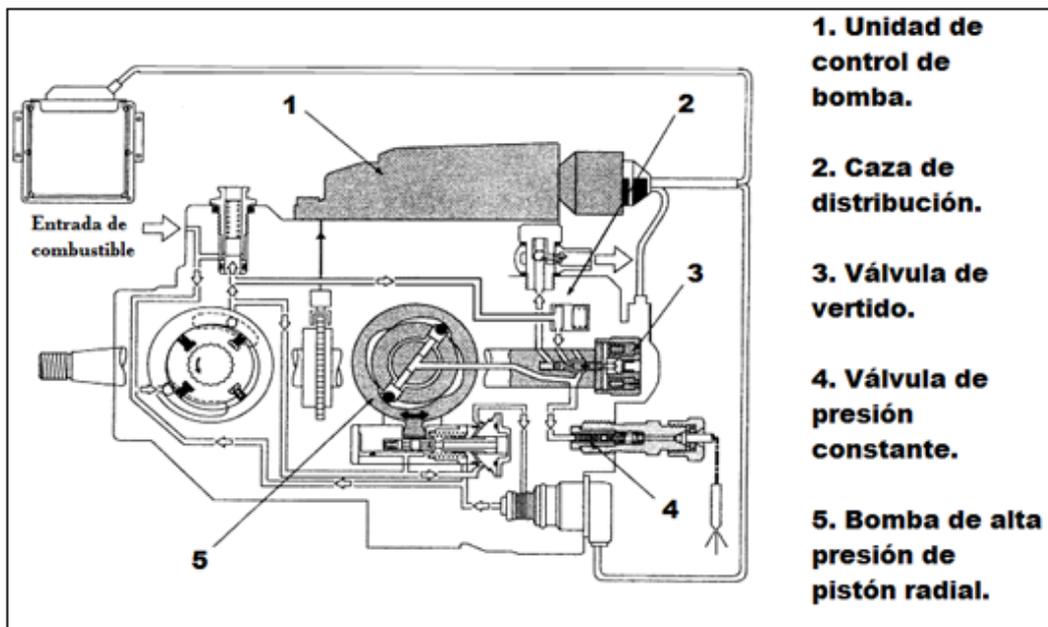


Figura 7 Circuito de alta presión

Fuente: Grupo Bosch (2012)

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

Referenciando la información publicada por el Grupo Bosch (2012), el funcionamiento del circuito de alimentación por alta se ejecuta a través de dos fases conocidas como la fase de llenado y la fase de alimentación, las cuales se describen a continuación:

- Fase de llenado: En esta fase la electroválvula se encuentra abierta lo que permite el ingreso a presión del combustible, el cual se dirige a la cámara de alta. En esta fase los émbolos se deslizan hacia afuera lo que permite la entrada del combustible más fácilmente.

Los componentes del cuerpo distribuidor que intervienen en la fase de llenado se muestran a continuación:

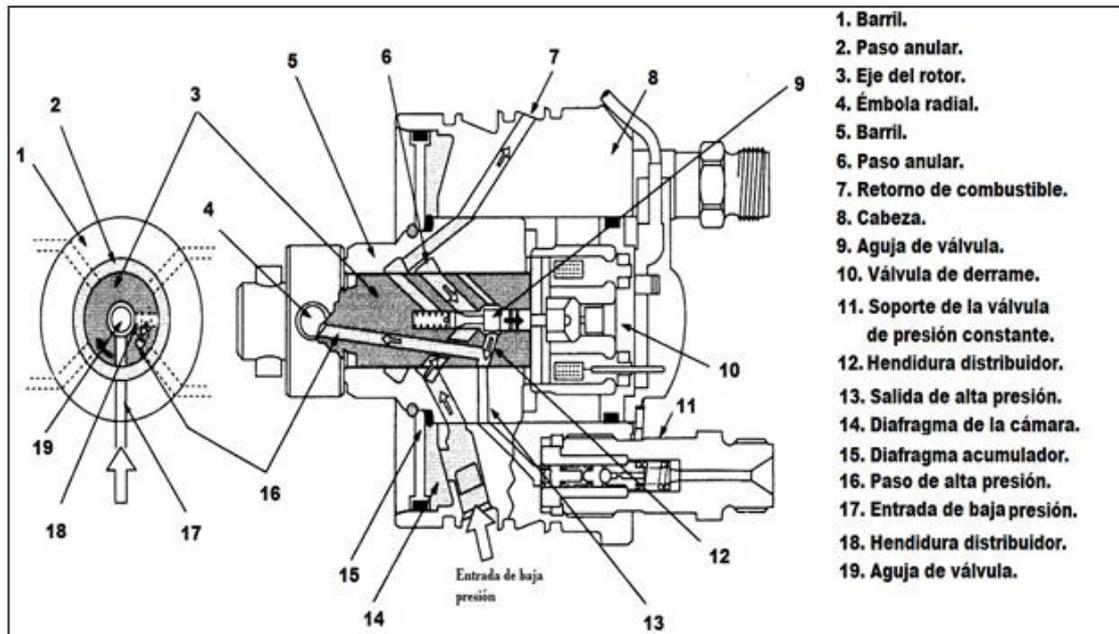


Figura 8 Fase de llenado

Fuente: Grupo Bosch (2012)

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

- Fase de alimentación: En la fase de alimentación a diferencia de la fase de llenado, la electroválvula se cierra permitiendo que los émbolos se compriman y consecuentemente el combustible también se comprime, posteriormente el combustible es enviado al inyector correspondiente mientras el eje distribuidor se encarga de controlar el proceso. A continuación se muestra la forma en que se desarrolla la fase de alimentación y los elementos que intervienen:

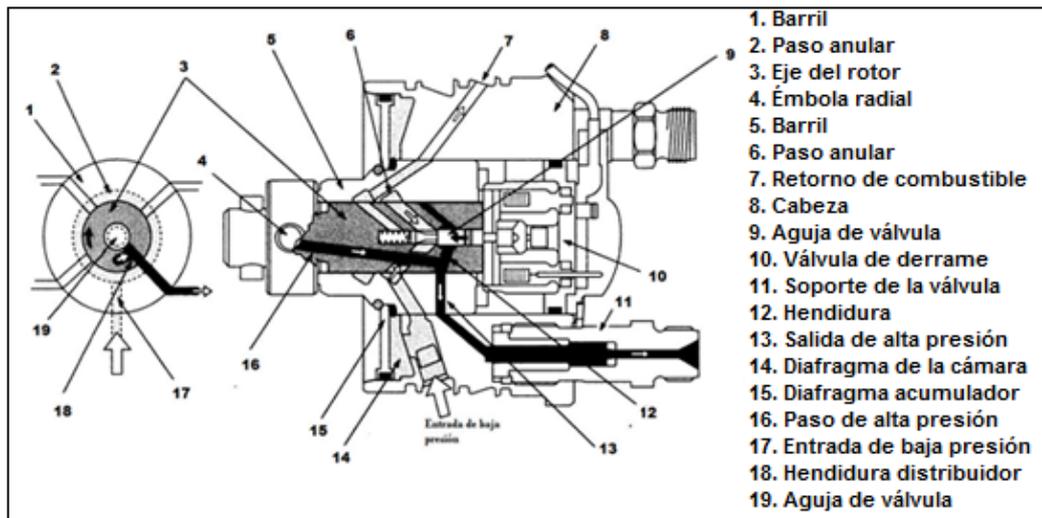


Figura 9 Línea de baja presión

Fuente: Grupo Bosch (2012)

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

En la alimentación de combustible los retornos del combustible se llevan a cabo desde el filtro, la bomba y los inyectores, en donde intervienen los inyectores que poseen una estructura similar a la bomba VE que posee un control electrónico, en este proceso la presión de los inyectores puede alcanzar valores de aproximadamente 1600 br.

Variador de avance

De acuerdo a Reuter, et al. (2011):

La variación del avance compuesta por el sensor del ángulo de rotación, el variador de avance y la electroválvula del variador de avance, tiene la misión de avanzar el comienzo de suministro en la bomba de inyección, con respecto a la posición del cigüeñal del motor, cuando éste aumenta las revoluciones. (pág. 20)

En la composición del sistema de bombas VP44 el variador posee un funcionamiento hidráulico, el cual está conformado por un émbolo que se encuentra ensamblado en el disco de levas, así como también posee una electroválvula que permite que se realice la corrección de mezcla. El funcionamiento del variador de avance consiste en que la presión

ocasionada por la bomba de paletas se realiza frente una cara de émbolo, en la que la otra cara de un muelle se encuentra en oposición.

Al existir un cambio en la presión también cambia la posición del émbolo y consecuentemente también varía el avance, en este punto se considera que mientras exista mayor presión se obtendrá mayor desplazamiento y avance. Al igual que el sistema de alimentación de combustible, el variador de avance incluye un dispositivo que permite realizar la corrección. A continuación se muestra el funcionamiento del variador de avance:

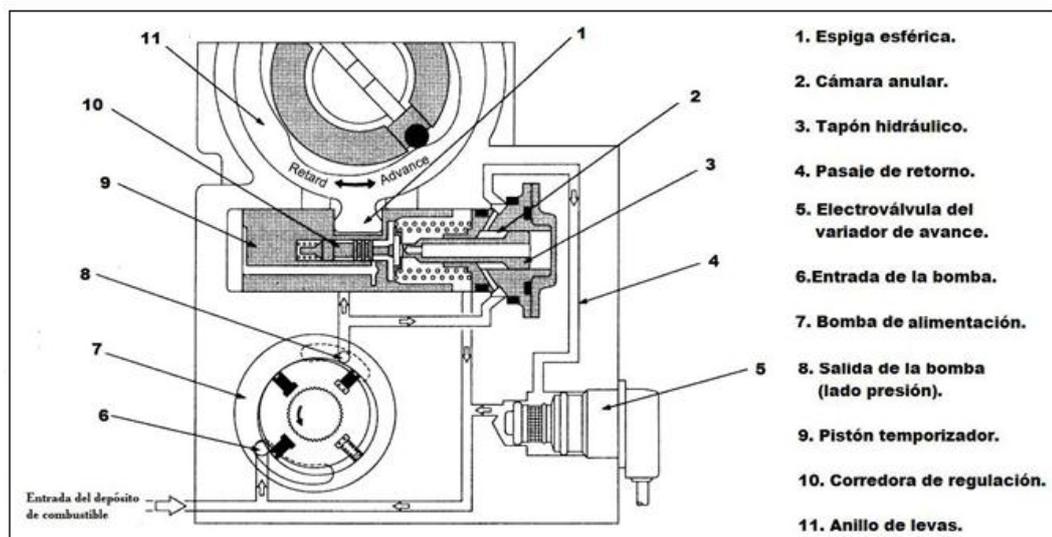


Figura 10 Esquema del variador de avance

Fuente: Grupo Bosch (2012)

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

Gestión eléctrica de la bomba

Para Orovio (2010):

La gestión electrónica ofrece otras ventajas además de reducir la contaminación, el mejor control de la inyección hace disminuir el ruido y vibraciones al producirse las explosiones de cada salida del inyector más progresivas, uno de los objetivos buscados. Además disminuye la dilución de gasóleo en el aceite durante el arranque en frío y calentamiento del motor. (pág. 237)

Referenciando la información publicada por el Grupo Bosch (2012), la gestión electrónica de la bomba consiste en un mecanismo de control que recoge la señal emitida por el sensor del ángulo de rotación, las revoluciones por minuto del motor (rpm), el caudal y el inicio de inyección. La Unidad Central de Control fiscaliza el funcionamiento de la electroválvula de alta presión y del variador de avance.

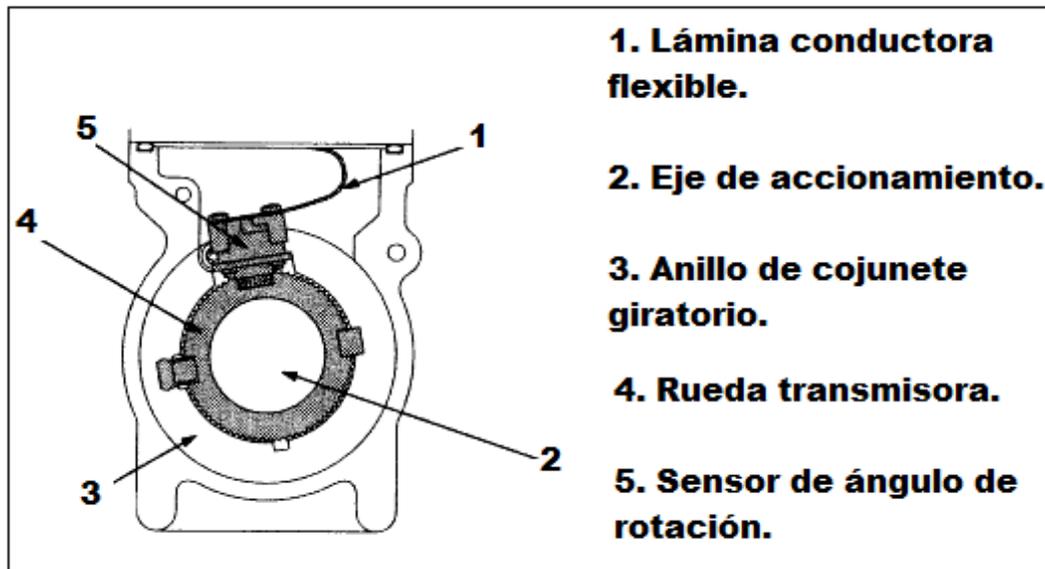


Figura 11 Sensor de ángulo de rotación

Fuente: Grupo Bosch (2012)

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

El sensor de ángulo de rotación trabaja igual que el captador de fase, básicamente este dispositivo busca identificar la posición del eje de la bomba y los grados con los que funciona el motor. Por otra parte, la electroválvula reguladora de alta presión, se encarga de controlar la dosificación del combustible, en la que al ser más altas las revoluciones permite que exista un mayor paso de combustible. Además, incorpora la electroválvula de variador de avance, la cual corrige el funcionamiento del motor.

1.9.3. Principales problemas de las bombas VP44

Según Bosch (2012) Las bombas VP44, poseen una válvula de retorno de combustible 14 libras, sin embargo, cuando la bomba tiene menos de 14 libras de presión de combustible en el mismo, el combustible se queda en la bomba y se calienta. Una bomba de elevación causará baja presión de combustible y provocar un problema como este, algunas veces, puede reparar la VP44, pero se trata de un trabajo complicado, y el componente que normalmente no es muy pequeño necesitará ser reemplazado y soldado de nuevo en una nueva pieza, y vuelto a instalar el ordenador.

Según (Bosch, 2012)

Otro de los problemas que se presentan en la aplicación de las bombas VP44 suele ser el desgaste de las carcasas debido a la baja presión de combustible de las bombas de elevación débiles que causan el diafragma en la parte delantera de la bomba VP44 a su ruptura. Esto hace que el pistón de temporización de acero vibre en el aluminio de alojamiento de la carcasa y el resultado en un corto período de tiempo es que la carcasa llega hasta el punto de que el combustible no pasa por el avance del pistón.

Esto ocasiona que el consumo de combustible se reduzca constantemente, sin embargo, se puede solucionar cuando se reemplace la bomba de inyección, para que de esta manera el tiempo pueda llegar a la consola de prueba y en caso que este pase la prueba se implementaría de manera definitiva. La inadecuada implementación de las bombas VP44 no causa problemas de manejabilidad, excepto la energía perdida y el rendimiento de combustible.

Así mismo, otro componente que ocasiona casi todos los problemas de capacidad de conducción es el centro en la parte superior de la bomba de inyección. Esto ocasiona que el ordenador se torne intermitente debido

a demasiados ciclos de calor. Al apagar el motor, el calor latente produce que se caliente el ordenador y después de muchos ciclos de calor de la soldadura que contiene los componentes eléctricos de la placa de circuito del ordenador se convierte en cristalina y ya no tiene una buena conexión eléctrica, causando problemas de manejabilidad intermitentes, intermitentes arranque en frío duro, intermitente de arranque en caliente duro y el humo blanco.

1.9.4. Banco de pruebas

El probador está diseñado para la lectura de datos y un mando de bombas VP44, los datos entre el instrumento y la unidad de control de la bomba se transmiten a través del bus de dos hilos de alta velocidad. Básicamente el sistema realiza las pruebas de control de solenoide de bombas VP44.

Estos sistemas además pueden ser utilizados como complemento en kit con cualquier tipo de banco de pruebas, incluidos los bancos con los tubos de medición de vidrio.

Los bancos de prueba permiten identificar los errores almacenados en la unidad de control de la bomba, de esta manera cualquier fallo mientras dura la prueba se muestra inmediatamente. De esta manera, la bomba puede ser intercambiada desde un vehículo a otro sin necesidad de reprogramar el inmovilizador en servicio del distribuidor. Las instrucciones para la prueba de la bomba a fin de determinar los problemas comunes incluidos y la calibración de la bomba incluyen lo siguiente:

- Interfaz SAE convencional.
- Estabilizar la energía.
- Todos los cables necesarios.

Con el probador se puede hacer:

- Leer las revoluciones por minuto de la bomba
- Leer la temperatura de la bomba en centígrados.
- Implementación de diferente presentación de avance (0-100%).
- Realizar una inspección completa de la mecánica y la electrónica de la bomba.

La prueba se ejecuta en la VP44 tratado temáticamente con el comportamiento de la tasa de inyección de azar como una función de diferentes parámetros (accionamiento de la válvula de solenoide, velocidad, presión, temperatura). Además se pueden tomar sensibilidad y las declaraciones de precisión en equipos diferentes.

Las facilidades permanentes disponibles para la medición (archivo industrial y la técnica de medición necesarios para la detección de presiones de inyección, temperaturas y muelles aguja permiten estos resultados detallados del estudio en los bancos de pruebas. Como un sistema de medición altamente específico, permite determinar el indicador de cantidad de inyección capaz de realizar mediciones separadas de cantidades de inyección, a fin de predecir las posibles fallas.

1.9.5. Sensores

Definición

Según lo define el Grupo Bosch (2008, pág. 3), “Los sensores son los “órganos sensoriales” del vehículo con los que puede captar recorrido, posición, rotaciones, velocidad, aceleración, vibraciones, presión, caudal, temperatura y otras magnitudes de influencia”.

Para comprender de mejor manera el funcionamiento de los sensores, es necesario en primer lugar establecer una definición que proporcione una visión mucho más amplia en relación a los sensores. Básicamente, un sensor es un dispositivo que recibe y reacciona a una

condición de cambio, con frecuencia, una condición de cambio se refiere a una variación de tensión, temperatura o presión, estos además posibilitan la comunicación entre parte física del vehículo y los sistemas de medición y de control, tanto eléctricos como electrónicos, con el objetivo de monitoreo, medición, control y procesamiento. Para el desarrollo de la investigación estudiaremos los siguientes sensores:

1.9.5.1. Sensores TPS

a) Definición

(Jones & Bartlett Learning, 2013), “El sensor de posición del acelerador (TPS) es un sensor crítico para una transmisión electrónicamente controlada. El TPS es un tipo de resistencia variable llamado potenciómetro. El potenciómetro varía su resistencia en función de su posición”.

Básicamente, el sensor de posición de la mariposa (TPS) es un dispositivo electrónico que mantiene al módulo de control de motor informado acerca de la apertura y cierre del obturador. El sensor de posición del acelerador es un potenciómetro que varía a medida que el obturador se abre. El módulo de control del motor monitorea el voltaje de la línea de la señal para de esta manera calcular la posición de obturador. A continuación podemos observar la posición del sensor del acelerador.



Figura 12 Sensor de posición del acelerador D-Max 3.0

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

b) Funcionamiento

El funcionamiento de los sensores TPS inicia a medida que el conductor presiona el pedal del acelerador, varia el ángulo de la mariposa del obturador, y a medida que esta se abre, la salida crece de manera que el voltaje de salida aumenta. El módulo calcula el paso de combustible en función del ángulo de la mariposa del obturador.

c) Curva característica

Según lo define el Grupo Bosch (2009, pág. 21), “La unidad de control del motor tiene almacenada una curva característica que indica la variación correspondiente a cada valor de resistencia o tensión de salida”. A continuación se establece la simulación del sensor de posición del acelerador con el programa LIVE – WIRE en el cual se puede observar la curva característica así como el circuito eléctrico del mismo.

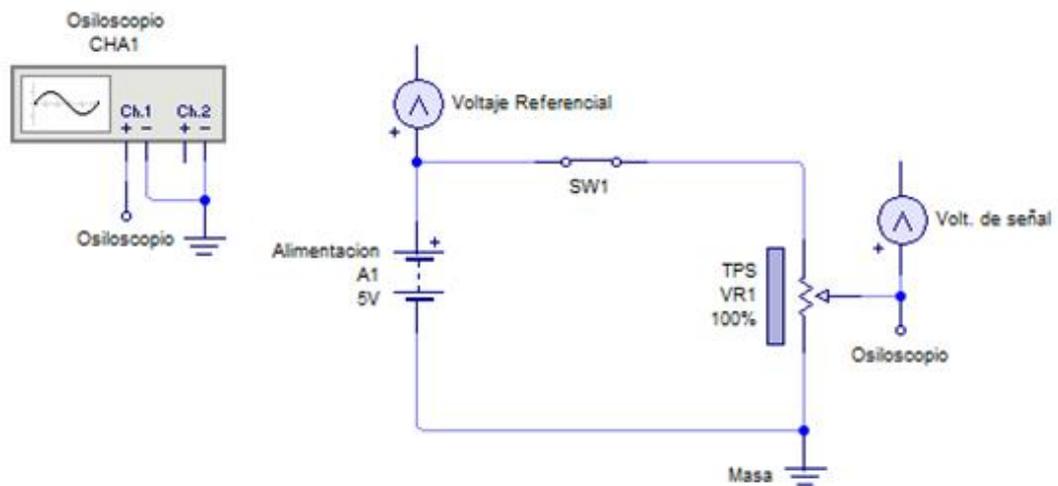


Figura 13 Señal de osciloscopio y circuito eléctrico del sensor TPS
Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

Entre las principales características que tiene este sensor se puede determinar:

Tabla 3 Características del sensor TPS

SENSOR	ABREVIATURA	# DE CABLES	ELEMENTO
Sensor de posición del acelerador	TPS-CTS	3	Potenciómetro

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

d) Voltajes de activación

Una vez desarrollado las pruebas del sensor, se puede establecer la siguiente tabla de voltajes y designación de cables.

Tabla 4 Tabla de voltaje

Color de Cables	Nominación	Voltajes.	
		Contacto	V.min
Rojo-Verde	Masa	0,5mv	0,51mv
Verde-Amarillo	Señal	0,75mv	235,4mv
Azul-Negro	Alimentación	4,97v	4,99v

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

El circuito de operación con la unidad de control del motor donde se puede observar el esquema interno del sensor, así como el esquema interno al que se conecta en el módulo de control del motor.

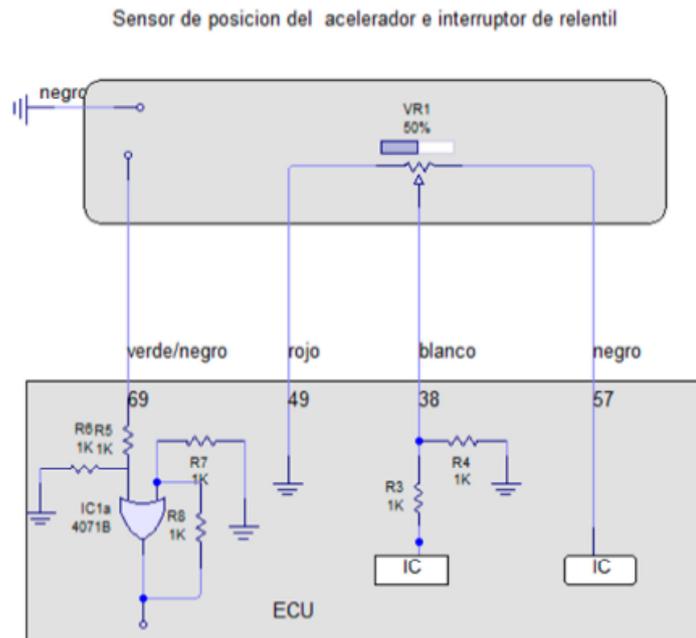


Figura 14 Circuito de operación del sensor de Posición del acelerador.

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

Una vez obtenida la curva característica del sensor de la posición del acelerador se puede observar utilizando un osciloscopio.

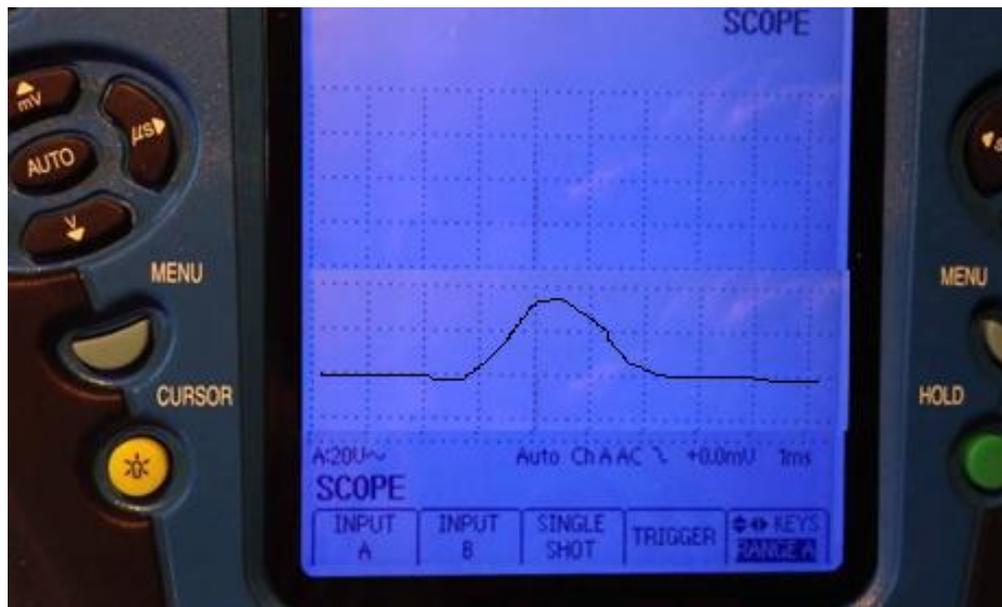


Figura 15 Curva característica del sensor de posición del acelerador.

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

1.9.5.2. Sensores IAT y MAF

a) Definición

El sensor de caudal de aire (MAF) y el de temperatura del aire (IAT), se sitúan en el sistema de admisión de aire, entre el filtro de aire y el cuerpo de aceleración. Estos sensores utilizan un dispositivo provisto de una película caliente para determinar la cantidad de aire que entra al motor y la temperatura del mismo, básicamente se podría decir que estos sensores son termistores, ósea, que el valor de resistencia va cambiando de acuerdo con la temperatura del mismo.



Figura 16 Sensor IAT y MAF de la D-Max 3.0

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

b) Funcionamiento

El funcionamiento de los sensores IAT y MAF, inicia a medida que el conductor presiona el pedal del acelerador, varía el ángulo de la mariposa del cuerpo de aceleración, permitiendo mayor paso de aire que ingresa al motor así mismo como la disminución del mismo, al ingresar el aire al motor va enfriando la membrana caliente, modulando su temperatura, lo cual influye en el valor de voltaje de salida, el cual es recibido por la ECM.

c) Curva característica

Según lo define el Grupo Bosch (2009, pág. 21), “La unidad de control del motor tiene almacenada una curva característica que indica la temperatura correspondiente a cada valor de resistencia o tensión de salida”. A continuación se establece la simulación del sensor de flujo de aire y del sensor de temperatura del aire con el programa LIVE – WIRE en el

cual se puede observar la curva característica así como el circuito eléctrico del mismo.

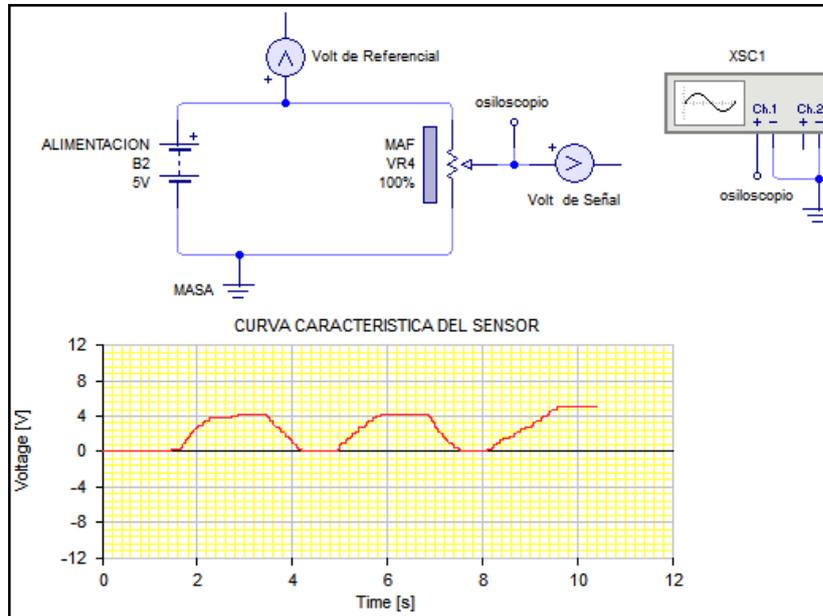


Figura 17 Señal osciloscopio y circuito de sensor MAF.

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

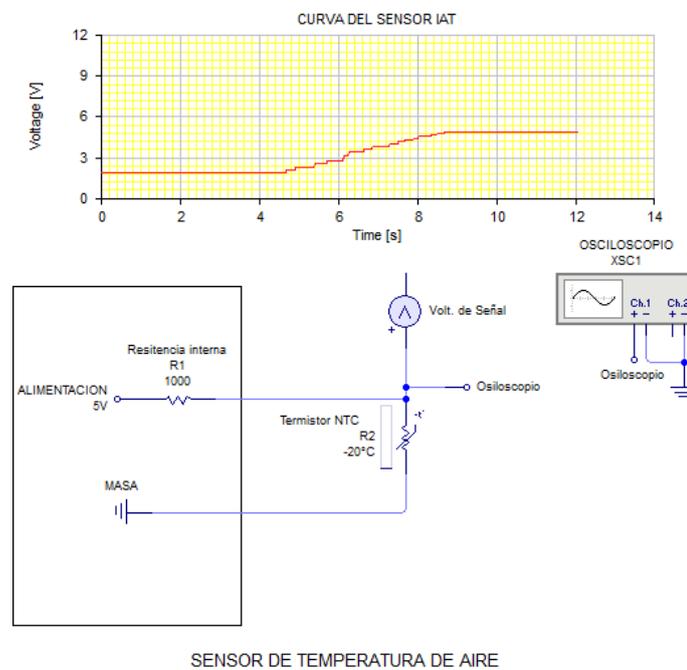


Figura 18 Señal osciloscopio y circuito de sensor IAT

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

Entre las principales características que tiene este sensor se puede determinar:

Tabla 5 Características de los sensores IAT y MAF.

SENSOR	ABREVIATURA	# DE CABLES	ELEMENTO ELÉCTRICO
Sensor de flujo de aire	MAF	3	Hilo
Sensor de temperatura de aire	IAT	2	Termistor NTC

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

d) Voltajes de activación

Una vez desarrollado las pruebas del sensor, se puede establecer la siguiente tabla de voltajes y designación de cables.

Tabla 6 Tabla de voltaje

COLOR DE CABLES		MEDICIONES				
		Nominación	Ralentí	1500 rpm	2000 rpm	3000 rpm
Negro-Azul	Señal IAT	2,70v	2,70v	2,70v	2,70v	2,70v
Azul- Rojo	Alimentación MAF	14,90v	14,90v	14,90v	14,90v	14,90v
Negro-Rojo	Masa	0.3mv	0.3mv	0.3mv	0.3mv	0.3mv
Blanco-Rojo	Alimentación	4,90v	4,90v	4,90v	4,90v	4,90v
Verde-Rojo	Señal MAF	1,82v	2,45v	2,60v	3,15v	3,38v

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

El circuito de operación con la unidad de control del motor donde se puede observar el esquema interno del sensor, así como el esquema interno al que se conecta en el módulo de control del motor.

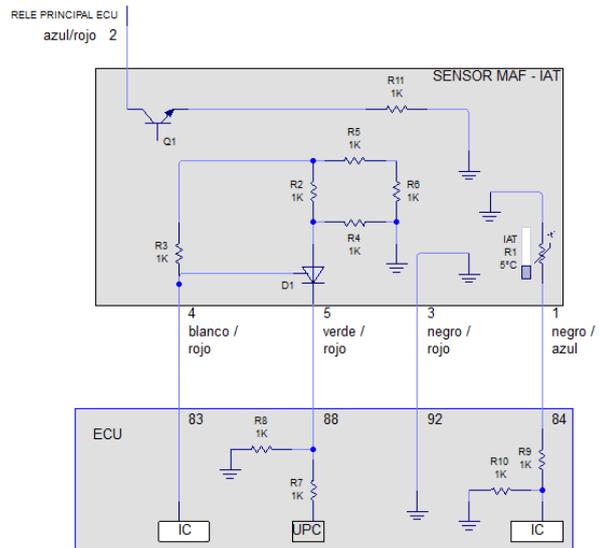


Figura 19 Circuito de operación de los sensores IAT y MAF
Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

Una vez obtenida la curva característica de estos sensores, se la puede observar utilizando un osciloscopio.

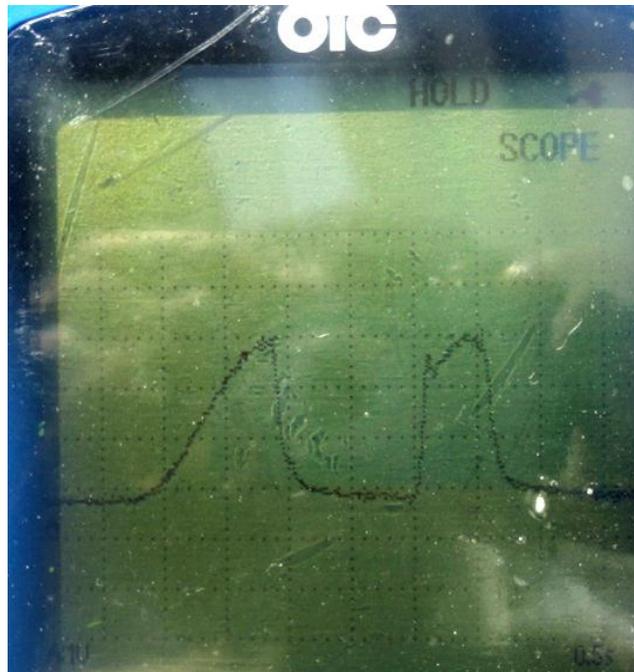


Figura 20 Curva característica del sensor MAF
Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

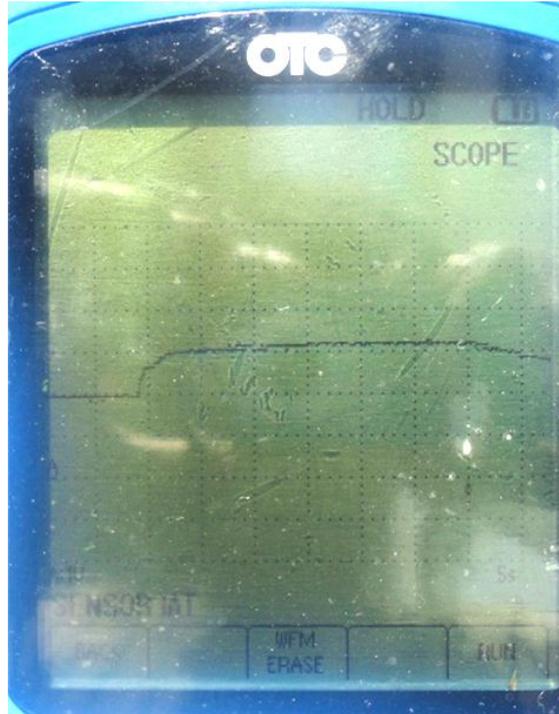


Figura 21 Curva característica del sensor IAT.

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

1.9.5.3. Sensor de Presión Absoluta (MAP)

a) Definición

El sensor MAP (Sensor de Presión Absoluta), es el sensor encargado de detectar la presión de aire que hay en la admisión, por lo que se encuentra ubicado después de la salida del turbo en la admisión, y la convierte en una señal eléctrica que es enviada a la ECM del vehículo para de esta manera poder regular la cantidad de combustible entregada al motor, de esta manera se asegura que la mezcla estequiometría este correcta sin importar si el motor este sin carga o no. Al igual que el TPS este varía su voltaje dependiendo de la presión que haya en la admisión por lo que se lo puede catalogar como un potenciómetro

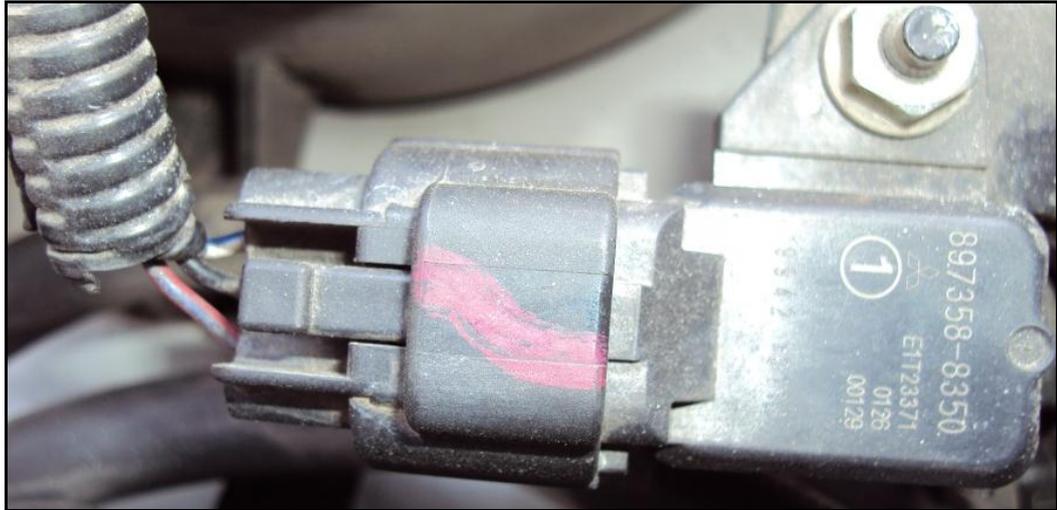


Figura 22 Sensor de presión de aire de la D-Max 3.0

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

b) Funcionamiento

El funcionamiento del sensor MAP, inicia a medida que el conductor presiona el pedal del acelerador, varía el ángulo de la mariposa del cuerpo de aceleración, permitiendo mayor paso de aire que ingresa al motor y de igual manera la disminución del mismo, cuando esto sucede, el sensor realiza la lectura en la cual indica que hay un alto vacío, ósea, poca presión de aire entrando en la admisión, pero cuando el obturador se abre, el vacío va disminuyendo y se comienza a generar presión de aire. Esta información es recogida por la ECU, la cual realiza los ajustes necesarios y de acuerdo a la lectura va corrigiendo la entrega de combustible al motor y la alimentación de aire proveniente del turbo del motor

c) Curva característica

Según lo define el Grupo Bosch (2009, pág. 21), “La unidad de control del motor tiene almacenada una curva característica que indica la temperatura correspondiente a cada valor de resistencia o tensión de salida”. A continuación se establece la simulación del Sensor de Presión

Absoluta con el programa LIVE – WIRE en el cual se puede observar la curva característica así como el circuito eléctrico del mismo.

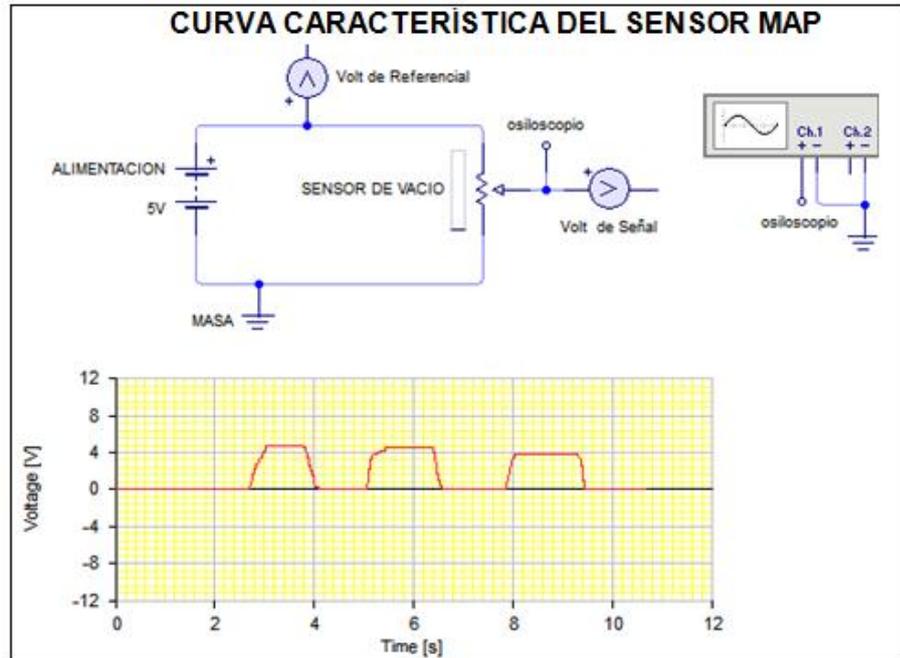


Figura 23 Señal de osciloscopio y circuito eléctrico del sensor MAP
Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

Entre las principales características que tiene este sensor se puede determinar:

Tabla 7 Características del sensor TPS

SENSOR	ABREVIATURAS	# DE CABLES	ELEMENTO ELÉCTRICO
Sensor vacío	MAP	3	Piezo eléctrico

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

d) Voltajes de activación

Una vez desarrollado las pruebas del sensor, se puede establecer la siguiente tabla de voltajes y designación de cables.

Tabla 8 Tabla de voltaje

Color de cable	Nominación	Mediciones
Blanco-azul	Alimentación	12v
Rojo-azul	Señal	2,78v
Negro-rojo	Masa	0,03v

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

El circuito de operación con la unidad de control del motor donde se puede observar el esquema interno del sensor, así como el esquema interno al que se conecta en el módulo de control del motor.

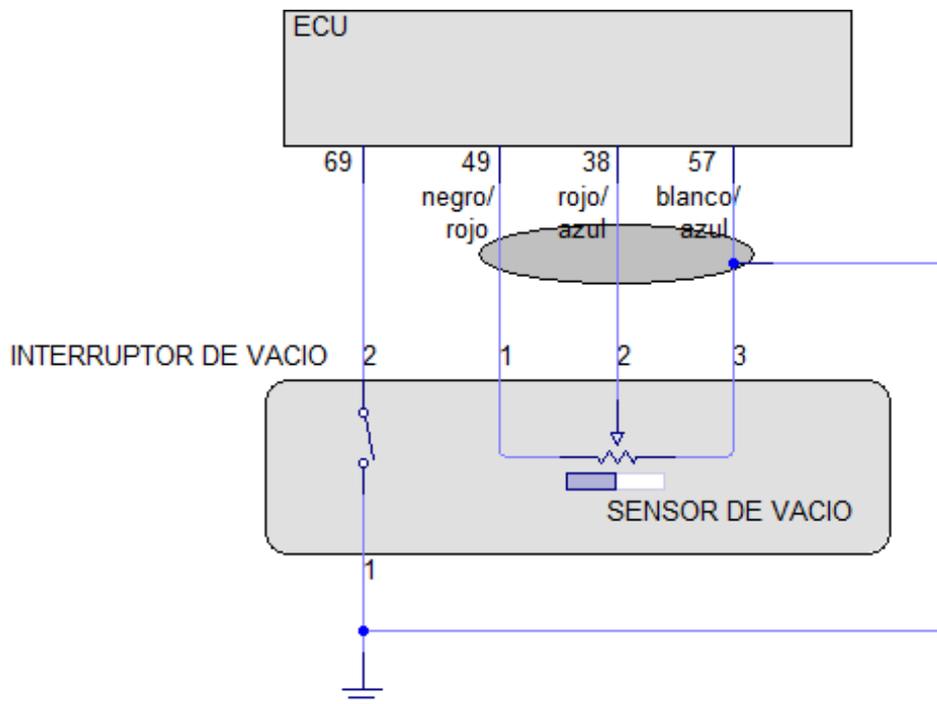


Figura 24 Circuito de operación del Sensor de Presión Absoluta.

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Una vez obtenida la curva característica del Sensor de Presión Absoluta, se puede observarla utilizando un osciloscopio.

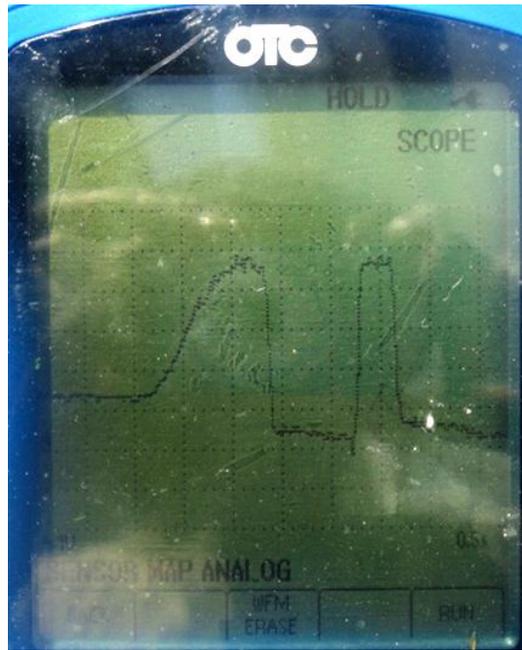


Figura 25 Curva característica del Sensor de Presión Absoluta.

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

1.9.5.4. Sensor de Temperatura del Refrigerante (WTS)

a) Definición

Para poder prevenir recalentamiento en el motor y daños en el cabezote o block, se necesario un sensor que nos ayude con la medición de la temperatura del refrigerante del motor, este sensor es el WTS (Temperatura del Refrigerante) y por lo general se encuentra ubicado en la conexión de la toma de agua de la manguera que va al radiador. Él es el responsable de informar a la ECM la temperatura del refrigerante y al igual que el sensor IAT se puede decir que es un termistor ya que su voltaje va variando en función de la temperatura.

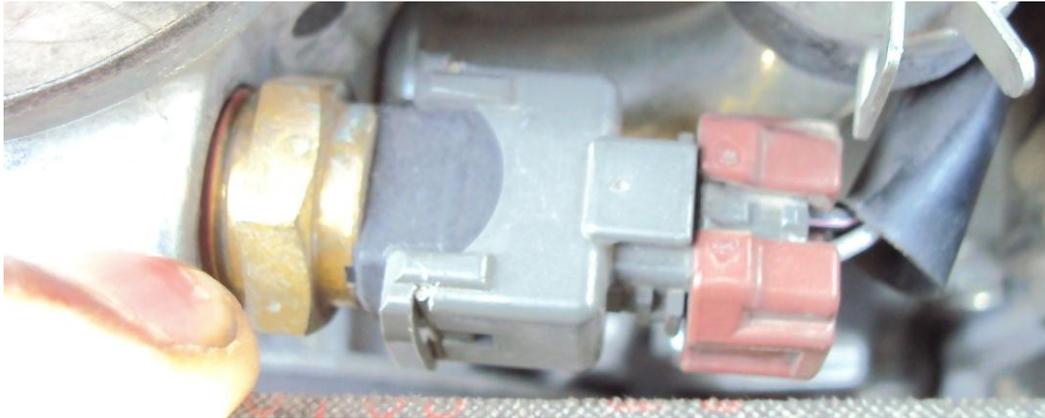


Figura 26 Sensor de Temperatura del Refrigerante

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

b) Funcionamiento

El funcionamiento del sensor WTS, inicia desde el momento en que enciende el vehículo y a medida que el motor por el uso va elevando su temperatura, al suceder este cambio de temperatura de manera gradual en el motor también se van calentando los filamentos de este sensor, lo cual produce que su voltaje de salida vaya cambiando directamente proporcional. Esta información es enviada a la ECM la cual recibe la señal y por medio de esta puede generar cambios y correcciones en la entrega de combustible al motor.

c) Curva característica

Según lo define el Grupo Bosch (2009, pág. 21), “La unidad de control del motor tiene almacenada una curva característica que indica la temperatura correspondiente a cada valor de resistencia o tensión de salida”. A continuación se establece la simulación del sensor de Temperatura del Refrigerante con el programa LIVE – WIRE en el cual se puede observar la curva característica así como el circuito eléctrico del mismo.

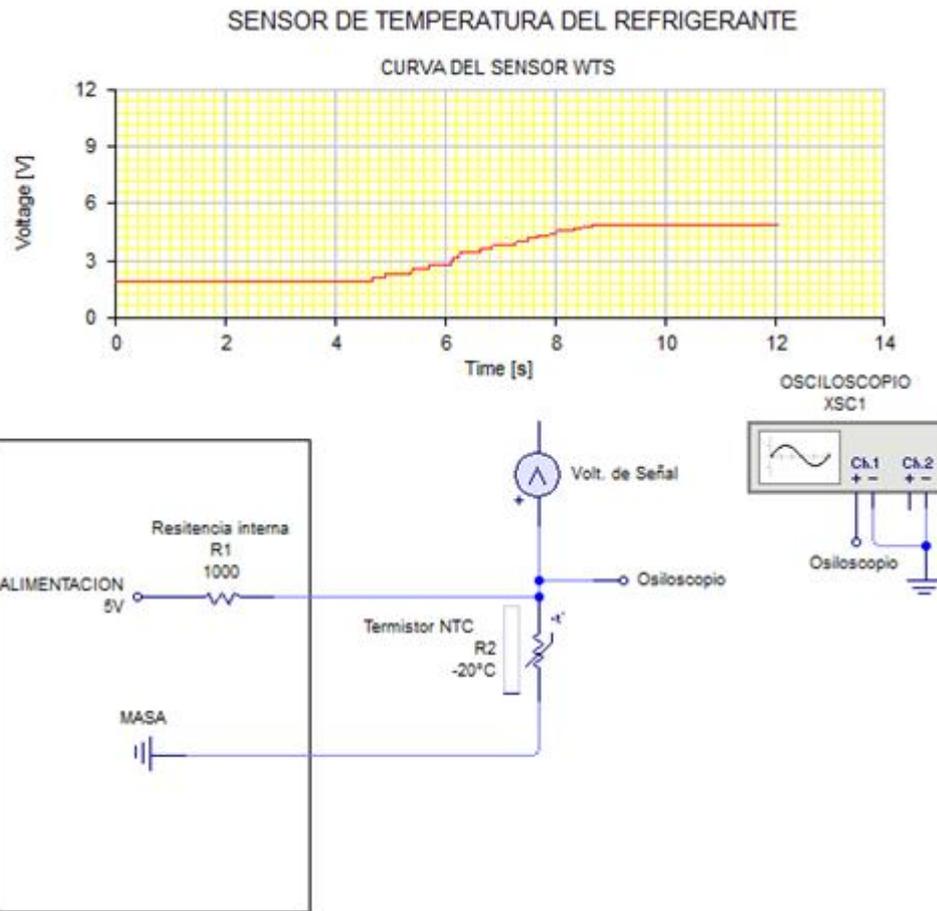


Figura 27 Señal de osciloscopio y circuito eléctrico del sensor WTS
Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

Entre las principales características que tiene este sensor se puede determinar:

Tabla 9 Características del sensor TPS

SENSOR	ABREVIATURA	No DE CABLES	ELEMENTO
Sensor de Temperatura del Refrigerante	WTS	2	Potenciómetro

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

d) Voltajes de activación

Una vez desarrollado las pruebas del sensor, se puede establecer la siguiente tabla de voltajes y designación de cables.

Tabla 10 Tabla de voltaje

Temperatura (°C)	Resistencia (Ohm)	Voltaje (V)
20	3730	4,4
40	1620	3,8
60	770	2,9
80	380	1,4

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Una vez obtenida la curva característica del sensor de Temperatura del Refrigerante se puede observarla utilizando un osciloscopio.

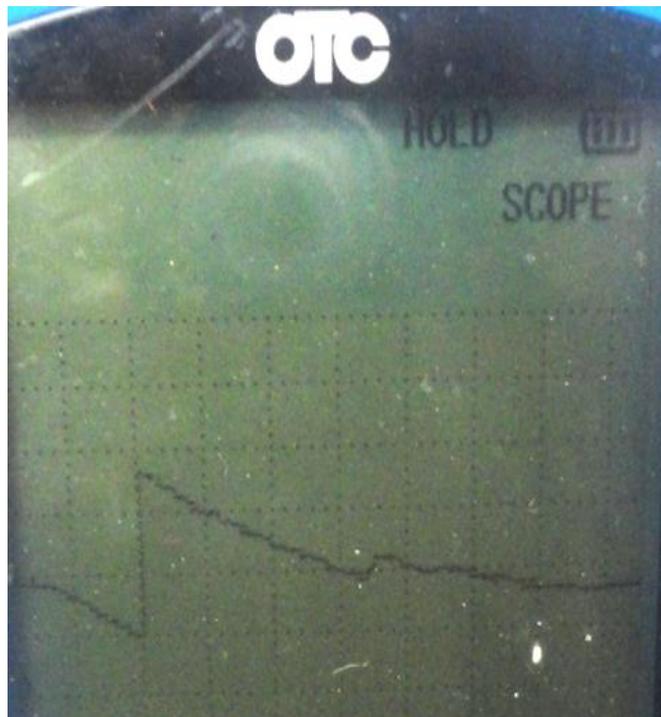


Figura 28 Curva característica del sensor de Temperatura del Refrigerante

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

1.9.5.5. Sensores VSS

a) Definición

El Sensor de Velocidad del Vehículo (VSS), es el sensor responsable de medir la velocidad a la que va el vehículo, por lo que sitúa en el final de la caja de cambios, esta información es transmitida en manera eléctrica a la ECM. A diferencia de los anteriores sensores este utiliza imanes y bobinas para realizar la medición por lo que se dice que este sensor es de efecto Hall



Figura 29 Sensor de Velocidad del Vehículo

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

b) Funcionamiento

Se sabe que una de las maneras para hacer electricidad es por medio del desplazamiento de un bobinado por un campo magnético, el Sensor de Velocidad del Vehículo trabaja bajo el mismo principio, es decir, que a través de imanes genera pulsos eléctricos que son enviados a la ECM, con lo cual se puede calcular la velocidad en la que va el vehículo.

c) Curva característica

Según lo define el Grupo Bosch (2009, pág. 21), “La unidad de control del motor tiene almacenada una curva característica que indica la temperatura correspondiente a cada valor de resistencia o tensión de salida”. A continuación se establece la simulación del Sensor de Velocidad del Vehículo con el programa LIVE – WIRE en el cual se puede observar la curva característica así como el circuito eléctrico del mismo.

SENSOR VSS

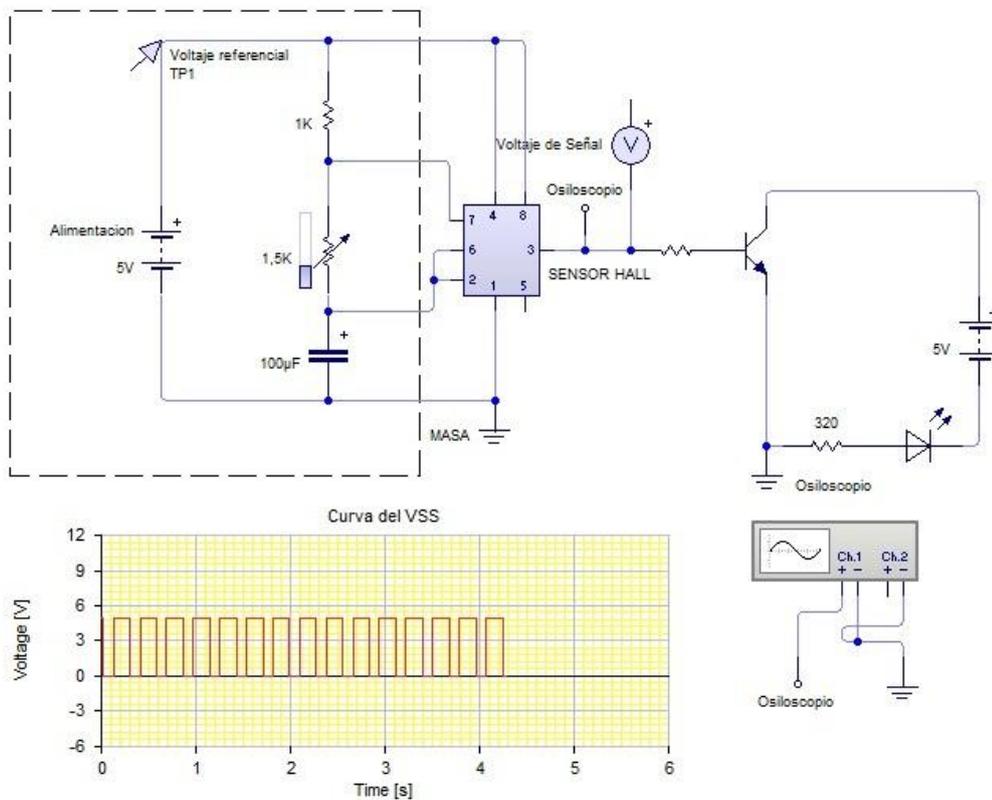


Figura 30 Señal de osciloscopio y circuito eléctrico del sensor VSS

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

Entre las principales características que tiene este sensor se puede determinar:

Tabla 11 Características del sensor TPS

SENSOR	ABREVIATURA	# DE CABLES	ELEMENTO
Sensor de Velocidad del Vehículo	VSS	3	Hall

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

d) Voltajes de activación

Una vez desarrollado las pruebas del sensor, se puede establecer la siguiente tabla de voltajes y designación de cables.

Tabla 12 Tabla de voltaje

Color de Cables	Nominación	Voltajes.	
		V min	V.max
Verde-Blanco	Masa	0,5mv	0,51mv
Verde-Amarillo	Señal	0,44mv	10,78v
Amarillo	Alimentación	12v	12v

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

El circuito de operación con la unidad de control del motor donde se puede observar el esquema interno del sensor, así como el esquema interno al que se conecta en el módulo de control del motor.

1.9.5.6. Sensor de posición del cigüeñal CKP

Para McCroth (2011) "El CKP es utilizado para determinar la posición exacta de los pistones en el motor". Aseverando lo escrito por McCroth, el sensor del cigüeñal es un dispositivo electrónico utilizado en un motor de combustión interna para controlar la posición o la velocidad de rotación del cigüeñal. Es usado por los sistemas de gestión del motor para controlar la temporización del sistema encendido y otros parámetros del motor. El sensor del cigüeñal se puede utilizar en combinación con un sensor de posición del árbol de levas similar a supervisar la relación entre los pistones y las válvulas en el motor, que es particularmente importante en los motores con sincronización variable de válvulas. Este método también se utiliza para "sincronizar" un motor de cuatro tiempos al iniciar, permitiendo que el sistema de gestión sepa cuándo hay que inyectar el combustible. También se utiliza comúnmente como la fuente primaria para la medición de la velocidad del motor en revoluciones por minuto.



Figura 33 Sensor de posición del cigüeñal
Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

SENSOR CKP

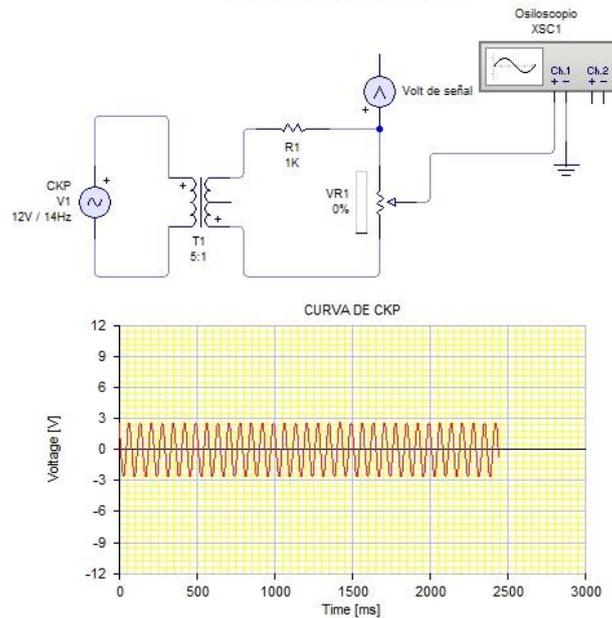


Figura 34 Señal del Osciloscopio y Circuito de CKP
Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

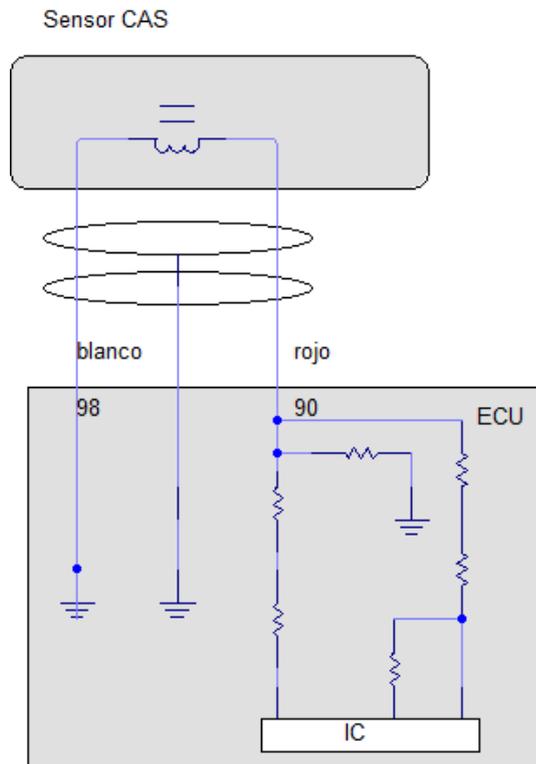


Figura 35 Circuito de operación del CKP
Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

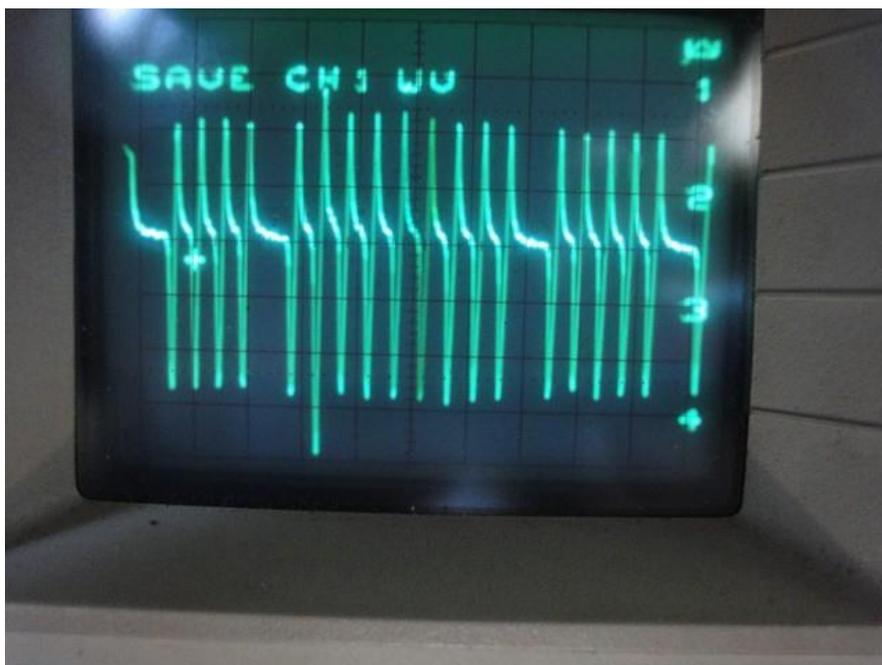


Figura 36 Curva Característica CKP
Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

1.9.6. Módulo de Control del Motor (ECU)

a) Definición

Según lo manifiesta el Grupo Bosch (2008, pág. 106) en su libro, “La unidad de control recibe las señales eléctricas de los sensores, las evalúa y calcula las señales de activación para los elementos actuadores”. Como lo determina el grupo Bosch el módulo de control del motor es el dispositivo que se encarga de recibir las señales que emiten los sensores, este sistema de control se encuentra almacenado en una unidad de memoria que le permite registrar estas señales eléctricas y controlar una serie de actuadores. La unidad de control electrónico también controla el sistema de inyección de combustible, el tiempo de encendido y el sistema de control de velocidad. Basado en la información obtenida de los sensores de entrada (temperatura del refrigerante del motor, presión barométrica de flujo de aire, entre otros), el módulo determina los ajustes óptimos para los

actuadores de salida (inyección, la velocidad, la sincronización del encendido, entre otros).

b) Función

La unidad de control se encarga de evaluar las señales de los sensores externos y a través de las señales de activación calcular las señales para los elementos de ajustes, la unidad se encarga de retransmitir los movimientos a la unidad de control de bomba, emite las siguientes magnitudes registradas o calculadas:

- Numero de revoluciones del cigüeñal.
- Caudal de inyección.
- Comienzo de alimentación.
- La posición correspondiente del anillo de levas para la cuota de inyección deseada.

La unidad de control de encarga de supervisar el sistema de inyección completo.

c) Estructura

La unidad de control está protegida por una carcasa metálica, los sensores, los elementos actuadores y la alimentación de corriente están entrelazados mediante un conector multipolar que conecta a la unidad de control, dicho conector presenta entre 105 y 134 pines según el tipo de aerosol y el volumen funcional. Los componentes de potencia que activan directamente los elementos actuadores, están constituidos de tal forma en el cuerpo de la unidad de control del motor, que garantiza la buena disipación del calor hacia la carcasa, la unidad de control de motor se encuentra tanto en una carcasa estanqueizada como en una no estanqueizada.

1.9.6.1. Diagrama eléctrico de la ECU

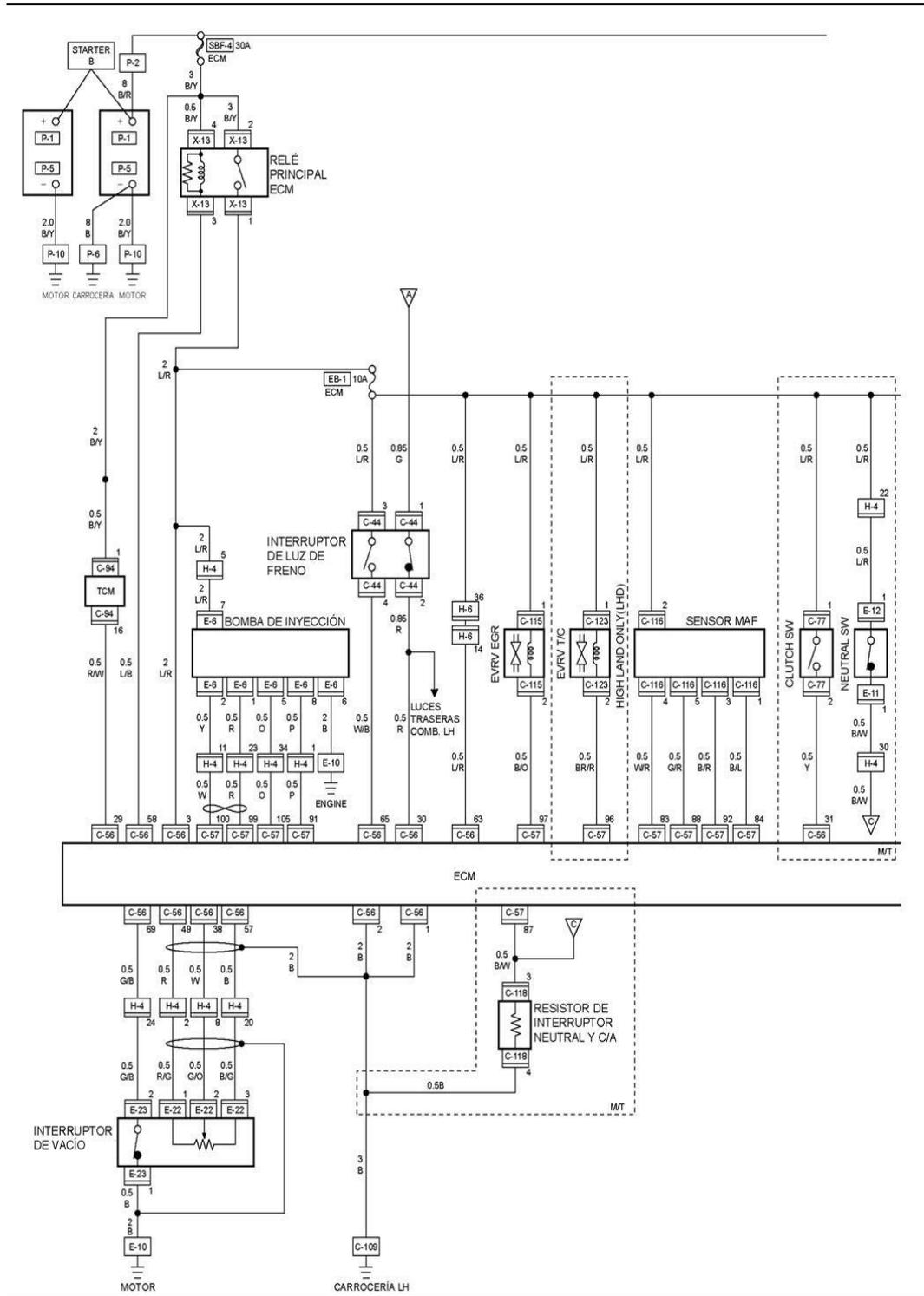


Figura 37 Diagrama 4JH1-TC (A)

Fuente: (Isuzu Motors Limited, 2008)

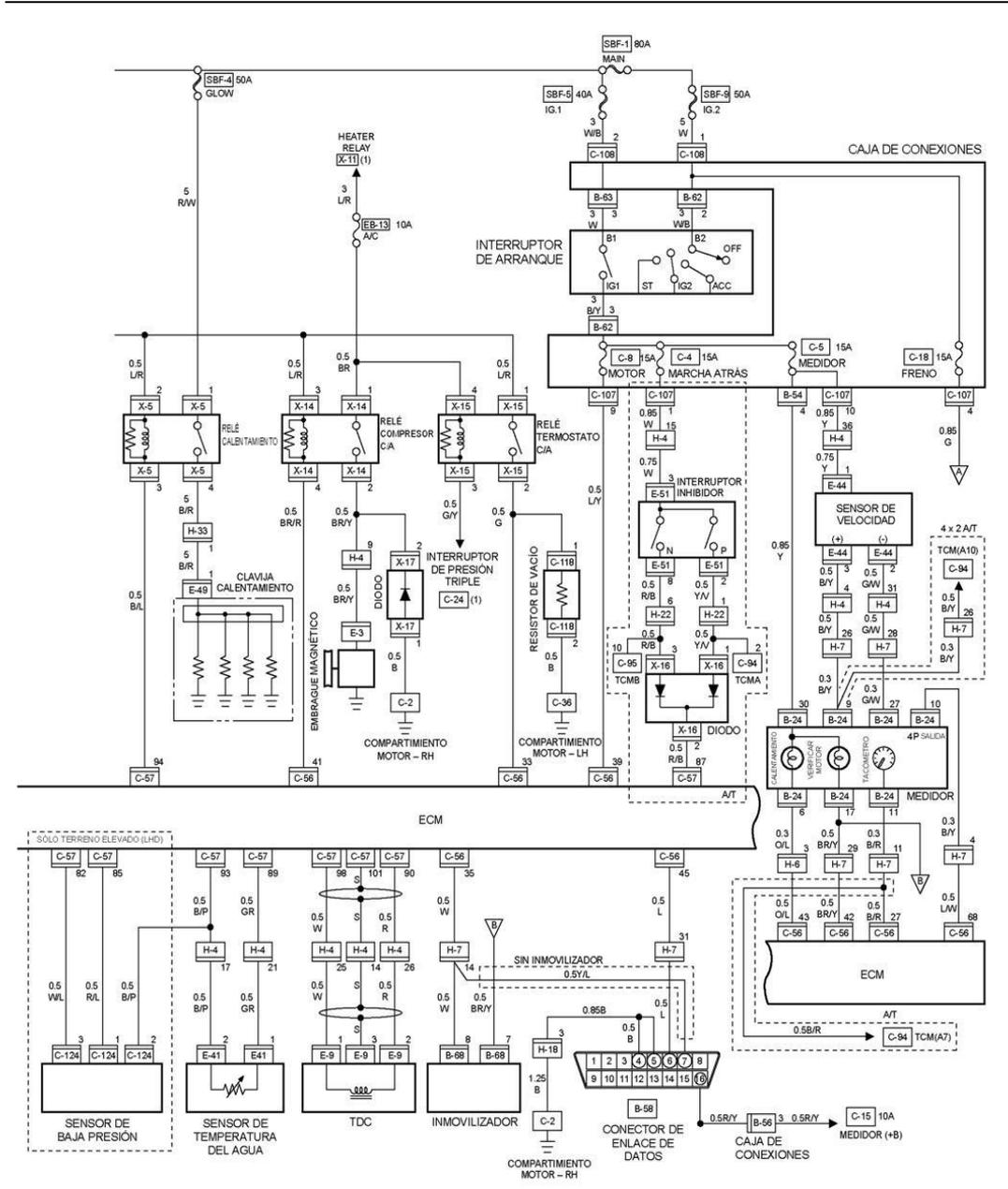


Figura 38 Diagrama 4JH1-TC (B)
Fuente: (Isuzu Motors Limited, 2008)

1.9.6.2. Diagrama de pines

El módulo de control del motor del vehículo Chevrolet D-Max 3.0, dispone de dos conectores uno de 60 pines y otro de 24 pines.

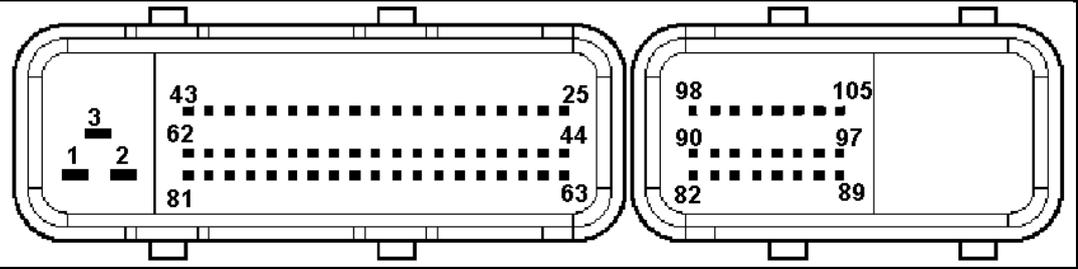


Figura 39 Vista interior del conector.

Fuente: (Isuzu Motors Limited, 2008)

Tabla 13 Señal de salida y clavijas en el conector ECM 4JH1-TC (a)

Clavija N°	B/ Caja N°	Función de clavija	Color de cable	Señal o continuidad				Conexión del ECM	Posición del controlador		
				INT llave apagado	INT llave encendido	Motor en ralentí	Motor de 2.000 rpm		Intervalo	(+)	(-)
1	1	Tierra del ECM	NEG	Continuidad con tierra				Desconectar	Ohmio	1	TIERRA
2	2	Tierra del ECM	NEG	Continuidad con tierra				Desconectar	Ohmio	2	TIERRA
3	3	Alimentación batería	AZU/ ROJ	Menos de 1 V	10-14 V			Conectar	V CC	3	TIERRA
25	25	Sin conexión	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	26	Sin conexión	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	27	Velocidad generada por el motor (al contar revoluciones)	LGN (verde claro)			Aprox. 23 Hz por forma de onda o aprox. 6,3 V	Aprox. 67 Hz por forma de onda o aprox. 6,8 V	Conectar	V CA	27	TIERRA
28	28	Sin conexión	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	29	Sin conexión	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	30	Señal del interruptor de freno 1	VER	Menos de 1 V	No se pisa el pedal: Menos de 1 V Se pisa el pedal: 10-14 V			Conectar	V CC	30	TIERRA
31	31	Señal del interruptor de embrague (MT solamente)	AMA	Menos de 1 V	No se pisa el pedal: 10-14 V Se pisa el pedal: Menos de 1 V			Conectar	V CC	31	TIERRA
32	32	Sin conexión	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Isuzu Motors Limited, 2008)

Tabla 14 Señal de salida y clavijas en el conector ECM 4JH1-TC (b).

Clavija N°	B/ Caja N°	Función de clavija	Color de cable	Señal o continuidad				Conexión del ECM
				INT llave apagado	INT llave encendido	Motor en ralentí	Motor de 2.000 rpm	
33	33	Relé de señal A/C ENCENDIDO	VER/ AMA	Menos de 1 V	El interruptor de solicitud de A/C está encendido: 10-14 V		El interruptor	Conectar
34	34	Sin conexión	-	-	-	-	-	-
35	35	Al conector de enlace de datos N° 6 y la unidad de control del inmovilizador (ICU B8)	AMA					
36	36	Sin conexión	-	-	-	-	-	-
37	37	Sin conexión	-	-	-	-	-	-
38	38	Señal de salida del sensor de posición del estrangulador (TPS)	VER/ NAR	Menos de 1 V	Menos de 1 V		Aprox. 0,5 V	Conectar
39	39	Señal de entrada del interruptor de llave a través del fusible del motor	BLA	Menos de 1 V	10-14 V			Conectar
40	40	Sin conexión	-	-	-	-	-	-
41	41	Relé del compresor A/ C	BLA/ VER	Menos de 1 V	10-14 V	Se activa el Comp. A/C: Menos de 1 V No se activa el Comp. A/C: 10 - 14V		Conectar
42	42	Lámpara de comprobación del motor	VER/ AMA	Menos de 1 V	La lámpara está encendida: Menos de 1 V		La lámpara está apagada: 10-14 V	Conectar
43	43	Lámpara inflamación	NAR/ AZU	Menos de 1 V	La lámpara está encendida: Menos de 1 V		La lámpara está apagada: 10-14 V	Conectar
44	44	Sin conexión	-	-	-	-	-	-
45	45	Al conector de enlace de datos N° 6	AZU	Menos de 1 V	10-14 V			Conectar
46	46	Sin conexión	-	-	-	-	-	-
47	47	Sin conexión	-	-	-	-	-	-
48	48	Sin conexión	-	-	-	-	-	-
49	49	Tierra del sensor de posición del estrangulador (TPS)	NEG/ VER		Ralentí: Aprox. 0,4K ohm / ESTRANGULADOR COMPLETAMENTE ABIERTO: Aprox. 4,0K ohm			Desconectar

Fuente: (Isuzu Motors Limited, 2008)

Tabla 15 Señal de salida y clavijas en el conector ECM 4JH1-TC (c).

Clavija N°	B/ Caja N°	Función de clavija	Color de cable	Señal o continuidad		
				INT llave apagado	INT llave encendido	Motor en ralentí
50	50	Sin conexión	-	-	-	-
51	51	Sin conexión	-	-	-	-
52	52	Sin conexión	-	-	-	-
53	53	Sin conexión	-	-	-	-
54	54	Sin conexión	-	-	-	-
55	55	Sin conexión	-	-	-	-
56	56	Sin conexión	-	-	-	-
57	57	Alimentación del sensor de posición del estrangulador (TPS)	ROJ/ VER	Menos de 1 V	Aprox. 5 V	
58	58	Relé ECM	AZU/ NEG	10-14 V	Menos de 1 V	
59	59	Sin conexión	-	-	-	-
60	60	Sin conexión	-	-	-	-
61	61	Sin conexión	-	-	-	-
62	62	Sin conexión	-	-	-	-
63	63	Alimentación ECM		Menos de 1 V	10-14 V	
64	64	Sin conexión	-	-	-	-
65	65	Señal del interruptor de freno 2	BLA/ NEG	Menos de 1 V	No se pisa el pedal: 10-14 V Se pisa el pedal: Menos de 1 V	
66	66	Sin conexión	-	-	-	-
67	67	Sin conexión	-	-	-	-
68	68	Sensor de velocidad del vehículo (VSS)	AMA/ VER		Aprox. 14,5 Hz por forma de onda o aprox. 6,0 V a una velocidad del vehículo de 20 km/h	
69	69	Interruptor ralentí	VER/ NEG	Menos de 1 V	No se pisa el pedal: Menos de 1 V Se pisa el pedal: Aprox. 5 V	
70	70	Sin conexión	-	-	-	-
71	71	Sin conexión	-	-	-	-
72	72	Sin conexión	-	-	-	-
73	73	Sin conexión	-	-	-	-

Fuente: (Isuzu Motors Limited, 2008)

Tabla 16 Señal de salida y clavijas en el conector ECM 4JH1-TC (d).

Clavija N°	B/ Caja N°	Función de clavija	Color de cable		Señal o continuidad			
					INT llave apagado	INT llave encendido	Motor en ralentí	
74	74	Sin conexión	-	-	-	-	-	-
75	75	Sin conexión	-	-	-	-	-	-
76	76	Sin conexión	-	-	-	-	-	-
77	77	Sin conexión	-	-	-	-	-	-
78	78	Sin conexión	-	-	-	-	-	-
79	79	Sin conexión	-	-	-	-	-	-
80	80	Sin conexión	-	-	-	-	-	-
81	81	Sin conexión	-	-	-	-	-	-
82	82	Sin conexión	-	-	-	-	-	-
83	83	Alimentación del sensor de caudal de aire (MAF)	BLA/ ROJ	Menos de 1 V	Aprox. 5 V			
84	84	Señal del sensor de la temperatura del aire aspirado (IAT)	NEG/ AZU	Menos de 1 V	0° C: Aprox. 3,6 V / 20° C: Aprox. 2,6 V / 40° C: Aprox. 1,7 V / 60° C: 1,1 V / 80° C: 0,7V			
85	85	Sin conexión	-	-	-	-	-	-
86	86	Sin conexión	-	-	-	-	-	-
87	87	Interruptor neutral	NEG/ BLA	Menos de 1 V	En neutral: Menos de 1 V Distinto de neutral: 10-14 V			
88	88	Señal del sensor de caudal de aire (MAF)	VER/ ROJ	Menos de 1 V	Aprox. 1 V	Aprox. 1,8 V	Aprox. 2,5V	
89	89	Señal del sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT)	GRI	Menos de 1 V	0° C: Aprox. 4,4 V / 20° C: Aprox. 3,8 V / 40° C: Aprox. 2,9 V / 60° C: 2,1 V / 80° C: 1.4V			
90	90	Señal del sensor CKP	ROJ			Aprox. 47 Hz por forma de onda	Aprox. 134 Hz por forma de onda o aprox. 1,1 V	
91	91	Salida del sensor CKP a la unidad de control de bomba (PSG) N° 8	ROS			Aprox. 47 Hz por forma de onda	Aprox. 134 Hz por forma de onda o aprox. 0,7 V	

Fuente: (Isuzu Motors Limited, 2008)

Tabla 17 Señal de salida y clavijas en el conector ECM 4JH1-TC (e).

Clavija N°	B/ Caja N°	Función de clavija	Color de cable	Señal o continuidad		
				INT llave apagado	INT llave encendido	Motor en ralentí
92	92	Tierra del sensor de caudal de aire (MAF)	NEG/ ROJ	Continuidad con tierra	-	-
93	93	Tierra del sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT)	NEG/ ROS	Continuidad con tierra	-	-
94	94	Relé de inflamación	NEG/ ROJ	Menos de 1 V	Se activa el sistema de inflamación: Menos de 1 V No se activa el sistema de inflamación: 10 - 14V	
95	95	Sin conexión	-	-	-	-
96	96	Sin conexión	-	-	-	-
97	97	EVRV para EGR	NEG/ NAR	-	-	Aprox. 140 Hz por forma de onda cuando se acciona la EVRV
98	98	Tierra del sensor CKP	BLA	Continuidad con tierra	-	-
99	99	CAN (Red local del controlador) a la PSG N° 1	AZU	-	-	-
100	100	CAN (Red local del controlador) a la PSG N° 2	AMA	-	-	-
101	101	Línea de blindaje del sensor CKP	NEG	Continuidad con tierra	-	-
102	102	Sin conexión	-	-	-	-
103	103	Sin conexión	-	-	-	-
104	104	Sin conexión	-	-	-	-
105	105	Señal de fin de inyección de la válvula solenoide (MAB) a la PSG N° 5	NAR	-	-	-

Fuente: (Isuzu Motors Limited, 2008)

1.9.7. Módulo de control de la bomba (PSG)

a) Definición y funcionamiento

Referenciando a la información clave encontrada en (Bosch, 1999) explica lo siguiente, “sobre la parte superior de la bomba esta atornillada la unidad de control de comba provista de aletas de refrigeración” lo señalado anteriormente indica que en la parte superior de la bomba esta sujeta la unidad de control que su vez está constituida por aletas que permiten la refrigeración, la unidad a partir de la información del sistema DWS (Dimension Weigh Scan)⁴ y la unidad de control del motor proporcionan las señales de activación para la electroválvula de alta presión y la electroválvula de variador de avance.

b) Función

La unidad de control es un mecanismo dosificador inteligente, esta se encarga de ajustar la regulación del comienzo de inyección para que el avance el variador se necesite los impulsos de los sensores de revoluciones o ángulo de rotación como marcas de referencia. El caudal de inyección es transformado para la electroválvula de alta presión, la cuota de inyección es considerada también como la electroválvula de alta presión, el motor está integrado con un sistema de seguridad EDC (Electronic Diesel Control) por la comunicación con la unidad de control del motor.

c) Estructura

La unidad de control está ajustada sobre la bomba y ejecutada mediante una técnica micro-híbrida, esta provista con un conector que a su vez tiene nueve polos que establece una unión entre la unidad de control de bomba con la unidad de control del motor, por medio de esta unión se

⁴ Escaneo de Dimensión y Peso
Regulación Electrónica de Diesel

establece una comunicación entre ambas unidades. Por debajo de la caja de la unidad de control pasa un cable que refrigera la unidad de control de la bomba, las entradas directas de sensores de la bomba de inyección señalan la medición del sensor del ángulo de rotación llamada señal DWS debido a este sistema se permite escanear el peso, medida de volumen y código de barras, del sensor de temperatura de combustible. La señal que emite el sensor ayuda a evaluar la unidad de control del motor para su procesamiento posterior, debido a la posición adosada expuesta junto a la bomba de inyección, el cuerpo de la unidad de control de bomba esta estanqueizado. La designación de cables y coloración de los cables se la determina en la siguiente tabla.

Tabla 18 Denominación de cables y coloración de los cables de PSG

CLAV	Color de cable	SEÑAL	ECU
1	Rojo	CAN al ECM	99
2	Blanco	CAN al ECM	100
3	-	-	-
4	Naranja	Señal de fin de inyección de la válvula solenoide	105
5	-	-	-
6	Negro	Tierra	-
7	Azul – rojo	Alimentación de batería (12V)	3
8	Rosado	Señal de sensor CKP del ECM a la PSG	91
9	-	-	-

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

1.9.7.1. Diagrama de pines de la PSG.

El módulo de control de la bomba (PSG) de vehículo Chevrolet D-Max 3.0 dispone de un conector de 9 pines.

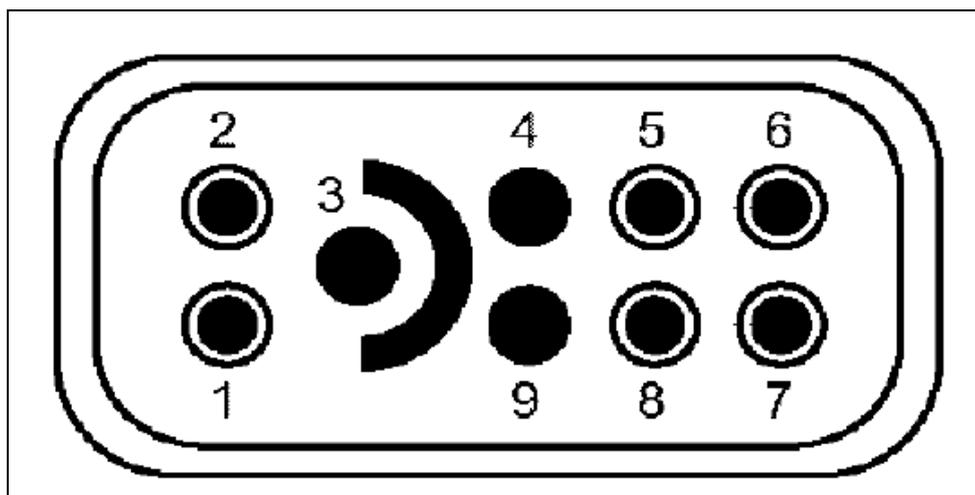


Figura 40 Vista interior del conector del PSG.

Fuente: (Isuzu Motors Limited, 2008)

Tabla 19 Señal de salida y clavijas en el conector PSG 4JH1-TC.

Clavija N°	B/Caja N°	Función de clavija	Color de cable	Señal o continuidad				Conexión de ECM y PSG	Posición del controlador		
				INT llave apagado	INT llave encendido	Motor en ralentí	Motor de 2.000 rpm		Intervalo	(+)	(-)
1	99	CAN (Red local del controlador) al ECM N° 99	ROJ	Continuidad entre ECM y PSG	-	-	-	Desconectar	Ohmio	1	99 (ECM)
2	100	CAN (Red local del controlador) al ECM N° 100	BLA	Continuidad entre ECM y PSG	-	-	-	Desconectar	Ohmio	2	100 (ECM)
3	-	Sin conexión	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	Sin conexión	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	105	Señal de fin de inyección de la válvula solenoide (MAB) al ECM N° 105	NAR	Continuidad entre ECM y PSG	-	-	-	Desconectar	Ohmio	5	105 (ECM)
6	-	Tierra	NEG	Continuidad con tierra	-	-	-	Desconectar	Ohmio	6	TIERRA
7	-	Alimentación batería	AZU/ROJ	Menos de 1 V	10-14 V			Desconectar	Ohmio	7	TIERRA
8	91	Salida del sensor CKP del ECM N° 91 a la unidad de control de la bomba (PSG)	ROS	Continuidad entre ECM y PSG				Desconectar	Ohmio	8	91 (ECM)
9	-	Sin conexión	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: (Isuzu Motors Limited, 2008)

1.9.7.2. Intercambio de datos con el módulo de control y el módulo de control de la bomba

El intercambio de datos entre el módulo de control del motor (ECU) y la unidad de control de la bomba (PSG) se realiza a través de un sistema bus de la CAN (Red Local del Controlador). El intercambio de información entre los dos módulos se efectúa a través de dos formas:

- Señal analógica
- Bus de la CAN (Red Local del Controlador).

Las clavijas que emiten señales analógicas se utilizan para intercambiar la siguiente información:

Tabla 20 Señales analógicas

TIPO DE SEÑAL	PIN ECU
Señal de velocidad del motor	91
Velocidad de la bomba	105
Señal de la válvula solenoide de fin de inyección de combustible (MAB).	105

Fuente: (Isuzu Motors Limited, 2008)

La señal de las revoluciones del motor es enviada desde la ECU, hacia la PSG en relación a los datos recibidos del sensor de posición del árbol de levas (CMP). La señal que emite el CMP es de tipo analógica para poder ser enviada a la PSG y la pueda interpretar, la ECU la convierte en una señal digital. La señal que emite la válvula solenoide de fin de inyección del combustible se conoce con el nombre de señal MAB.

Referenciando la información publicada en el informe realizado por ISUZU (2008), esta señal MAB, hace referencia al corte de la válvula solenoide de alta presión, la señal MAB se usa para dos fines.

- Referencia para la ECU de la velocidad de la bomba.
- Apagar el motor.

Entre las principales señales que se intercambian a través de la red CAN se tiene:

Desde la ECU a la PSG:

- Caudal de inyección deseada
- Tiempo de inyección deseado
- Velocidad del motor

Desde la PSG al ECU

- Temperatura del combustible
- Velocidad de la bomba
- Identificador de cilindro
- Pulso de control (cantidad de inyección real + tiempo de inyección real)
- Estado de la PSG

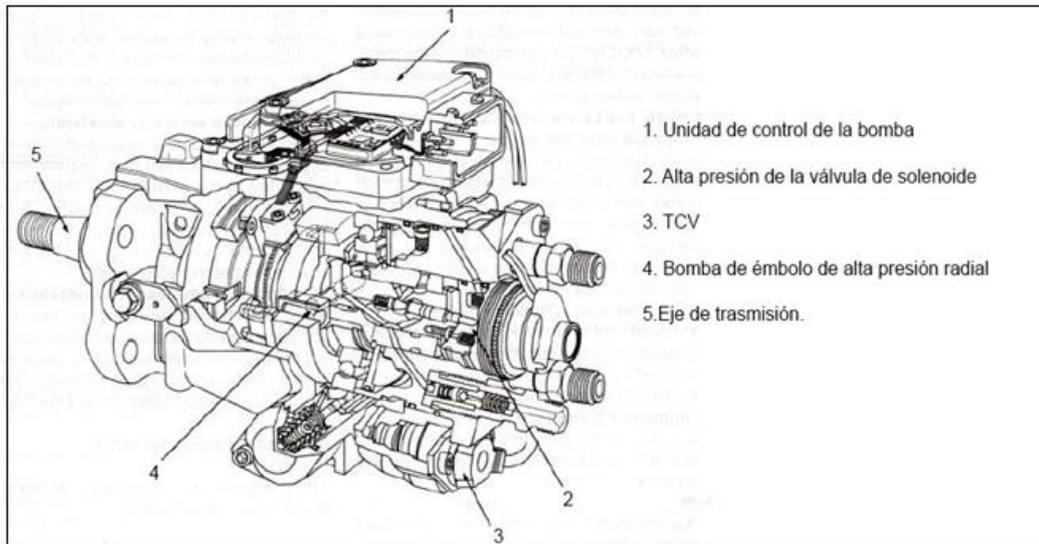


Figura 41 Componentes de la bomba rotativa de inyección de émbolos radiales

Fuente: (Bosch, 1999)

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

1.9.8. Sensor del ángulo de rotación

La rueda transmisora con dentado fino está ubicada encima del eje de accionamiento de la bomba de inyección, en el contorno de la rueda está distribuido de forma uniforme unos huecos entre dientes especialmente grandes, cuya cantidad le corresponde al número de cilindros del motor. La sucesión de dientes y huecos entre dientes es explorada por un sensor de ángulo de rotación. El sensor de ángulo de rotación genera señales relacionadas con el sensor de ángulo de rotación. Es por esta razón que el sensor está montado fijamente en la rueda transmisora, la señal emitida por la señal del ángulo de rotación es transmitida a la unidad de control de bomba a través de una lámina conductora flexible dentro de la bomba de inyección. La señal que emita el DWS es empleada para las realizar las siguientes tareas:

- Determinar la posición angular momentánea.
- Medición de la velocidad de rotación actual de la bomba de inyección.

- Determinación de la posición de regulación momentánea del variador de avance.

Según la posición angular momentánea establecida, dará la señal para la electroválvula de alta presión, solo si existiese una correcta activación del ángulo quedara garantizado que se produzca el momento de cierre como el de apertura de la electroválvula de alta presión en la correspondiente dirección de leva. La posición real del variador de avance podrá determinar la comparación de las señales del sensor de ángulo de rotación. Esta posición es necesaria para la regulación del variador de avance.

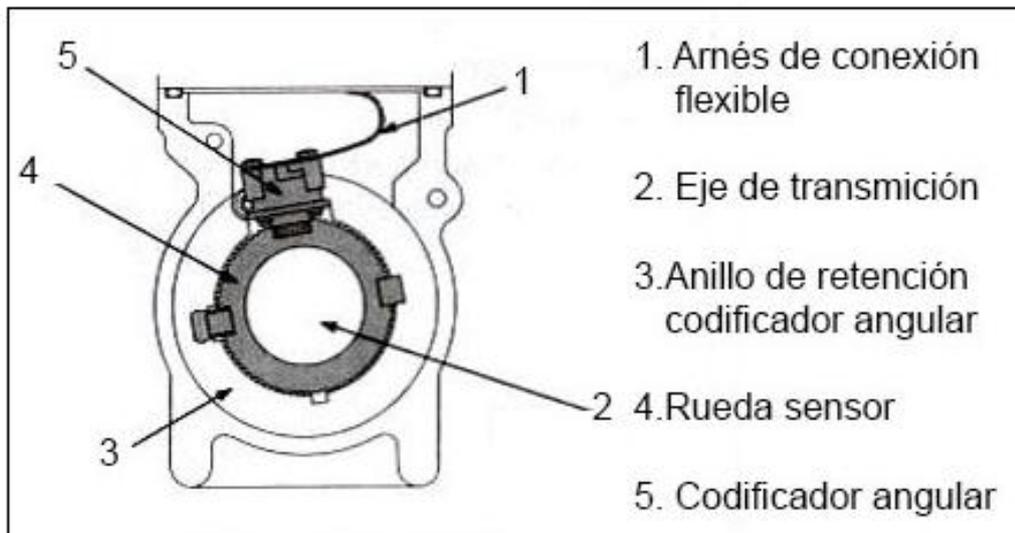


Figura 42 Sensor del ángulo de rotación en un eje de accionamiento

Fuente: (Bosch, 1999)

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

La rueda incremental y la fijación para el sensor del ángulo de rotación se encuentran en el eje de accionamiento, la función de esos dos elementos es para poder medir el ángulo que adopte el eje de accionamiento y el anillo de levas durante el giro. Luego de eso se puede

calcular el número de revoluciones actuales, la posición del variador de avance y la posición angular del árbol de levas.

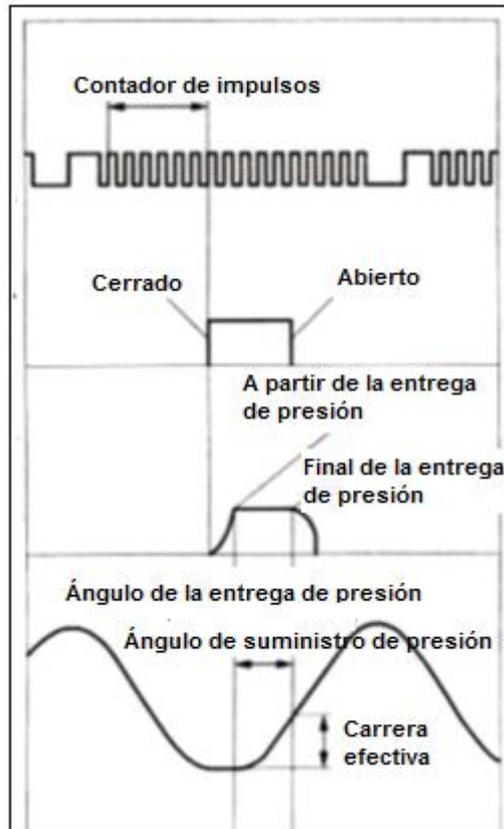


Figura 43 Generación de la señal de activación para la electroválvula de alta presión

Fuente: (Bosch, 1999)

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

1.9.9. Electroválvula de alta presión

Esta está ubicada en el cuerpo distribuidor, el cual se penetra con la aguja de válvula en el eje distribuidor y gira de forma sincronizada, la válvula se abre o se cierra según la relación de impulsos variables según las ordenes de la unidad de control de la bomba. El inicio del correspondiente cierre es determinada según la duración de alimentación de la bomba de alta presión de emboles radiales. Es así como se puede graduar el caudal de combustible.

La electroválvula de alta presión ubicada en la parte de alta presión de la bomba de inyección permite que se gradúe el caudal, al iniciarse este proceso de inyección pasa por una corriente a través de la bobina del imán y el magnético introducido es presionado, junto con la aguja de válvula en dirección al asiento de válvula. Una vez cerrado completamente la aguja de la válvula ya no puede pasar combustible. Como reacción a esto aumenta rápidamente la presión del combustible en la parte alta de presión y abre el inyector activado en cada caso. Cuando se obtiene el caudal de inyección deseado se interrumpe el paso de corriente hacia el imán, el cual abre de nuevo la electroválvula de alta presión haciendo desaparecer la presión en la parte de alta presión. Para que este proceso sea controlado de forma más eficaz, la unidad de control de bomba puede determinar el momento de cierre real de la electroválvula de alta presión, en base a la evolución de la corriente.

Variador de avance

En la parte baja del interior de la bomba se encuentra el variador de avance hidráulico, además cuenta con una válvula de impulsos y el embolo de trabajo situado transversalmente respecto a la forma como gire el eje de la bomba, según el estado de carga y régimen de giro del variador de avance que a su vez hace girar el anillo de levas, para de esta forma variar la alimentación y también el momento de inyección, ese hecho es conocido también como variación electrónica de avance a la inyección.

Por medio de la electroválvula del variador de avance es controlada la unidad de control de bomba, que se activa por medio de los intervalos de manera constante por una corriente de mando con frecuencia constante. La relación de impulsos es la que determina el caudal de paso, el caudal de paso puede variarse según el variador de avance basándose en su posición teórica.

1.9.10. Bomba de inyección

a) Definición

Según el manual de servicio de ISUZU (2008):

Esta bomba ha sido desarrollada para suministrar la cantidad de inyección de combustible y el tiempo de inyección más apropiados para satisfacer las demandas de fiabilidad, maniobrabilidad, bajas emisiones de humos, reducción del ruido, alta potencia y emisiones de gases transparentes del motor.

La bomba de inyección es un mecanismo que permite proporcionar la cantidad de inyección del combustible en el vehículo de manera adecuada, proporcionando confianza al momento de suministrar el combustible necesario y de esta manera reducir las emisiones del mismo.



Figura 44 Bomba VP 44

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin Santiago León

b) Parámetros de calibración

Propiedades y datos característicos de las bombas rotativas de émbolos radiales.

Tabla 21 Parámetros de calibración

Sistema de inyección	Caudal de inyección por carrera (cm ³)	Presión max. A lado del inyector (bar)	Número de revolución es min ⁻¹	Potencia máxima por cilindro
VR (VP44)	0.135	1700	4500	37

Fuente: (Isuzu Motors Limited, 2008)

c) Ficha de calibración

Tabla 22 Calibraciones de la bomba.

RPM	GOLPES (n)	CAUDAL (cc)	TRABAJO
100	100	3 a 6 cc	Arranque
260	100	8 cc	Ralentí
1000	100	7 cc	Potencia

Fuente: (Isuzu Motors Limited, 2008)

1.9.11. Inyectores

a) Definición

Según lo determina el Grupo Bosch (2008), “Los inyectores de orificios se utilizan para motores que trabajan según el método de inyección directa (Direct Injection, DI). La posición de montaje es determinada por el diseño del motor”. Básicamente el inyector es el elemento en el sistema de combustible encargado de transportar el combustible a la cámara de combustión y pulverizarlo.

Un inyector es un tipo de bomba que utiliza el efecto Venturi de una tobera convergente-divergente para convertir la presión de la energía de un fluido motor a la velocidad de la energía que crea una zona de presión que atrae y arrastra un fluido de aspiración. Después de pasar a través de la garganta del inyector, el fluido mezclado se expande y la velocidad se

reduce lo que resulta en volver a comprimir los fluidos mezclados mediante la conversión de la energía de velocidad de nuevo en energía de presión. El fluido motor puede ser un líquido, vapor o cualquier otro gas. El fluido de aspiración arrastrado puede ser un gas, un líquido, una suspensión, o una corriente de gas cargado de polvo.



Figura 45 Inyectores

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin Santiago León

b) Funcionamiento

La función de un inyector de combustible es para liberar combustible sistemáticamente en la cámara de combustión para la ignición que alimenta el motor se lleven a cabo. Tiene una puerta que está controlada eléctricamente y se abre poco a estallar de combustible en la cámara de combustión. La mayoría de los sistemas de inyección de combustible están diseñados para los motores diésel y de gasolina ligera.

Los componentes esenciales entre la bomba de émbolos radiales y el motor diésel son los inyectores y los correspondientes porta-inyectores, las funciones básicas de estos son:

- Inyección graduada.
- Preparativo del combustible.

- Alineación del proceso de irrigación.
- Estanqueizado contra la cámara de combustión.

Debido a la existencia de diversos tipos de combustión y la versatilidad se da la forma, dirección del chorro, la fuerza con la que penetra, la pulverización del chorro de combustible del inyector y la inyección del grado del árbol de levas, deben adaptarse a las condiciones presentes. En el momento de la construcción de los porta-inyectores las medidas deben ser estándares y grupos constructivos, en el cual se consiga la flexibilidad necesaria con un mínimo de variantes de piezas individuales.

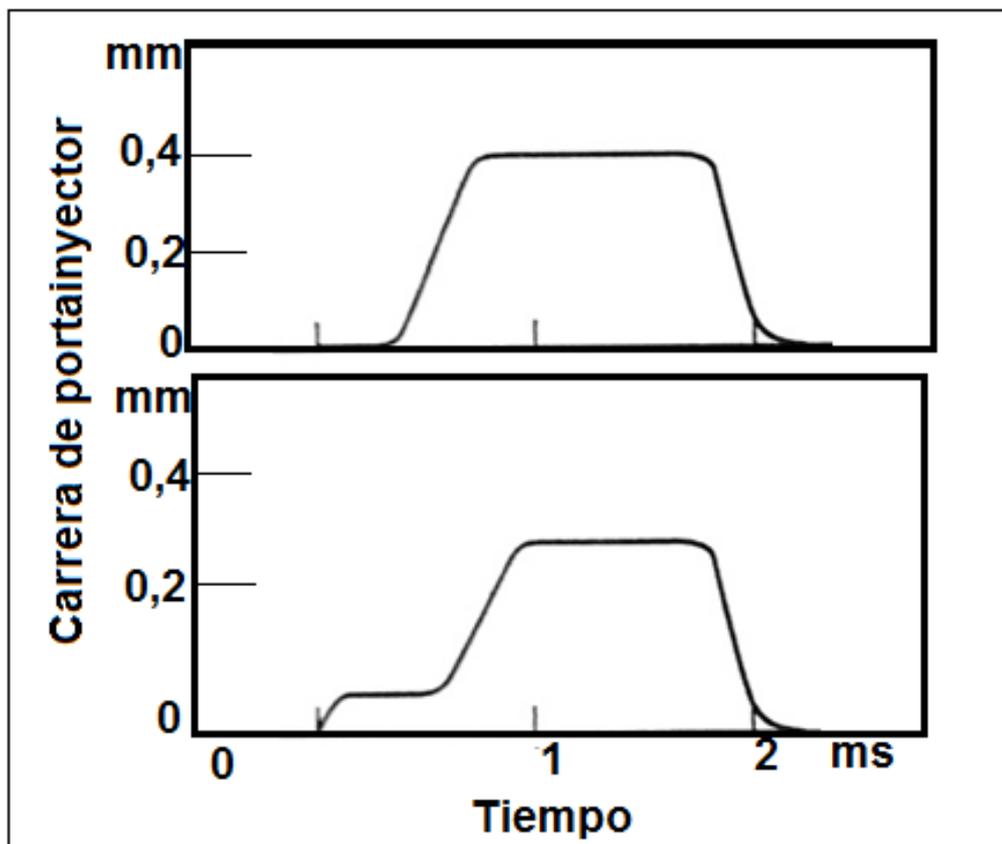


Figura 46 Comparación de la evolución de carrera de aguja

Fuente:(Bosch, 1999)

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin Santiago León

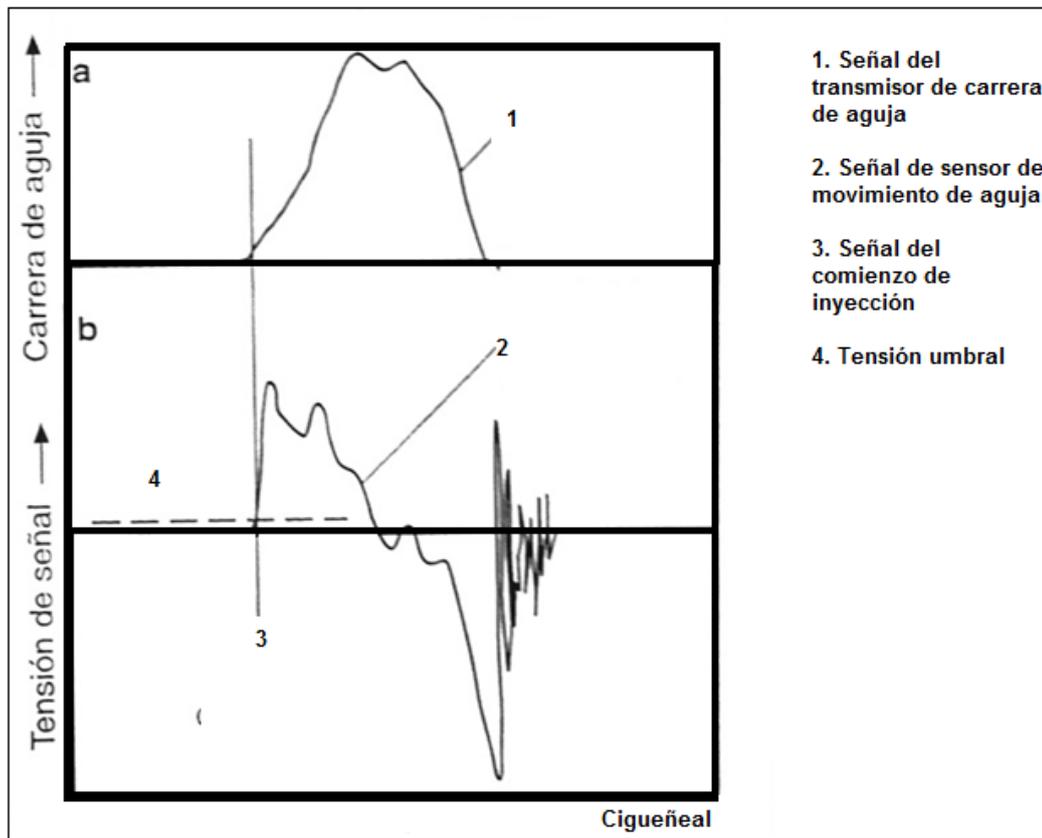


Figura 47 Comparación de un curva de carrera de aguja con la correspondiente curva de tensión de señal del sensor de movimiento de aguja

Fuente:(Bosch, 1999)

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin Santiago León

a) Aplicación

Los inyectores de orificios son usados para motores de inyección directa, se dividen en inyectores de taladro ciego e inyectores de taladro en asientos, los orificios se distinguen por su tamaño constructivo dividiéndolos en:

- Tipo P: su diámetro de aguja es de 4 mm.
- Tipo S: su diámetro de aguja es de 5 y 6 mm.

b) Construcción

Encima de la envoltura del cono de chorro están ubicados los agujeros de inyección, la cantidad y el diámetro de los agujeros se ve ligado al caudal de inyección, la forma de la cámara de combustión y de la turbulencia de aire en la cámara de combustión. Las aristas de entrada de los agujeros de inyección pueden estar redondeadas por mecanización hidroero si va. En los lugares donde se producen grandes velocidades de flujo, las partículas abrasivas que contienen en el fluido HE (Fluido Térmico) son las encargadas de eliminar el material. Para realizarse los inyectores de taladro ciego y taladro en asiento se usa el redondeado HE, el objetivo es realizar de forma periódica el desgaste de artistas que producen partículas abrasivas del combustible y reducir las tolerancias de caudal. Al momento de trabajar con las emisiones de hidrocarburos es importante mantener controlado el volumen ocupado por el combustible, esto se consigue con los inyectores de taladro en asiento.

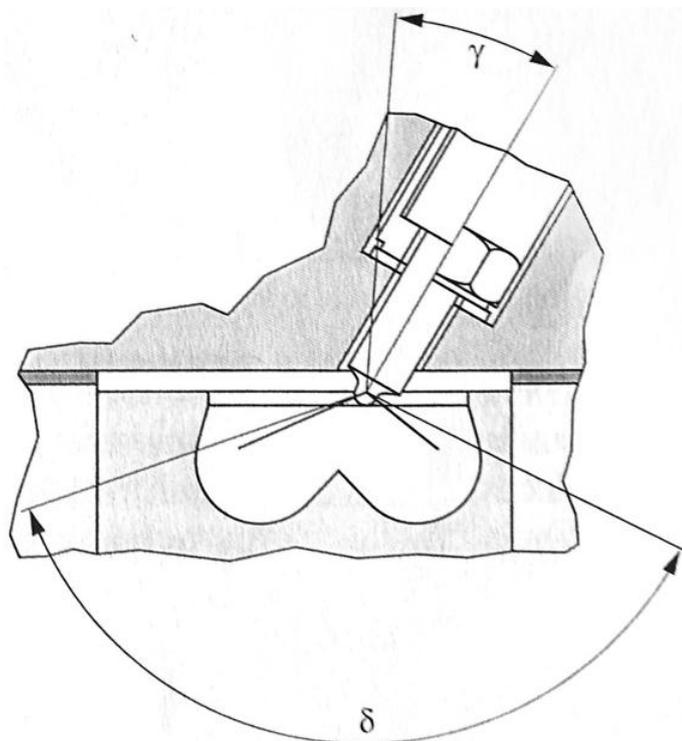


Figura 48 Cono del chorro

Fuente:(Bosch, 1999)

1.9.12. Ejecuciones

a) Inyector de taladro ciego

Para realizar los agujeros de inyección se utiliza un casquete redondo, según el funcionamiento de forma mecánica o electro erosiva llamada también eliminación eléctrica de partículas. Generalmente los taladrados de forma electro erosivo son hechos con los inyectores de taladro ciego con casquete cónico, las partes de un inyector de taladro ciego:

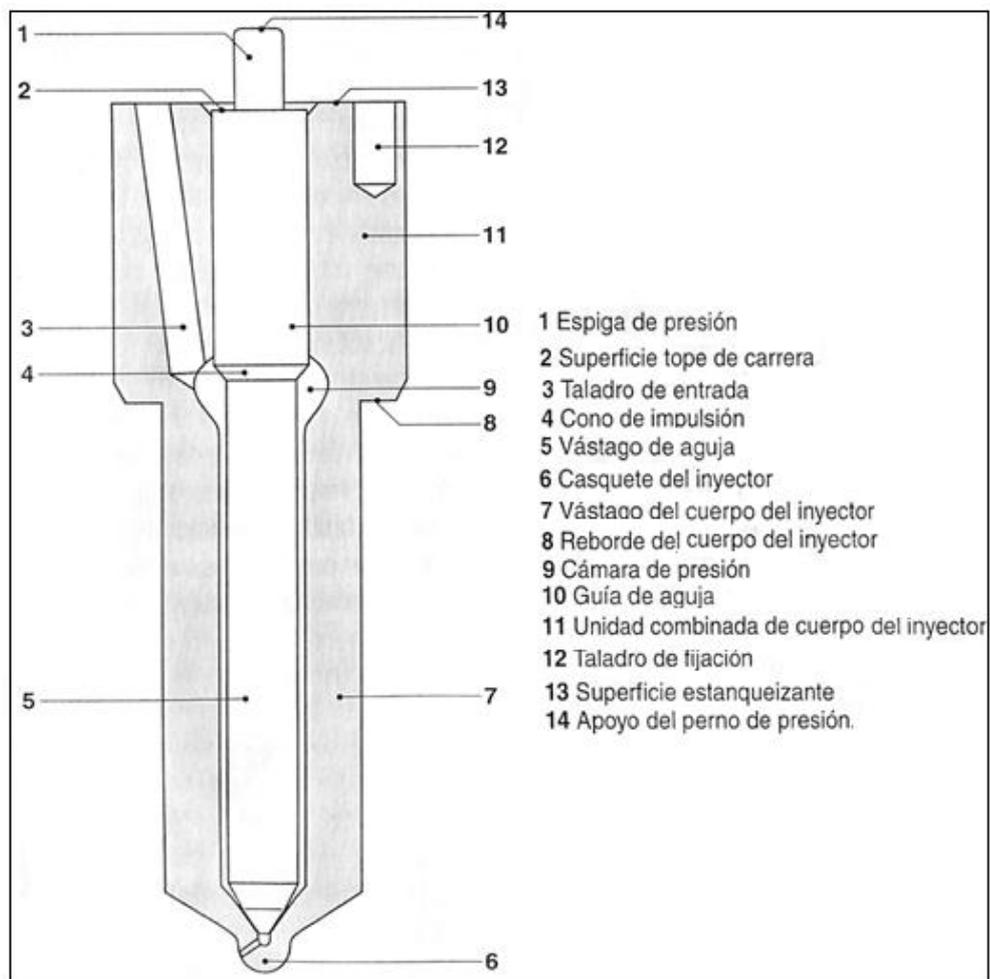


Figura 49 Inyector de taladro ciego

Fuente:(Bosch, 1999)

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin Santiago León

El inyector de taladro ciego con taladro ciego cilíndrico casquete cónico se lo usa para longitudes de agujero de 0,6 mm, la resistencia del casquete aumenta de mediante un espesor de pared mayor entre la radio de la garganta y el asiento del cuerpo inyector. El volumen de taladro ciego se centra en el inyector de taladro en asiento y el inyector de taladro ciego con taladro ciego cilíndrico. El fin es obtener un espesor de pared uniforme con casquete, esto se ejecuta crónicamente con correspondencia en el trabajo ciego.

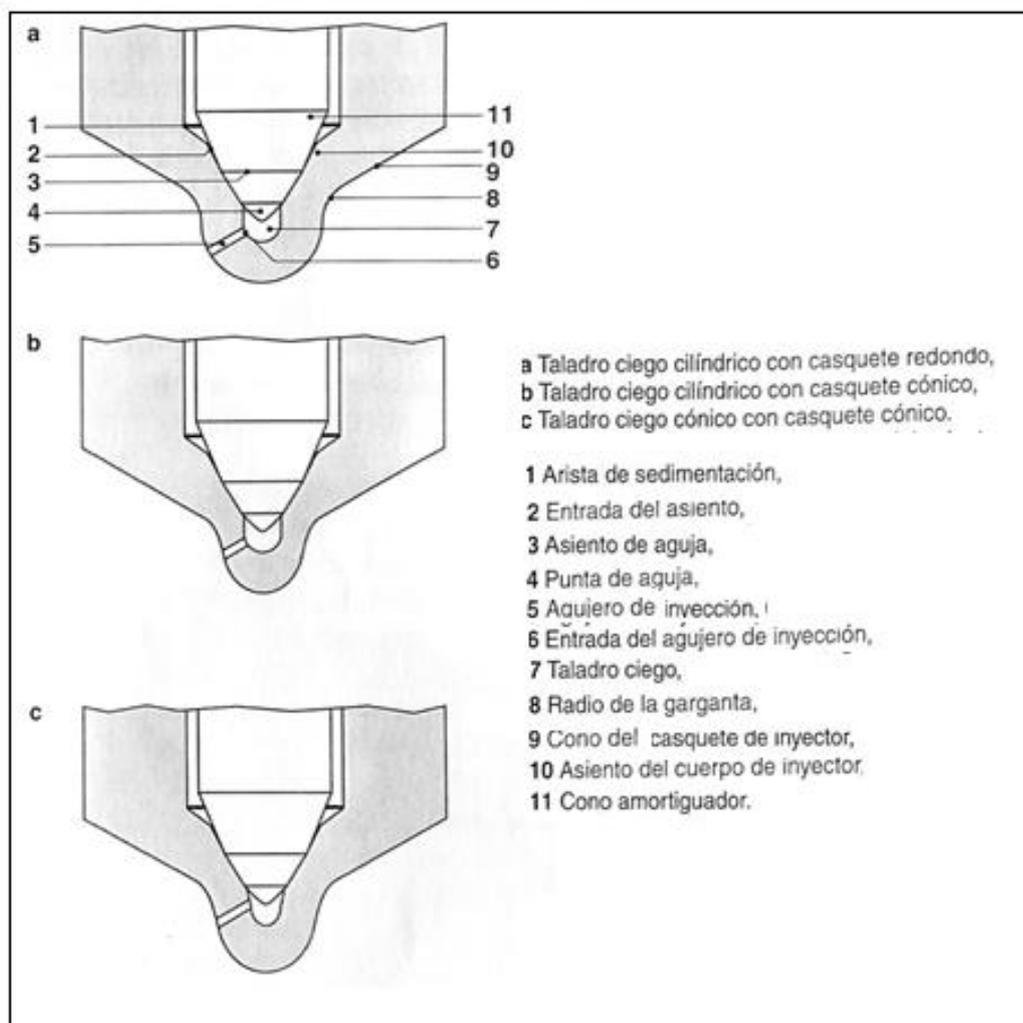


Figura 50 Formas de taladro ciego

Fuente:(Bosch, 1999)

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin Santiago León

b) Inyector de taladro en asiento

En el caso que desee reducir drásticamente el volumen residual y la emisión de HC, al momento de realizar el agujero de inyección que se encuentra en el cono del asiento del cuerpo del inyector y queda cubierto ampliamente por la aguja cuando está cerrado el inyector. No hay alguna conexión existente entre el taladro ciego y la cámara de combustión, los inyectores de taladro tiene un límite de sollicitación destacadamente inferior y sólo puede ser ejecutados en el tamaño P con una longitud de agujero de 1mm, la forma cónica del casquete se debe a la resistencia, los agujeros de inyección están taladrados generalmente de forma electro erosiva.

c) Porta-inyectores estándar

Tipos de porta-inyectores:

Para inyectar los motores de inyección directa se lo hace con bombas rotativas de inyección de émbolos radiales, los porta-inyectores se distinguen de dos formas:

- Porta-inyectores estándar con y sin sensor de movimiento de aguja.
- Porta-inyectores de dos muelles con y sin sensor de movimiento de aguja.

d) Aplicación

Los porta-inyectores mencionados anteriormente tienen las siguientes características:

- Su exterior es de forma cilíndrica con los diámetros entre 17 y 21 mm
- Muelle que presenta una pequeña masa movida.
- Inyección directa en sus inyectores fijos.

- Piezas estandarizadas combinables: muelles, perno de presión, tuerca de fijación de inyector.

e) Construcción

Los componentes del conjunto porta-inyector se integran de inyector y porta-inyector. El porta-inyector se compone de: cuerpo soporte, disco intermedio, tuerca de fijación del inyector, perno de presión, muelle de comprensión, arandela de compensación y pasadores de fijación.

f) Calibraciones

Es necesario que la calibración se realice de manera periódica para asegurarse de que un inyector está operando adecuadamente. Utilice uno de los métodos siguientes para una comprobación rápida definitiva de la concentración mientras está en funcionamiento y, a continuación distinguir una mezcladora de combustible de error de un mal funcionamiento del inyector. Método de la relación de volumen: Una manera de determinar si un inyector está entregando a la relación de inyector correcta es medir directamente la entrada de concentrado de combustible y el volumen de salida diluida. La relación entre el volumen de entrada al volumen de salida debe ser igual a la proporción del inyector de ajuste en el inyector. Este proceso es llevado a cabo de la siguiente manera:

Determinar la relación de dilución usando la siguiente fórmula:

Ecuación 1 Relación inyector

$$Ri = \frac{VE}{VS}$$

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin Santiago León

Donde, volumen de salida es la cantidad conocida de solución de combustible después de que tiene pasado a través del inyector, y el

volumen de entrada es la cantidad de concentrado de combustible que ha sido tomado por el inyector durante la prueba.

Tabla 23 Calibraciones

CALIBRACIONES			
RPM	Caudal de entrega	Presión	Fuel Rate
500	min 6 cc/ golpe max 9 cc/ golpe	min 650 kpa max 725 kpa	min 87 max 88
750	min 6 cc/ golpe max 9 cc/ golpe	min 850 kpa max 950 kpa	min 129 max 131
1000	min 6 cc/ golpe max 9 cc/ golpe	min 1250 kpa max 1350 kpa	
1250	min 6 cc/ golpe max 10 cc/ golpe	min 1475 kpa max 1575 kpa	

Fuente: (Perco - Tronics, 2012)

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin Santiago León

1.9.13. Conector DLC (Data Link Conector)

a) Definición

El OBD (onboarddiagnostic) es un sistema de diagnóstico del motor que es capaz de monitorear el desempeño del mismo para regular o reducir las emisiones contaminantes que pueda generar el motor, también detectan fallas que nos permiten realizar un rápido diagnóstico de avería, para lograr visualizar esos códigos de falla se debe acceder a ella a través del conector DLC (Data Link Conector). Este dispositivo hace de enlace de comunicación entre el sistema obd y el escáner del vehículo, a través de este se puede tener acceso a los códigos de falla (PIDS)

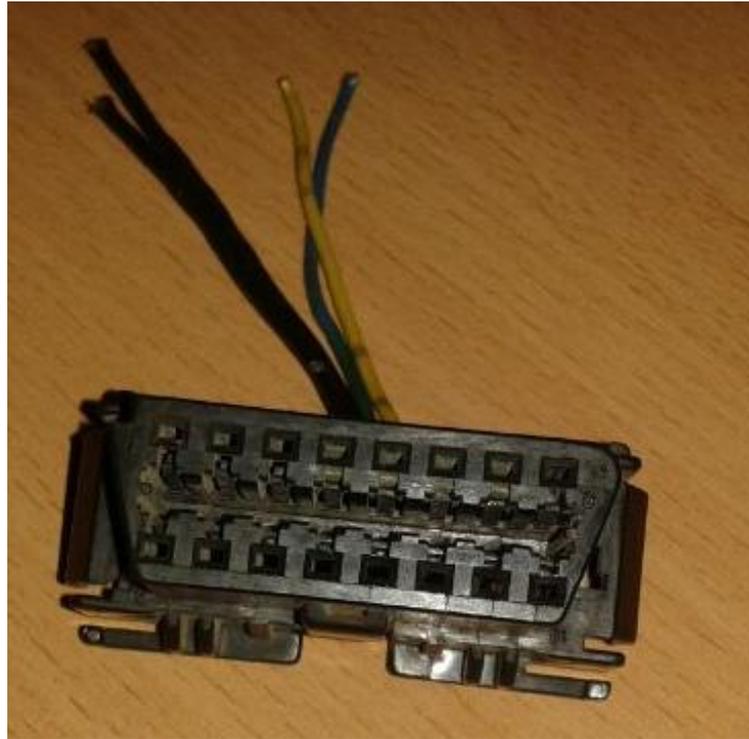


Figura 51 Conector DLC (Data Link Connector)

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin Santiago León

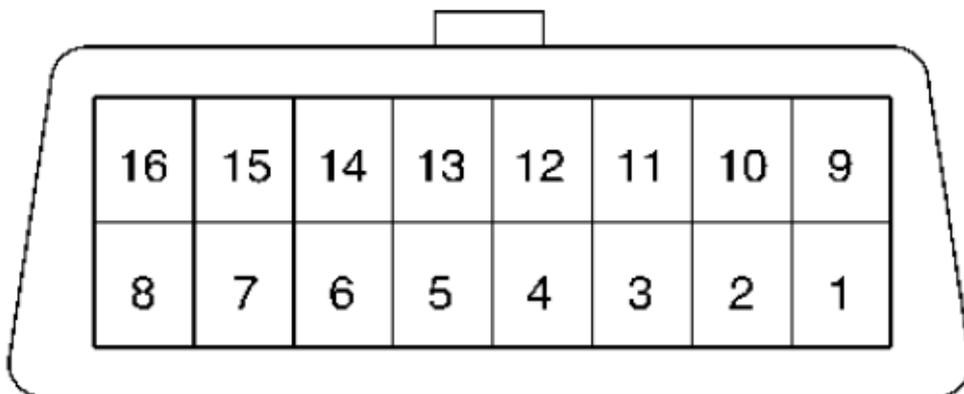


Figura 52 Data Link Conector

Fuente: (Isuzu Motors Limited, 2008)

1.9.14. Datos de información del programa PIDS

Los PID (Parámetro de información del programa), es el nombre técnico que se utiliza para toda información que necesite el técnico ya que es un modo más fácil, rápido y confiable de poder obtener parámetros de funcionamiento e información para generar un diagnóstico más acertado de la causa del mismo

Esto se logra a través de la presentación de códigos de fallas que han sido previamente asociadas a cada uno de los sensores y las posibles fallas que se pueden presentar que son detectadas por los mismos, un ejemplo de ello es que existen más de cien PIDS que se pueden presentar en un vehículo pero aproximadamente solo veinticinco códigos son los que hacen referencia a un problema que pueda tener un motor.

Tabla 24 Información del programa PIDS.

DESCRIPCIÓN DE PINES		
PIN	FUNCIÓN	COMUNICACIÓN
1	ENTRADA	
2		SAE VPW7PWM, SAE J1850
4	MASA DEL VEHÍCULO	
5	MASA DE LA SEÑAL	
6	HIGH CAM	SAE J2284
7		ISO 9141-2 (LÍNEA K)
10		PWM, SAE J1850
14	LOW CAM	SAE J2284
15		ISO 9141-2 (LÍNEA L)
16	ALIMENTACIÓN BATERÍA	

Fuente: (Isuzu Motors Limited, 2008)

1.9.15. Motor eléctrico

- **Definición**

Para Calloni (2009, pág. 153), “El motor eléctrico es una máquina que tiene la capacidad de producir movimiento mediante la transformación de la energía eléctrica en trabajo mecánico”.

Un motor eléctrico es una maquina rotatoria que convierte la electricidad en energía mecánica, por medio de la generación de campos magnéticos producidos por bobinas, los cuales repelan al imán permanente que se encuentra en el eje, generando un movimiento rotativo.



Figura 53 Motor eléctrico

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

Tabla 25 Especificaciones del motor eléctrico

CARACTERISTICAS DEL MOTOR TRIFASICO	
MARCA	BALDOR INDUSTRIAL MOTOR
CAT.No	L3513
SPEC	35C11-199
FRAME	56-SER 477
HP	2
VOLTS	220-400V
AMPS	5AMP
RPM	1750RPM
HZ	50Hz

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

CAPÍTULO II

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE PRUEBAS

2.1. Sistema de banco de pruebas

Los sistemas del banco de prueba estarán constituidos de la siguiente forma:

a) Sistema de control

- Sistema electrónico
- Sistema eléctrico de potencia

b) Sistema de combustible

- Línea de alta presión y
- Línea de baja presión o retorno.

c) Sistema de potencia trifásica

- Motor eléctrico

d) Sistema mecánico

- Bomba VP44

2.2. Sistema de control

Este sistema será el encargado de realizar los ajustes necesarios para el correcto funcionamiento del banco de prueba de la bomba VP44:

- Sistema electrónico

El sistema electrónico permite monitorear las pruebas realizadas en el banco, mediante la ejecución de ajustes y cálculos que serán necesarios para visualizar cada uno de los parámetros de funcionamiento de la bomba VP44.

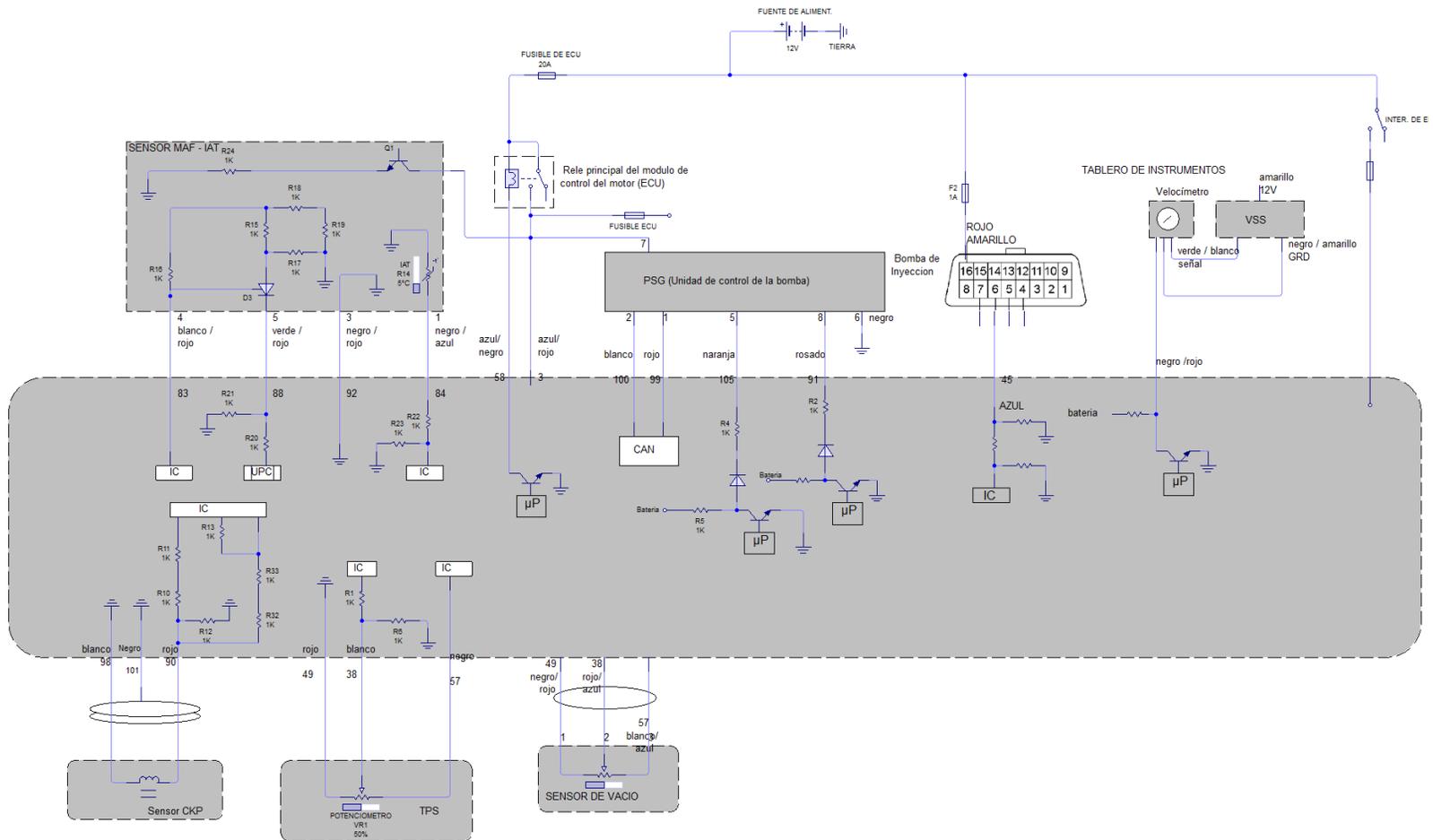


Figura 54 Sistema electrónico

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.2.1. Sistema Electrónico

2.2.1.1. Parámetros de construcción

a) Microcontrolador

Es un chip o circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador, cuya característica principal es su alto nivel de especialización e integración.



Figura 55 Microcontrolador

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

El micro controlador es un sistema cerrado o específico. Todas las partes del computador están contenidas en su interior y sólo salen al exterior las líneas que gobiernan los periféricos.

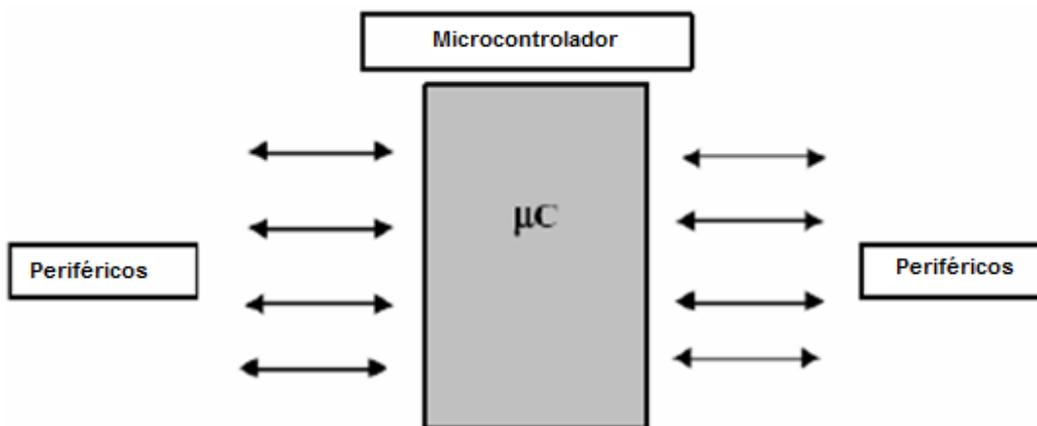


Figura 56 Microcontrolador arquitectura

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

b) Características (arquitectura)

Todos los microcontroladores disponen de bloques básicos:

- Procesador (CPU),
- Memoria de datos y de instrucciones:
 - Líneas de E/S,
 - Oscilador de reloj
- Módulos controladores de periféricos (recursos especiales).

Sin embargo, cada fabricante intenta enfatizar los recursos más idóneos para las aplicaciones a las que se destinan preferentemente. En la actualidad la mayoría de UPC incorporan CPU's cuya arquitectura es de tipo:

- Von Neumann
- Harvard

De acuerdo a lo citado por Valdés y Pallás (2007) en el libro Microcontroladores, fundamentos y aplicaciones con PIC, menciona que las arquitecturas Neumann y Harvard:

En la memoria de un ordenador, un microcomputador o un microcontrolador, se almacenan instrucciones y datos. Las instrucciones deben pasar secuencialmente a la CPU para su decodificación y ejecución, en tanto que algunos datos en memoria son leídos por la CPU y otros son escritos en la memoria desde la CPU.

Tipos de arquitectura: CISC y RISC

c) La memoria en los microcontroladores

En los microcontroladores, existen dos tipos de memoria:

- Memoria de programa.
- Memoria de datos.

Ambos tipos de memoria están integradas dentro del propio chip.

•**Memoria de programa**, almacena el programa del usuario sin embargo a su vez puede incluir datos alfanuméricos o textos variables también puede ser no volátil, y su contenido no sufre modificaciones durante la ejecución del mismo, es del tipo ROM (Read Only Memory) esta memoria es un medio de almacenamiento que solo funciona para la lectura de la información.

•**Memoria de datos** esta memoria permite la adecuada organización de los datos y se puede establecer que funciona como un banco de registro de un procesador, evoluciona según se ejecuta el programa, ha de ser de tipo lectura–escritura es decir tipo RAM (Random Access memory) esta memoria permite las modificaciones de lectura o escritura en la cual se puede acceder de una forma más rápida sin necesidad de seguir un orden

d) Tipos de memoria no volátil en los microcontroladores

Los diferentes tipos de memoria no volátil que nos podemos encontrar en un microcontrolador son:

- ROM CON MÁSCARA.
- OTP.
- EPROM.
- EEPROM.
- FLASH.

1. ROM con mascara:

Es una memoria no volátil de solo lectura, cuyo contenido se graba durante la fabricación del chip. Es muy cara, por lo cual solo es interesante cuando el número de chips a fabricar es muy elevado. Este tipo de memoria no se puede volver a programar.

2. OTP

(One Time Programmable), o ROM programable una vez. El Microcontrolador posee una memoria ROM que el usuario puede programar

una única vez. Una vez realizada esta función, no se puede modificar el programa.

3. EPROM

(Erasable Programmable Read Only Memory y), memoria no volátil, que se puede grabar y borrar muchas veces. Se borra mediante luz ultravioleta y a través de una ventana de cristal que posee el chip.

4. EEPROM

(Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) Tanto la grabación como el borrado se realizan mediante impulsos eléctricos. Estas operaciones se pueden efectuar muchas veces.

5. FLASH

Es una memoria no volátil de bajo consumo, que se puede leer y escribir en el propio circuito. Es más veloz y de mayor densidad que la EEPROM.

e) Puertos de entrada y salida

- Soportan la comunicación entre el chip y el mundo exterior (actuadores y sensores).
- Pueden ser digitales o analógicas.
- Una misma patilla del chip, puede ser entrada o salida, tanto analógica como digital.
- Las patillas se suelen agrupar en puertos de 8 o 16 bits.
- Protegidas contra sobreintensidades y sobretensiones.

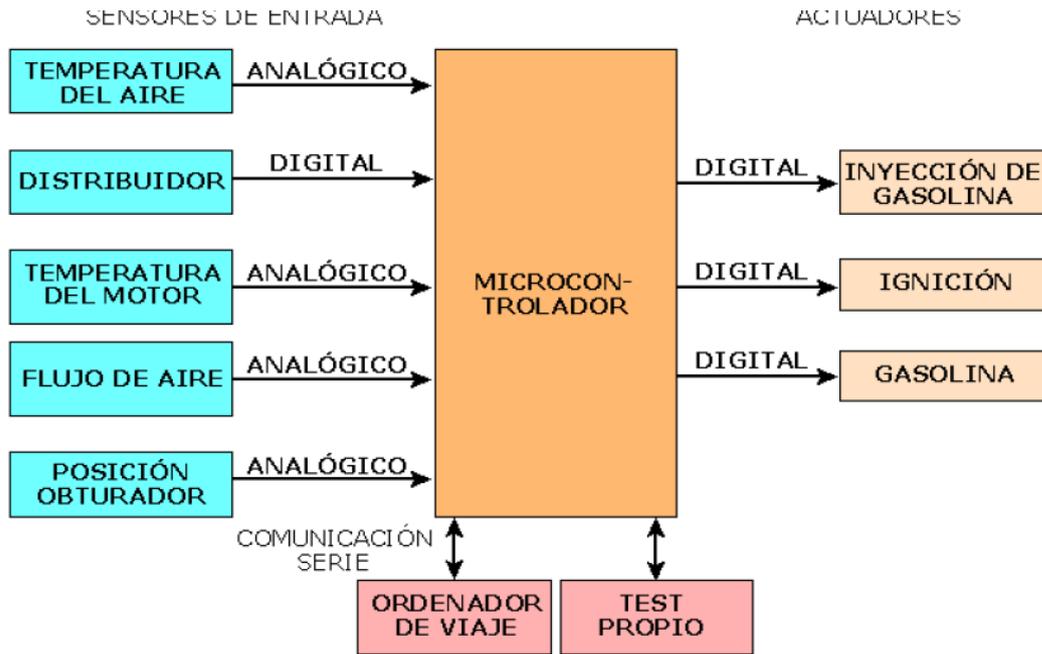


Figura 57 Puertos de entrada y salida

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.2.1.2. Microprocesador 16F866

Las principales ventajas que nos brinda este microprocesador, es que es muy común en el mercado siendo este de un valor económico accesible, una desventaja que podríamos mencionar es que no contiene mucha capacidad de memoria, en cuanto a las características este conserva 28 pines en comparación con el microcontrolador 16f887 que posee 40 pines, y por esto resulta un poco elevado su precio.

Con este tipo de características el microcontrolador 16f866, cumple con las necesidades que se requiere para desempeñar las funciones requeridas en nuestro banco de pruebas.

2.2.1.3. Modulo programable (MÓDULO M.E. I&T 04)

El modulo programable es un módulo de entrenamiento y desarrollo que nos permite realizar múltiples tareas con el microcontrolador 16F886.

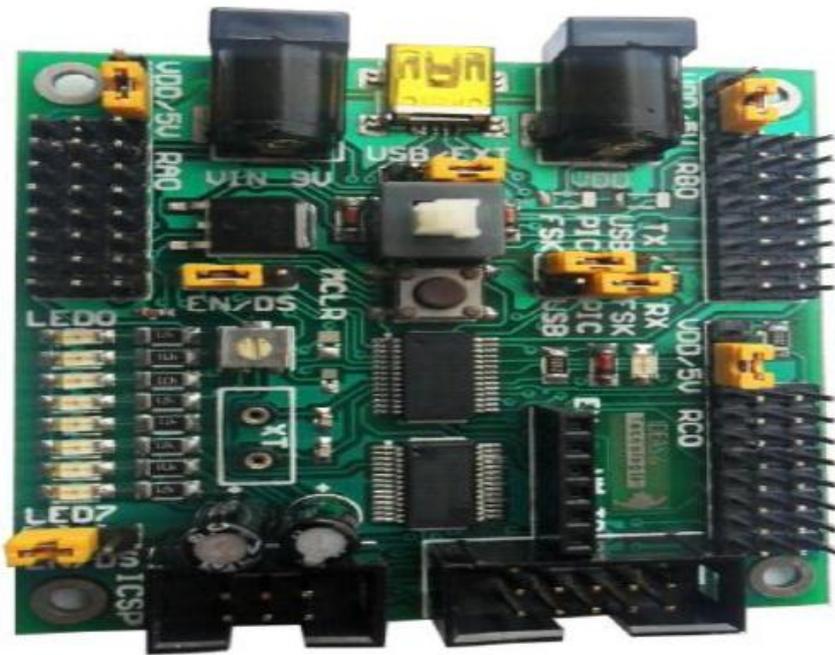


Figura 58 Modulo programable arquitectura
Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

a) Especificaciones

- Comunicación serial asíncrona UART
- Comunicación serial síncrona SPI e I2C
- Comunicación ONE WIRE y USART
- Comunicación inalámbrica RX y TX con módulos FSK y ASK
- Potenciómetro integrado
- 10 entradas analógicas
- 24 entradas y salidas digitales
- 8 leds indicadores de salidas digitales
- Control para 4 servomotores
- Control para 2 motores DC (Dirección y Velocidad)
- Programación ICSP in circuit
- Reset manual
- Switch de ON/OFF
- Led indicador de power

- Regulador integrado

b) Aplicaciones

- Construcción de robots (seguidores de líneas, sumobot, teleoperados, exploradores, soccer, etc.)
- Aplicaciones de Telemetría y radio control.
- Implementación de sistemas de control.
- Tarjeta de adquisición de datos.
- Placa de desarrollo de ejercicios de programación con microcontroladores.

2.2.1.4. LCD 16X2

Es una pantalla de cristal líquido que permite publicar mensajes de texto, para apreciar el estado de algún tipo de sensor.



Figura 59 LCD 16x2

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

a) Diagrama Esquemático

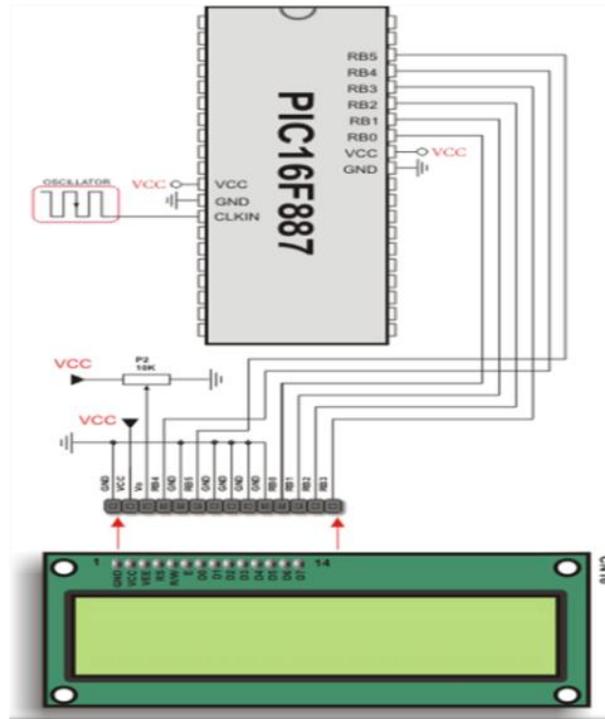


Figura 60 Diagrama esquemático

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

b) Diagrama pines

- RS -> PIN 6: Entrada de control
- RW -> Conectado a GND
- E -> PIN5: Entrada de control
- D7 -> PIN1: Entrada dato
- D6 -> PIN 2: Entrada dato
- D5 -> PIN 3: Entrada dato
- D4 -> PIN 4: Entrada dato
- GND -> PIN10: Referencia 0 VDC
- +5VDC -> PIN 9: Entrada de voltaje



Figura 61 Diagrama de PINES

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

c) Aplicaciones

Adaptador IDC LCD 16X2 I&T nos permite realizar conexiones con cualquier microcontrolador mediante el conector IDC 5X2 a su vez posee incorporado el control de contraste.

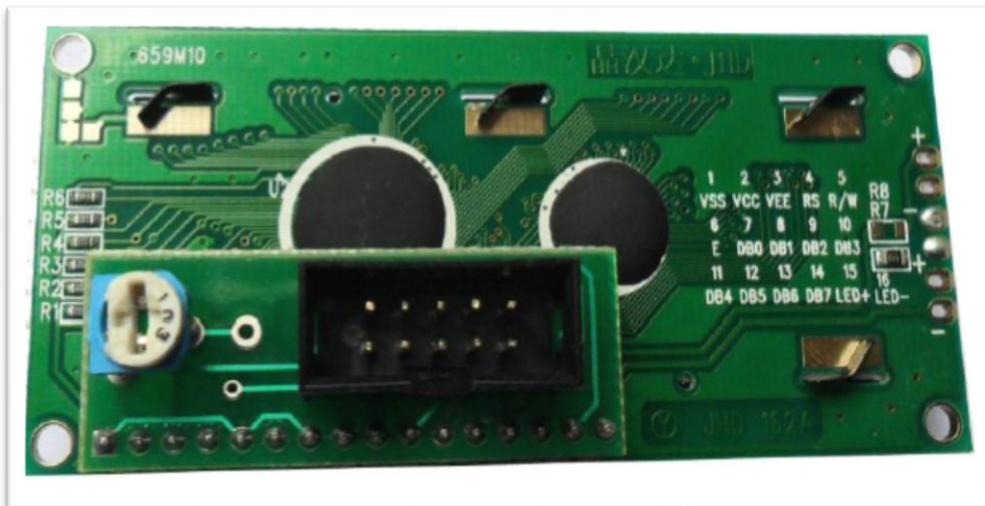


Figura 62 Corrector 1DC 5X2

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.2.1.5. Diseño del circuito sensor TPS

Según (Isuzu Motors Limited, 2008), el TPS es un potenciómetro conectado al eje del estrangulador y situado en el cuerpo del mismo. Está instalado en el TPS principal y el interruptor de ralentí.

El módulo de control del motor (ECM) monitoriza el voltaje de la línea de señal y calcula la posición del estrangulador. A medida que se mueve el pedal del acelerador, se cambia el ángulo de la válvula del estrangulador. Por lo tanto la válvula del estrangulador se abre, permitiendo el aumento de salida, para que de esta manera el voltaje de salida crezca. Mediante este concepto podemos deducir que para poder simular la señal del TPS, la podemos realizar con la ayuda de un potenciómetro para lo cual debemos calcular las especificaciones que deberá tener nuestro potenciómetro.

Tabla 26 Pruebas de desempeño del sensor TPS.

COLOR DE CABLES	NOMINACIÓN	MEDICIONES			
		Contacto	V.min	V. medio	V. Max
verde-Amarillo	V. SEÑAL	0,76mv	235,4mv	2,14v	3,65v

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Ecuación 2 Voltaje y señal TPS

$$V_S = \frac{VR * R_{BC}}{R_{AB}}$$

$$3.65 = \frac{5v * 4000}{R_{AB}}$$

$$R_{AB} = \frac{5 * 4000}{3.65}$$

$$R_{AB} = 5479.45 \Omega$$

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Una vez realizado los cálculos podemos deducir que debemos utilizar un potenciómetro de $\pm 10\%$ 5.5 k Ω . Para lo cual se realizó el circuito el software de simulación LIVE – WIRE.

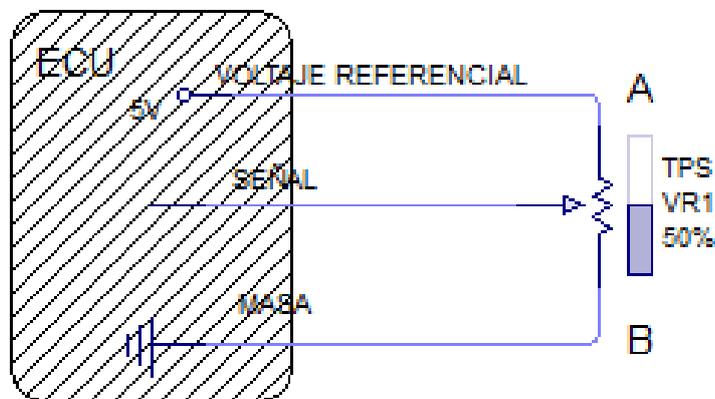


Figura 63 Simulación del Circuito Sensor TPS

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.2.1.6. Diseño del circuito sensor MAF

Según el manual de (Isuzu Motors Limited, 2008), el sensor del caudal de aire (MAF) forma parte del sistema de admisión de aire. Está situado entre el filtro de aire y el turbo alimentador. El sensor de caudal de aire (MAF) utiliza un dispositivo provisto de una película caliente para determinar la cantidad de aire que entra al motor.

El conjunto del sensor del caudal de aire (MAF) se compone de un dispositivo sensor del caudal de aire (MAF) y de un sensor de la temperatura del aire aspirado. Mediante este concepto podemos deducir que para poder simular la señal del MAF, la podemos realizar con la ayuda de un potenciómetro.

Tabla 27 Pruebas de desempeño del sensor MAF

COLOR DE CABLES	NOMINACIÓN	MEDICIONES
Rojo-azul	V. Señal	2,78v

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Para la simulación del circuito se utilizó el software de simulación LIVE – WIRE, el cual permite observar el funcionamiento y el voltaje de señal que proporcionara a la ECU.

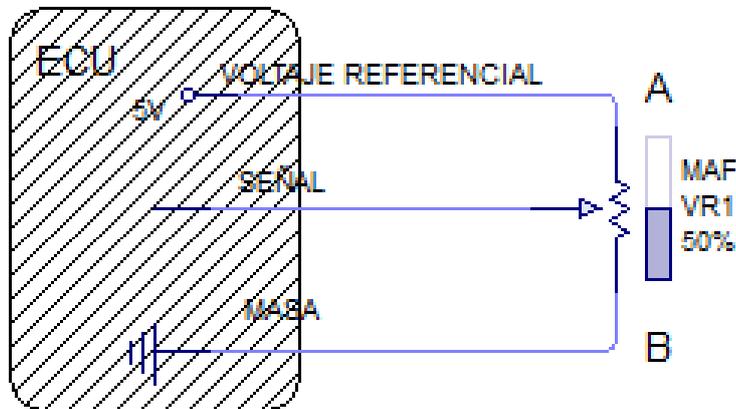


Figura 64 Simulación del Circuito Sensor MAF

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.2.1.7. Diseño del circuito sensor vacío (MAP)

Según el Manual de (Isuzu Motors Limited, 2008), la ECM controla la altitud del sensor de presión barométrica. Para aplicar una presión de vacío específica a la válvula de salida del turbo sobre alimentador, el ECM envía una señal de control al solenoide de control de salida dependiendo de la altitud.

Tabla 28 Pruebas de desempeño del sensor vacío MAP

COLOR DE CABLES	NOMINACIÓN	Mediciones		
		Ralentí	1500rpm	2000rpm
Azul-Rojo	Alimentación	14,5 v	14,96 V	14,98 V
Negro-Rojo	Masa	0,3 mv	0,3 mv	0,3 mv
Verde-Rojo	Señal	1,8 v	2,3 v	2,6 v

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Como en los casos anteriores la manera más eficiente de simular una señal de este sensor es un potenciómetro. Para la simulación del

circuito se utilizó el software de simulación LIVE – WIRE, el cual permite observar el funcionamiento y el voltaje de señal que proporcionara a la ECU.

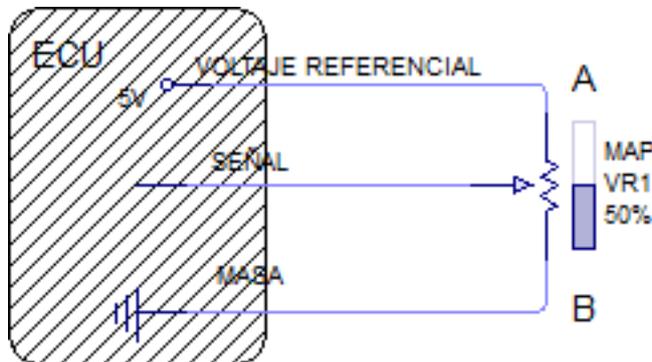


Figura 65 Simulación del Sensor vacío MAP

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.2.1.8. Diseño del circuito sensor IAT

El sensor IAT es un termistor, variaciones de la temperatura cambian el valor de la resistencia y por consecuentemente el voltaje.

Tabla 29 Pruebas de desempeño del sensor IAT

COLOR DE CABLES	NOMINACIÓN	MEDICIONES
Rojo-azul	V. Señal	2,78v

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Tabla 30 Temperatura, resistencia y voltaje

TEMPERATURA	RESISTENCIA	VOLTAJE
0	5430	3.6v
20	2433	2.6v
40	1153	1.7v
60	598	1.1v
80	334	0.7v

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Mediante este concepto podemos deducir que para poder simular la señal del IAT, la podemos realizar con la ayuda de un potenciómetro para lo cual debemos calcular las especificaciones que deberá tener nuestro potenciómetro.

Ecuación 3 Voltaje de señal de IAT

$$V_s = \frac{V_R \times R_{sen}}{R_{sen} + R_{int}}$$

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Ecuación 4 Resistencia interna de IAT

$$V_s = \frac{V_R \times R_{sen}}{R_{sen} + R_{int}}$$

$$R_{int} = \frac{V_R \times R_{sen}}{V_s} - R_{sen}$$

$$R_{int} = \frac{5(2433)}{2.65} - 2433 = 2157.56 \Omega$$

$$R_{int} = 2157,56\Omega$$

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Ecuación 5 Resistencia de sensor IAT

$$R_{3.42} = R_s \left(\frac{V_R}{V_s} - 1 \right)$$

$$R_s = \frac{R_{int}}{\left(\frac{V_R}{V_s} - 1 \right)}$$

$$R_s = \frac{2157.56}{\left(\frac{4.96}{2.65} - 1 \right)}$$

$$R_s = 2475.1 \Omega$$

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Una vez realizado los cálculos podemos deducir que se debe utilizar un potenciómetro de $\pm 10\%$ 2.5 k Ω . Para lo cual se realizó el circuito el software de simulación LIVE – WIRE.

SENSOR IAT

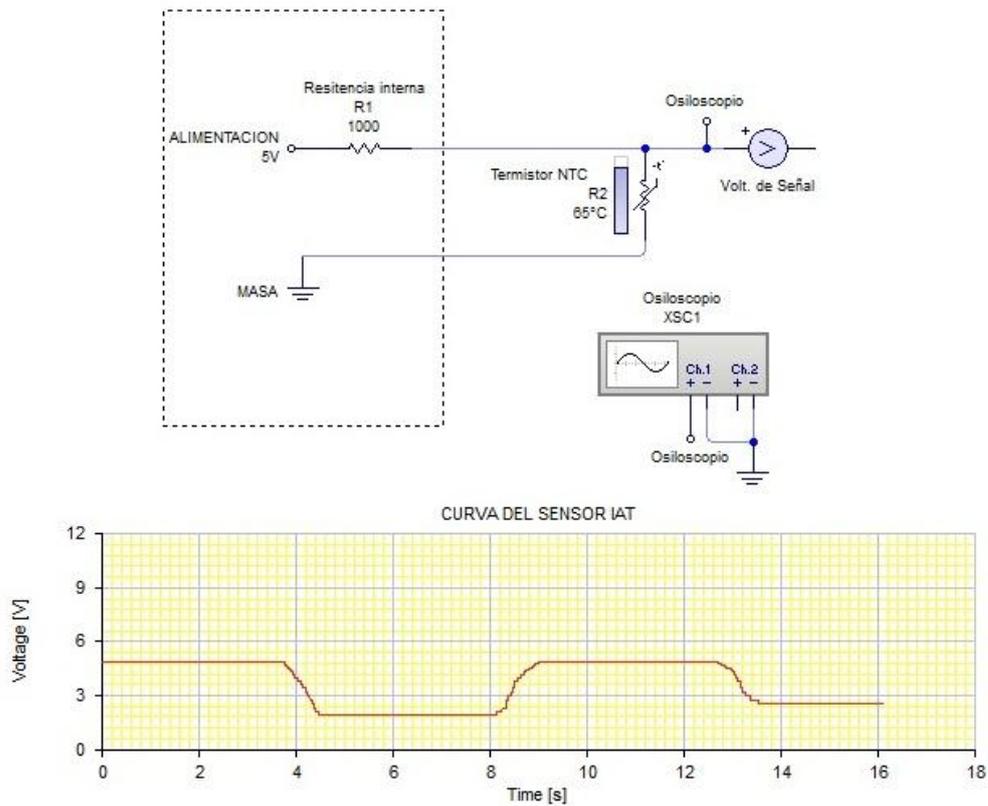


Figura 66 Simulación del Circuito del sensor IAT

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.2.1.9. Diseño del circuito sensor WTS

El sensor WTS es un termistor, variaciones de la temperatura cambian el valor de la resistencia y por consiguiente el voltaje.

Tabla 31 Sensor WTS

TEMPERATURA	RESISTENCIA	VOLTAJE
0	5760	4.4V
20	2370	3.8V
40	1080	2.9V
60	537	2.1V
80	290	1.4V

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Mediante este concepto podemos deducir que para poder simular la señal del WTS, la podemos realizar con la ayuda de un potenciómetro para lo cual se debe calcular las especificaciones que deberá tener nuestro potenciómetro.

Ecuación 6 Voltaje de sensor WTS

$$V_{sen} = \frac{VR * R_{sen}}{R_{sen} + R_{int}}$$

$$V_{sen} = \frac{5 * 2370}{2370 + 2200}$$

$$V_{sen} = 2.5v$$

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Una vez realizado los cálculos podemos deducir que se debe utilizar un potenciómetro de $\pm 10\%$ 2.5 k Ω . Para lo cual se realizó el circuito el software de simulación LIVE – WIRE.

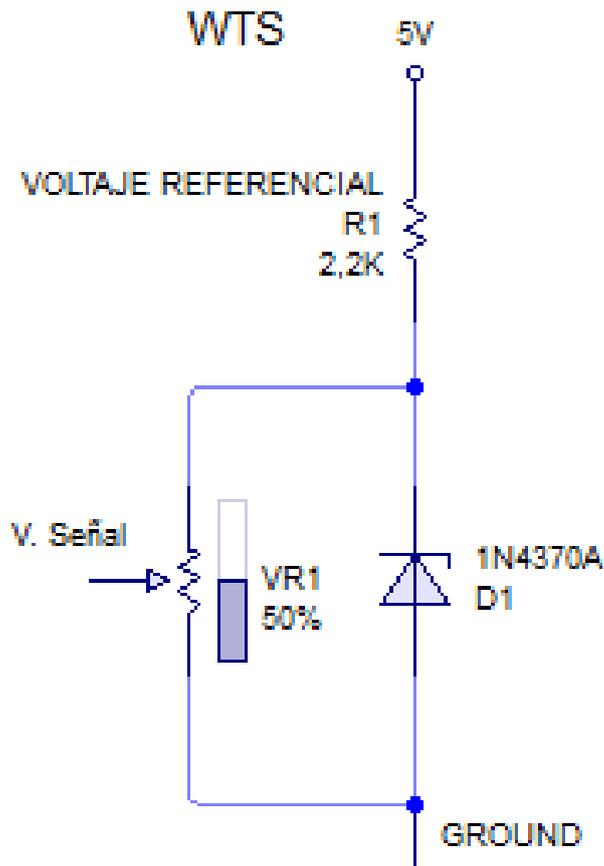


Figura 67 Simulación del Sensor WTS

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.2.1.10. Diseño del circuito sensor VSS

Según el manual de (Isuzu Motors Limited, 2008), El sensor de velocidad es un imán girado por el árbol de salida de la transmisión. El VSS utiliza un elemento hall. Interactúa con el campo magnético creado por el imán móvil.

Tabla 32 Sensor VSS

COLOR DE CABLES	NOMENCLATURA	MEDICIONES	
		V. Min	V. Max
Verde-Amarillo	V. Señal	0,44mv	10,78

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Mediante este concepto podemos deducir que para poder simular la señal del VSS, la podemos realizar con la ayuda de un temporizador 555.

SENSOR VSS

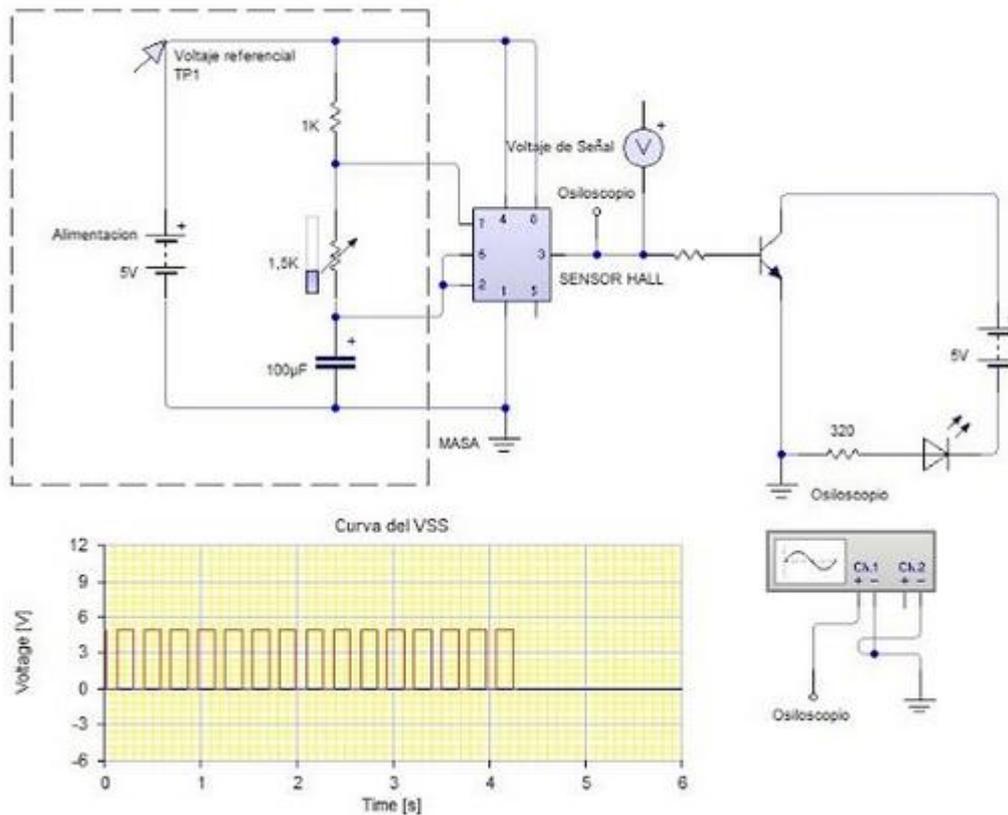


Figura 68 Simulación del Sensor VSS

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.2.2. Sistema eléctrico de potencia

Llamada también sistema de mando y control del suministro eléctrico de potencia su función activar y desactivar la visualización de arranque y falla del motor mediante luz piloto.

2.2.2.1. Diseño del circuito eléctrico

Para el diseño del circuito electrónico se utilizó el software CADE-SIMU, el mismo permite diseñar la parte eléctrica, así como la parte trifásica que es utilizado en nuestro banco de pruebas.

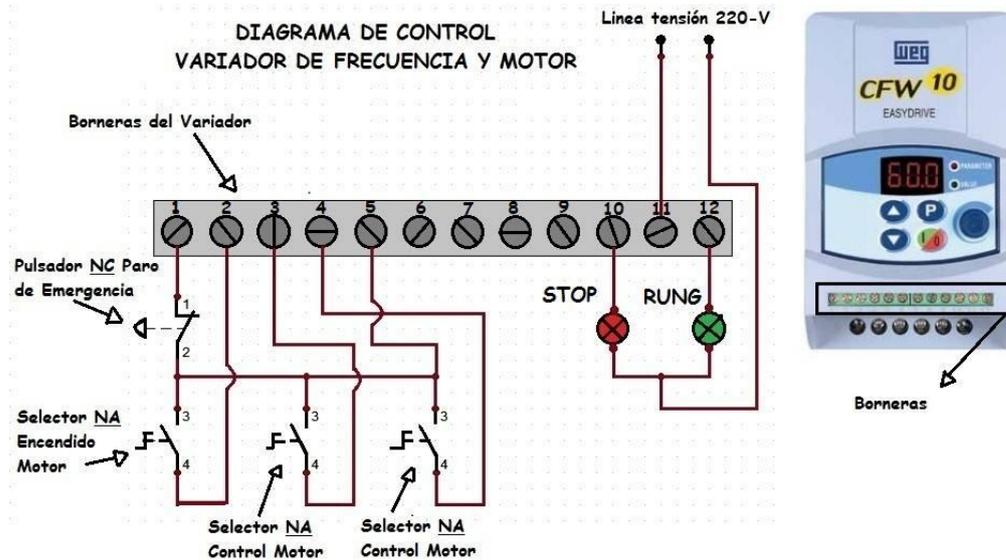


Figura 69 Sistema de control de mando

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.2.2.2. Componentes

a) Pulsador doble tipo hongo NC de emergencia

Bloquea el circuito de control, cuando se detecta cualquier tipo de emergencia cortando de esta manera todo el suministro de energía y control.

b) Pulsador rojo NC parar del motor

Se encarga de parar el motor cuando el operador lo requiere.

c) Pulsador verde NA para del motor

Se encarga de dar marcha a todo el circuito y suministro eléctrico.

d) Luz piloto verde

Mediante esta luz se visualiza el arranque del motor.

e) Luz piloto roja

Mediante esta luz se visualiza cualquier falla generada por el motor gracia al térmico.

2.3. Sistema de combustible

Este sistema consta de una línea de baja y alta presión que ayudan a una alimentación constante de combustible. A continuación podemos observar la simulación del sistema de combustible utilizando el software de simulación automation studio 5.0, el cual nos permite visualizar el funcionamiento del circuito.

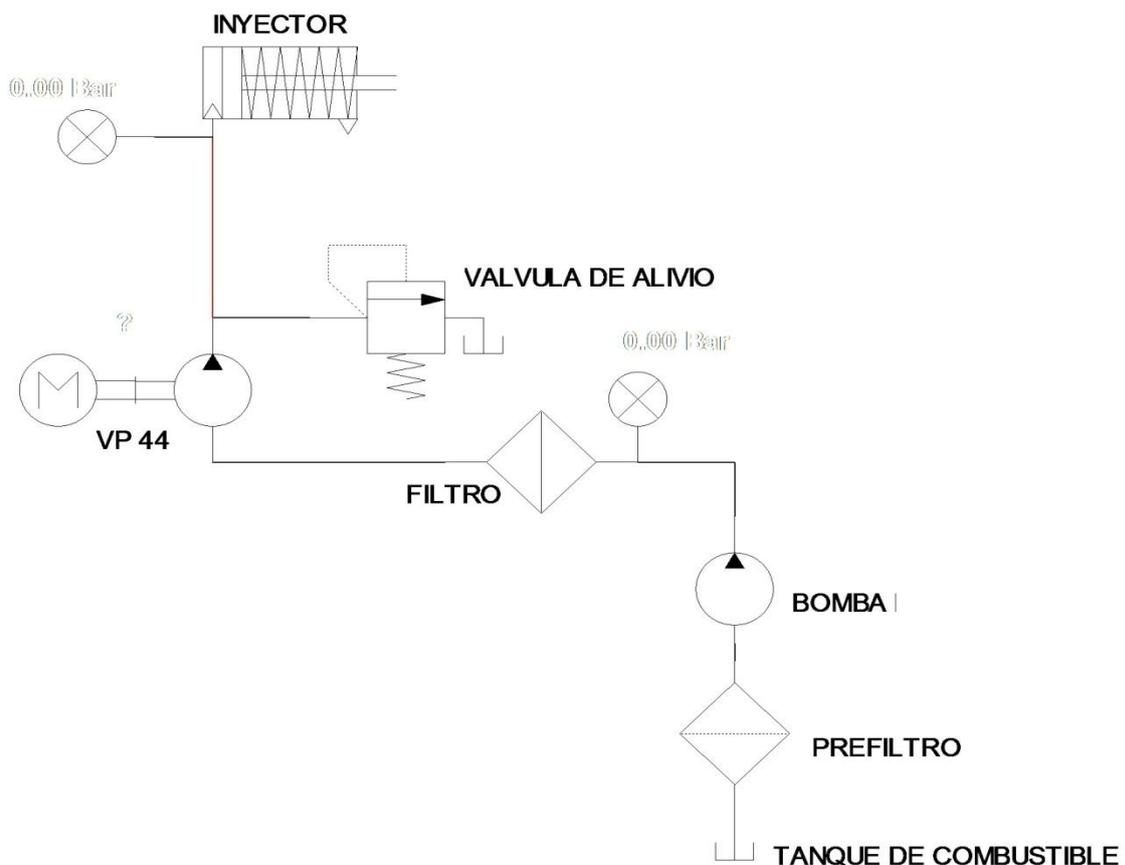


Figura 70 Diseño del sistema de combustible

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.3.1. Línea de baja presión y retorno

La línea de baja presión de combustible está compuesto por: el tanque de combustible, mangueras de conexión, filtros y los componentes de la bomba de inyección.

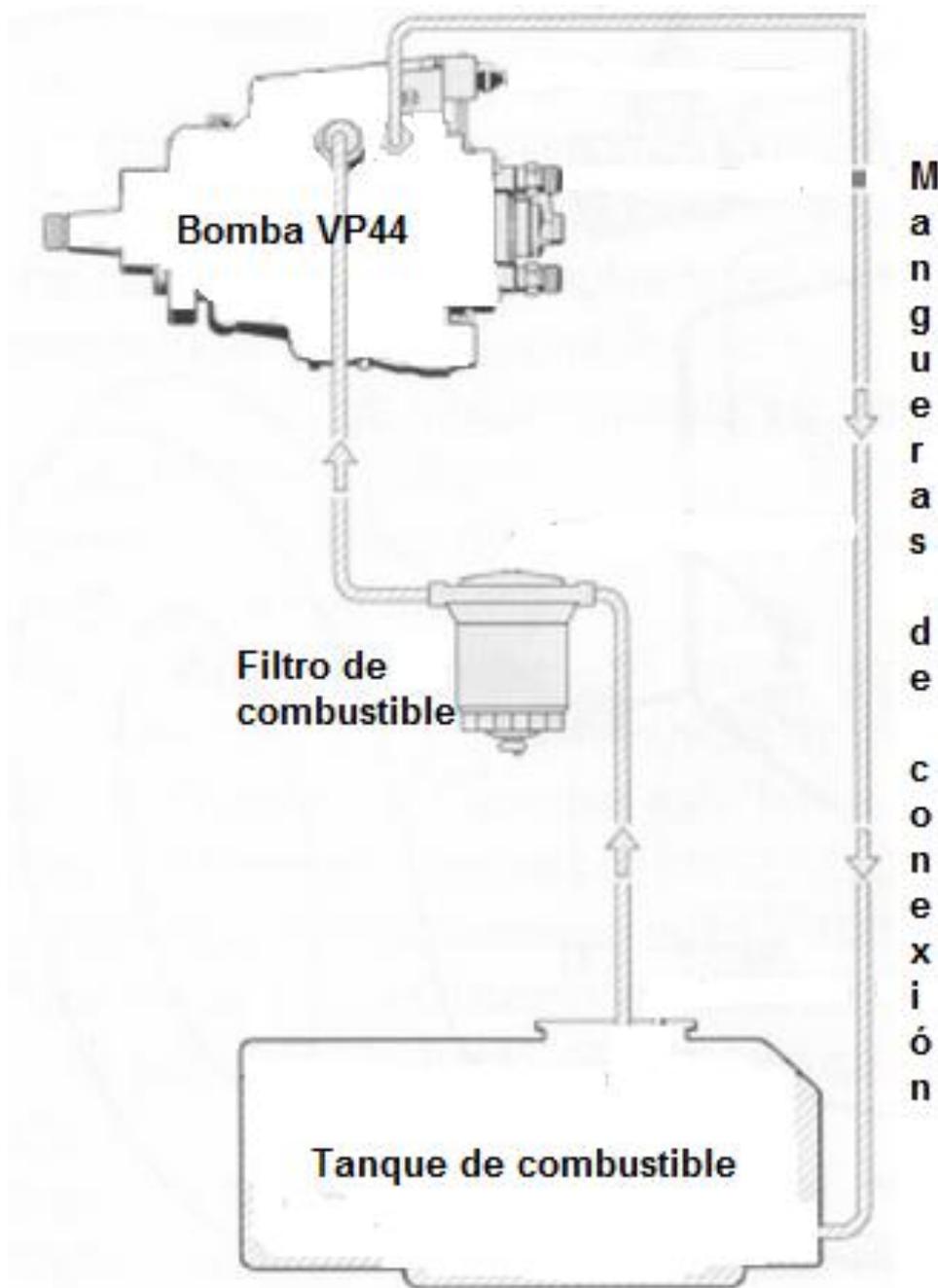


Figura 71 Línea de baja presión o retorno.

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

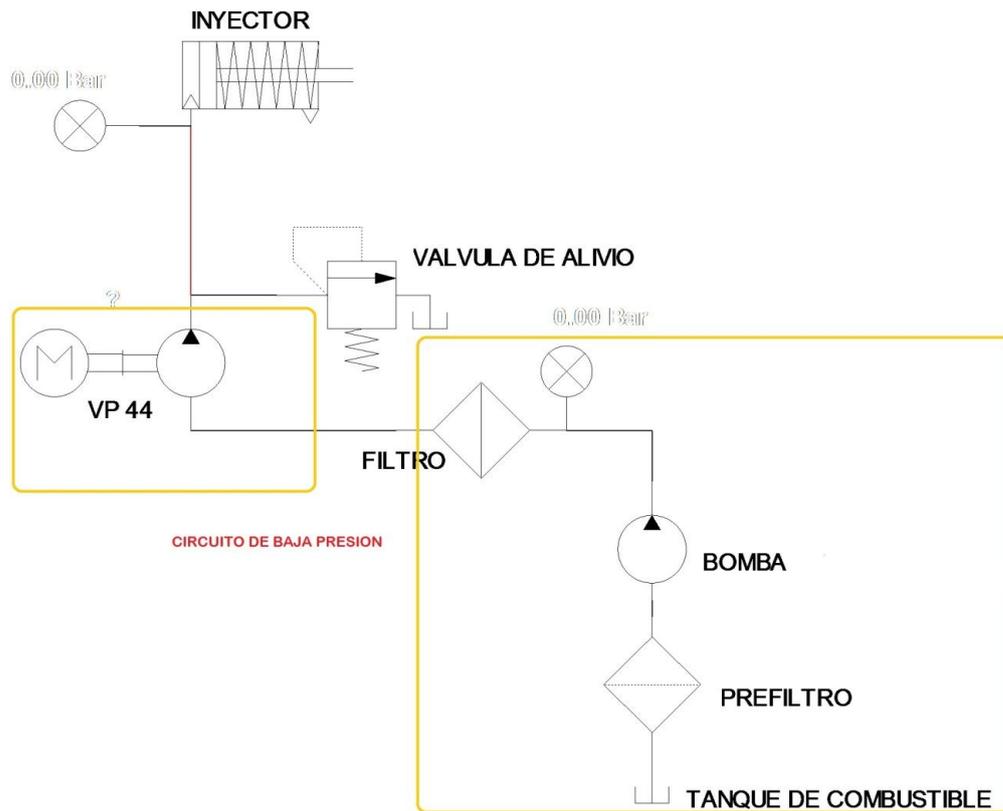


Figura 72 Circuito de baja presión

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.3.2. Línea de alta presión

La línea de baja presión de combustible está compuesto por: componentes de la bomba de inyección, cañerías de alta presión e inyector.

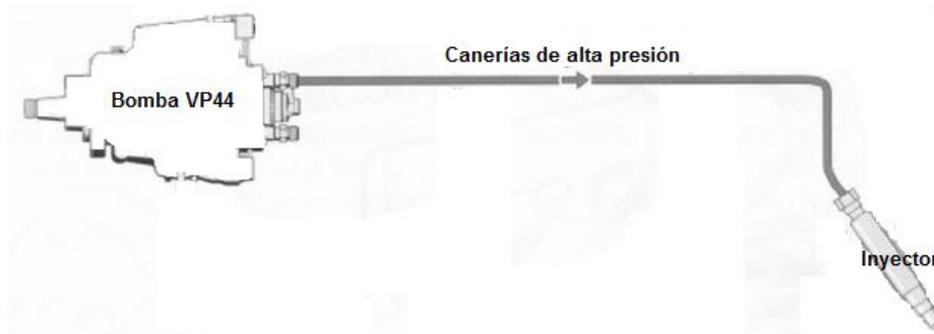


Figura 73 Línea de alta presión

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

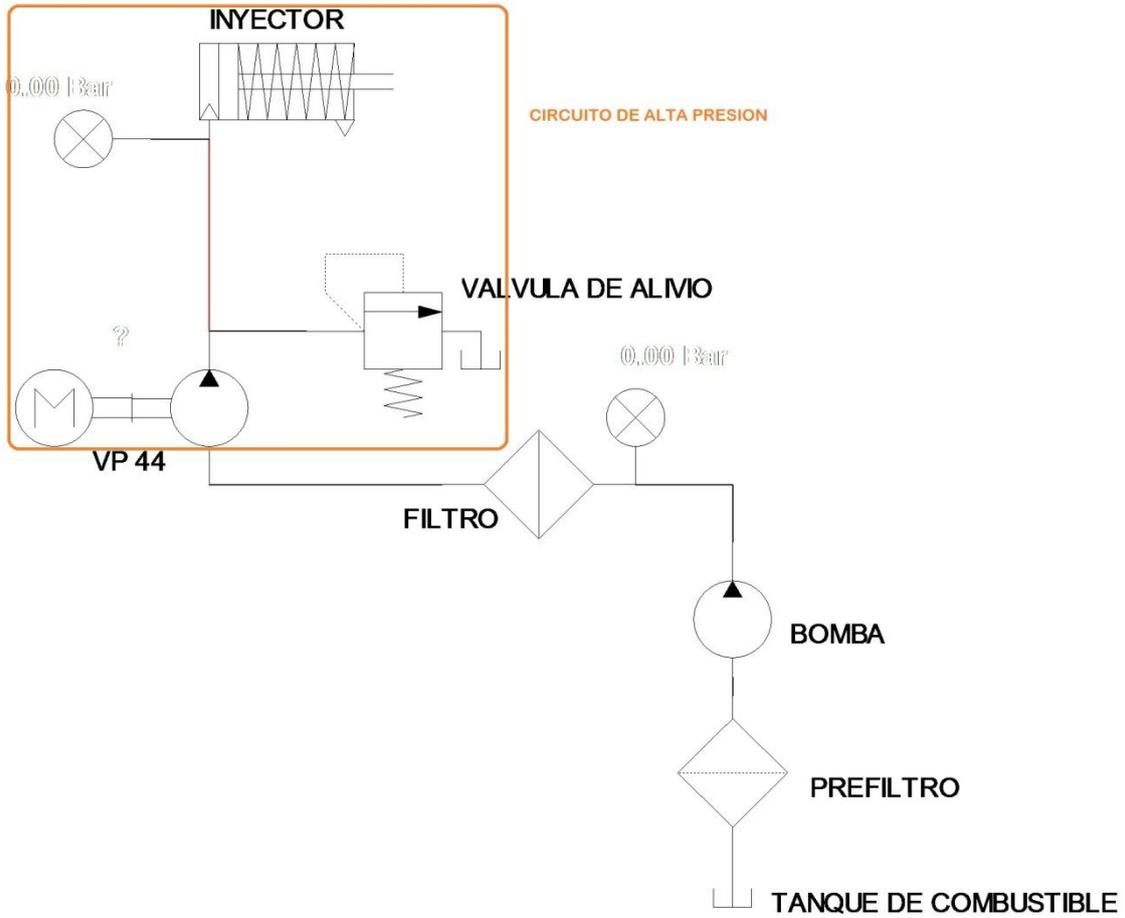


Figura 74 Circuito de alta presión

Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.4. Sistema de potencia trifásica

Llamada también control de fuerza es la que acciona y realiza el paso de flujo de corriente al motor.

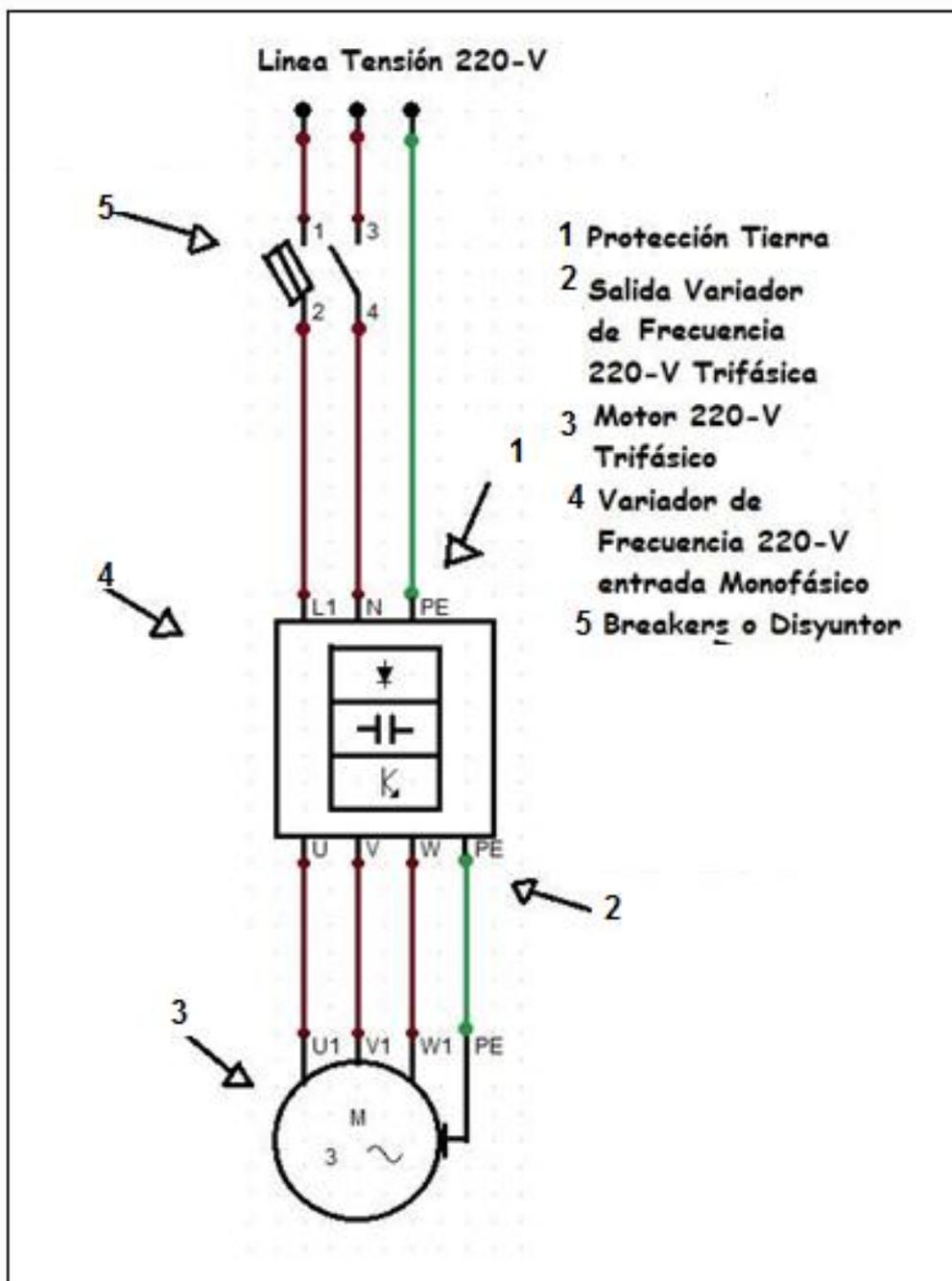


Figura 75 Sistema de control de fuerza
 Modificado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.4.1 Componentes

2.4.1.1. Breaker o Disyuntor

Es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos.



Figura 76 Breaker o Disyuntor

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.4.1.2. Variador de frecuencia

Sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad.

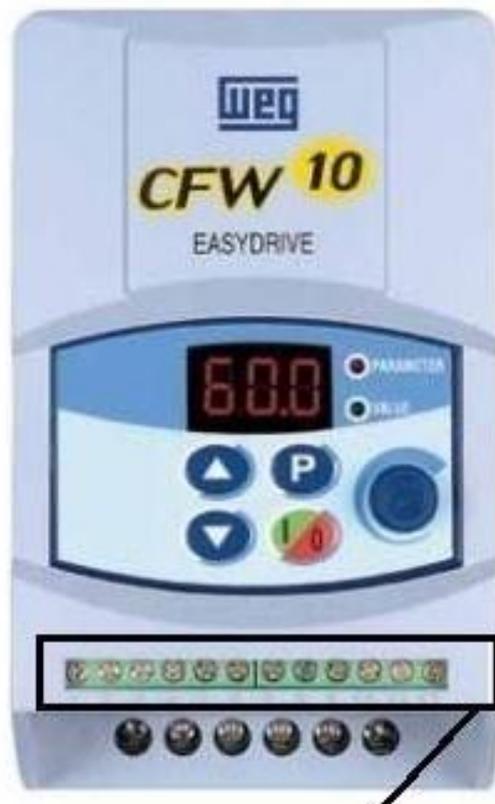


Figura 77 Variador de frecuencia

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.4.1.3 Motor eléctrico

Es una máquina eléctrica rotatoria que se encarga de transformar la energía eléctrica en energía mecánica, de esta manera se proporcionará movimiento al eje de la bomba, movimiento que permitirá generar la presión y el caudal necesario para la pulverización de combustible.

Las principales características del motor eléctrico que se utilizará para el banco de pruebas:

Tabla 33 Características del motor eléctrico

CARACTERISTICAS DEL MOTOR TRIFASICO	
MARCA	BALDOR INDUSTRIAL MOTOR
CAT. No	L3513
SPEC	35C11-199
FRAME	56-SER 477
HP	2.0
VOLTS	220-400V
AMPS	5AMP
RPM	1750RPM
HZ	50Hz

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

a) Torque máximo

Torque máximo del eje del motor eléctrico, lo podemos despejar mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 7 Torque máximo

$$T = \frac{P}{\omega}$$

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Abreviaturas:

T= Torque (N.m)

P= Potencia ($\frac{N*m}{s}$)

ω = Velocidad angular ($\frac{rad}{s}$)

Transformaciones $w = \frac{N*m}{s}$

2HP	2237.1 W	1491.4W
	3Hp	

Transformaciones RPM = $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$

1750=183.2rad/s

Cálculos

$$T = \frac{1491.4}{183.2}$$

$$T = 8.14 \text{ N.m}$$

$$T = \frac{\frac{N*m}{s}}{\frac{rad}{s}}$$

$$T = \text{N.m}$$

b) Fuerza Tangencial

Ecuación 8 Fuerza tangencial

$$F_T = \frac{T}{r_1}$$

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Abreviaturas

F_T = Fuerza Tangencial (Lbs)

T= Torque (Lbs *plgs)

r_1 = Radio Exterior de la polea (plgs)

Transformaciones N.m= Lbs * plgs

8.14 N.m	1 lbs.plg	72.05 lbs. plg
	0.1129848 N.m	

Cálculos

$$F_T = \frac{72.05}{3,93}$$

$$F_T = 18.73 \text{ lb}$$

c) Fuerza radial (FR)

Ecuación 9 Fuerza radial (FR)

$$F_R = F_T * \tan 20$$

$$F_R = 17.78 * \tan 20$$

$$F_R = 5.77 \text{ lbs}$$

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

d) Corriente de consumo

Ecuación 10 Corriente de consumo

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

$$IP = \frac{1491.4}{\sqrt{3} * 220 * 0.61 * 0.76}$$

$$IP = 8.44 \text{ A}$$

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Abreviaturas

IP = Corriente nominal (A)

P = Potencia que desarrolla un motor

E = Tensión a la que se conecta el motor

N = Rendimiento del motor.

FP = Factor de potencia.

e) Potencia del motor eléctrico

Ecuación 11 Potencia del motor eléctrico

$$P_{ab} = \frac{P}{r}$$

$$P_{ab} = \frac{1491.4}{0,76}$$

$$P_{ab} = 1962,37$$

$$P_{ab} = 19,62 \text{ kw/h}$$

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

R= Rendimiento del motor

P= Potencia del motor

f) Eficiencia del motor

Ecuación 12 Eficiencia del motor

$$E = \frac{P. \text{mecánica}}{P. \text{electrónica}} * 100$$

$$E = \frac{1491.4}{1962,37} * 100$$

$$E = 76\%$$

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

g) Pérdidas en el motor eléctrico

Ecuación 13 Pérdidas en el motor eléctrico

$$\text{Pérdida} = (P. \text{ eléctrica} - P. \text{ mecánica}) / 100$$

$$P = (1962,37 - 1491.4) / 100$$

$$P = 4,7\%$$

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

h) Volumen y peso de combustible

El peso específico del combustible según el manual técnico de tecnología del automóvil de la GTZ es de 0.86 kg/L.

i) Volumen del tanque de combustible

Ecuación 14 Volumen

$$V = H \times A \times B$$

Abreviatura

H = ancho

A = altura

B = base

Cálculo

$$V = H \times A \times B$$

$$V = 20 \times 20 \times 40$$

$$V = 16000 \text{ cm}^3$$

$$V = 16 \text{ litros}$$

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Ecuación 15 Peso de combustible.

$$W = \gamma_D x v$$

$$W = 0,88 \times 16$$

$$W = 14.8 \text{ kg}$$

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.4.1.4. Funcionamiento del sistema

En esta parte explicaremos como funcionara nuestro sistema eléctrico y trifásico el cual nos permitió observar posibles fallas en su funcionamiento así como determinar cuál será su accionamiento en caso de existir algún desperfecto en su sistema.

a) Activación del circuito

Observamos cómo se accionan el breaker para de esta manera energizar el circuito de control de fuerza así como el de control de mando.

DIAGRAMA DE FUERZA VARIADOR DE FRECUENCIA Y MOTOR

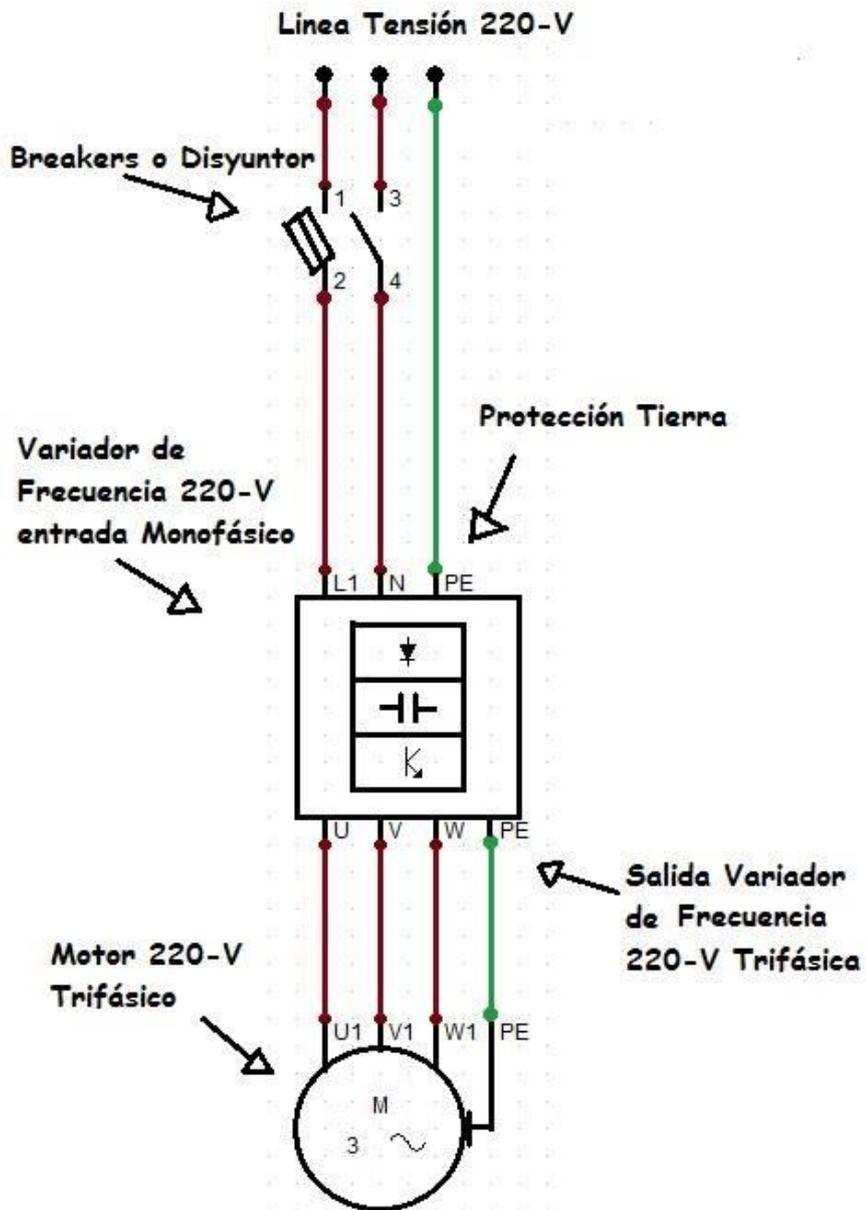


Figura 78 Circuito de Activación

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

b) Funcionamiento correcto del circuito

Observamos el circuito en un funcionamiento normal en el cual podemos denotar como tenemos una luz verde que nos permite estar informados del funcionamiento correcto del banco de pruebas.

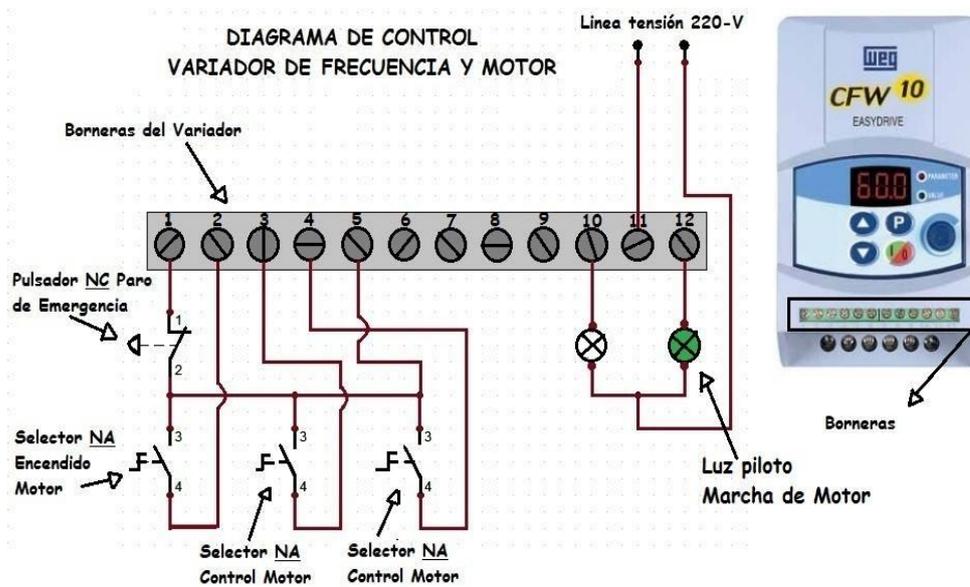


Figura 79 Funcionamiento correcto del circuito

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

c) Activación del termistor

Una vez que nuestro circuito está funcionando correctamente y que por diferentes circunstancias el motor trifásico puede recalentarse, para esto el circuito cuenta con un sistema de protección térmico el cual permite que el mismo se desactive inmediatamente, encendiendo una luz roja la cual será una señal del desperfecto.

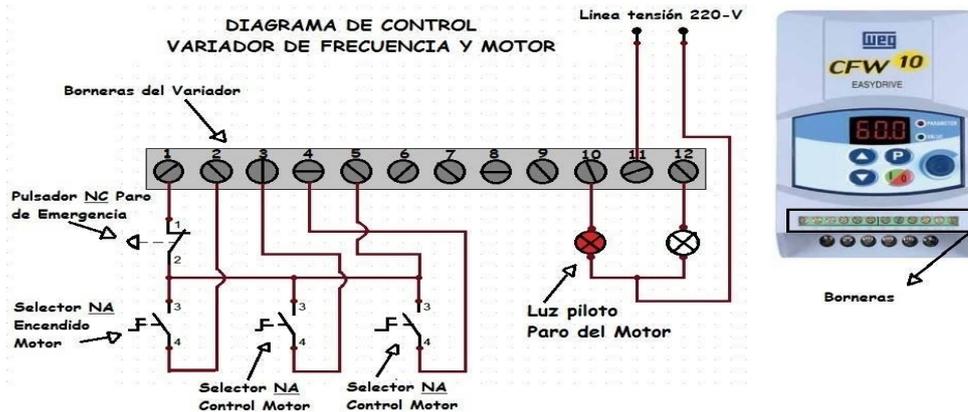


Figura 80 Activación del termistor

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

d) Activación del paro de emergencia.

Cuando el circuito está funcionando correctamente, es necesario un sistema que permita pararlo inmediatamente en caso de algún tipo de emergencia, el cual permite detener inmediatamente todo el banco de pruebas.

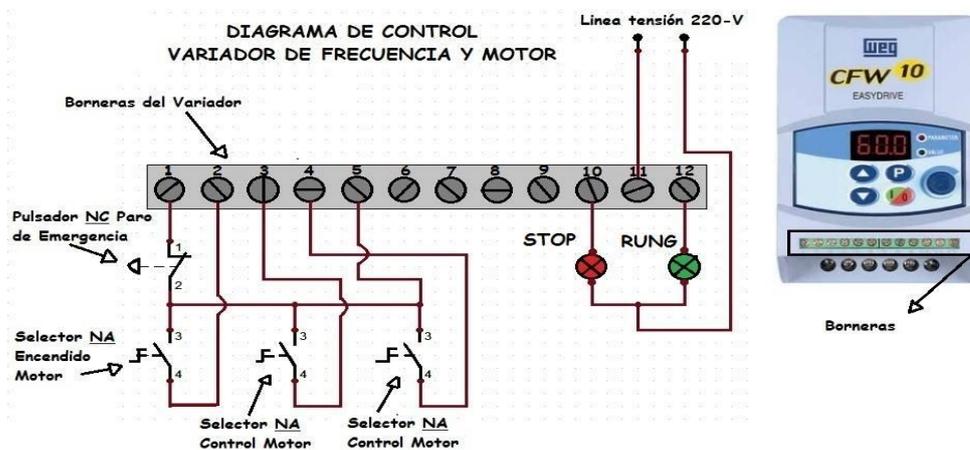


Figura 81 Activación del paro de emergencia

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.5. Sistema mecánico

2.5.1. Bomba VP44

Unas ves investigadas los principales vehículos que existen en el mercado automotriz ecuatoriano y que utilizan el sistema de combustible con la bomba VP44 podemos determinar que las dos principales marcas son CHEVROLET con su camioneta D-MAX 3.0 y la camioneta NISSAN FRONTIER.

- Analizando el cuadro de vehículos existentes, determinamos que existe una tendencia exorbitante hacia la D-MAX 3.0.
- Observando esta tendencia, se ha optado por adquirir las BOMBA VP44 utilizada por D-MAX 3.0.



Figura 82 Bombas de VP44

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

La única diferencia que se determinó es en el aspecto de su carcasa. Observando detenidamente se pudo determinar que la bomba de NISSAN

trae 4 puntos de sujeción hacia el motor y observando la bomba de D-MAX determinamos que trae 3 puntos de sujeción al motor.

Simulación en Proteus

Una vez realizada la programación podemos simular el circuito en uno de los programas de simulación electrónica que permite observar el funcionamiento correcto del circuito. Proteus facilita que cuando se tenga el diseño resultando este puede ser testeado para que se pueda determinar si funcionará bien o si existe alguna falla.

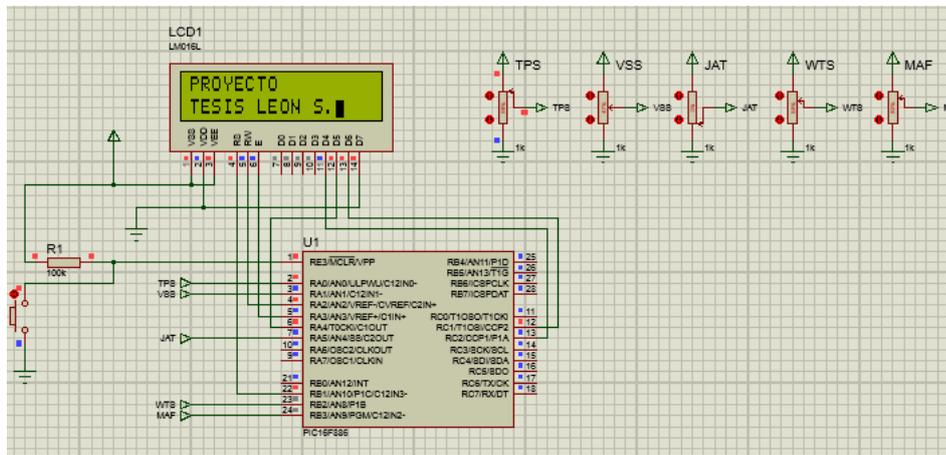


Figura 83 Simulación en Proteus 1
Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

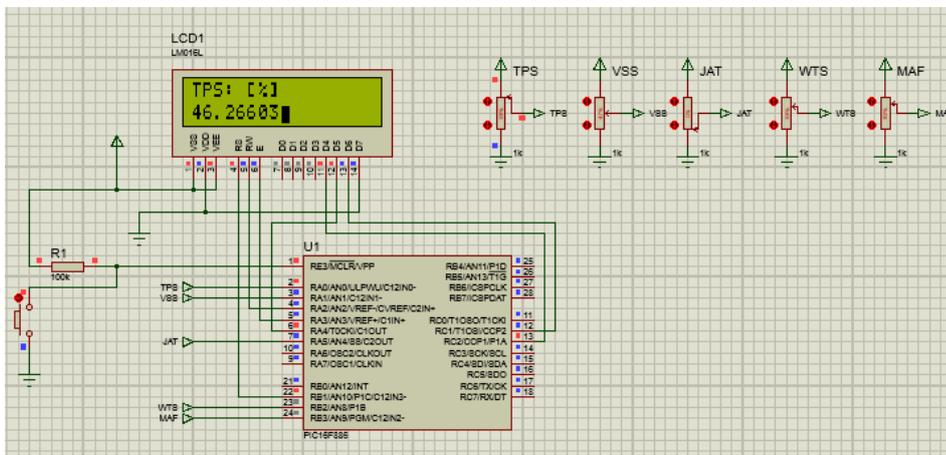


Figura 84 Simulación en Proteus 1
Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.6. Elaboración de planos

A continuación podemos observar el bosquejo del banco de pruebas con el que se trabajará para comprobar el correcto funcionamiento de la bomba VP44. (ANEXO E)

2.7. Compilador MikroBasic

Se utiliza para codificar lo que realizara el PIC, es un compilador BASIC con todas las características para codificar lo que realizará los microcontroladores PIC de Microchip. Los Microcontroladores PIC permiten el borrado y reprogramación de la memoria del programa en el microcontrolador. Los usuarios pueden programar los sistemas de proceso de fabricación o de actualización en el campo. Esto permite que las revisiones de código sean fáciles.

2.8. Diagrama de flujo

La manera más fácil de realizar una correcta programación es el desarrollo del diagrama de flujo, el cual ayuda a la visualización del proceso que seguirá nuestro módulo de control.

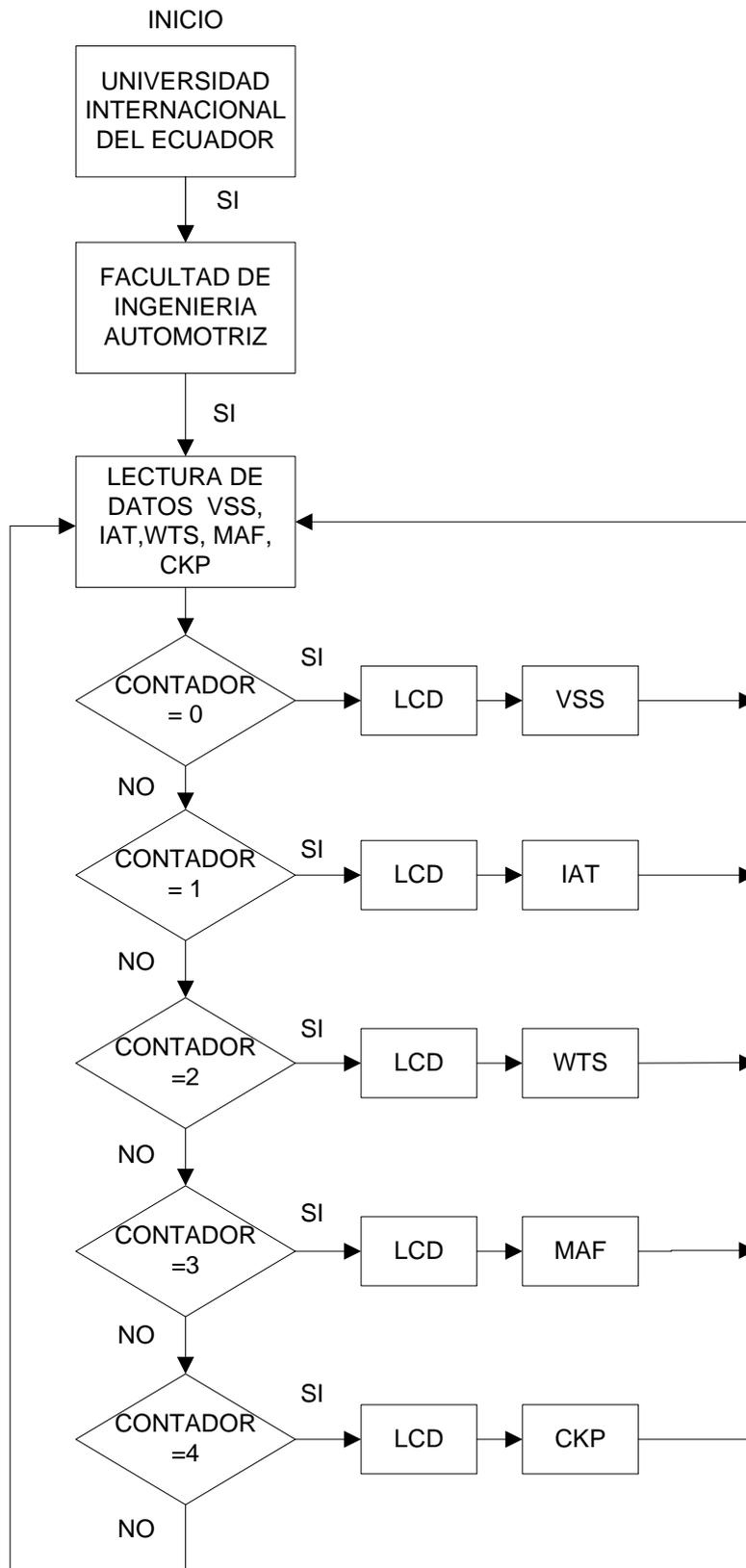


Figura 85 Diagrama de flujo

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.9. PICKIT 2

Es una herramienta de desarrollo de bajo costo con una interfaz fácil de usar para la programación y la depuración de las familias de microcontroladores. Todas las funciones interfaz de programación es compatible con la línea de base, de gama media, permite la depuración en circuito en la mayoría de los microcontroladores PIC.

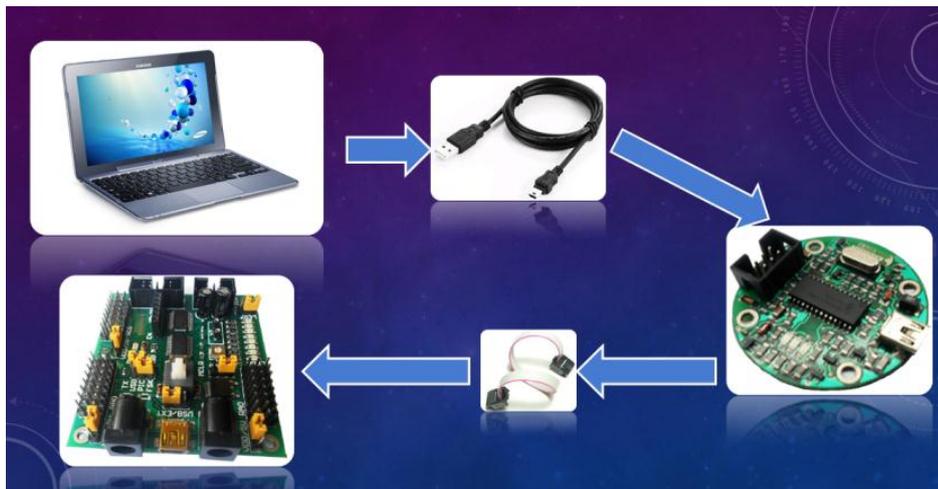


Figura 86 Programación en PICKIT 2

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Procedimiento de programación

- **Conexión de hardware**
- **Configuración inicial**
- **Dispositivo encontrado**
- **Borrar**
- **Transformar archivo**
- **Búsqueda de archivo**
- **Importación exitosa**
- **Escribir**

2.10. Estructura del Banco de Pruebas para la bomba

Para el diseño de nuestro banco de pruebas utilizamos el software de diseño Auto Cad, el cual nos permite visualizar la estructura que tendrá nuestro banco de pruebas.

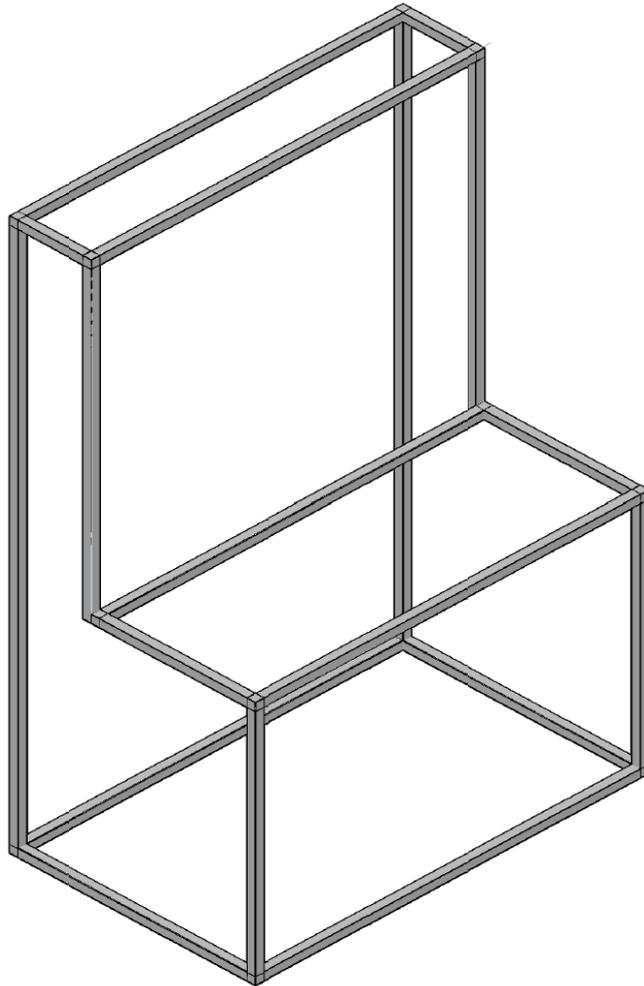


Figura 87 Estructura de banco de prueba.

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.11. Vistas de la Estructura del Banco de Pruebas

Para una visualización más perfecta auto cad, nos ofrece la visualización por vistas, la cual utilizando el sistema americano, se coloca delante del objeto en el sentido de la proyección.

2.12. Banco de Pruebas para la bomba VP 44

Definida la estructura que poseerá nuestro banco de pruebas, procedemos a la implementación estructural de nuestro banco, distribuyendo cada uno de los sensores, actuadores, LCD, variador de frecuencia, ECU, inyectores manómetros y filtro de combustible.

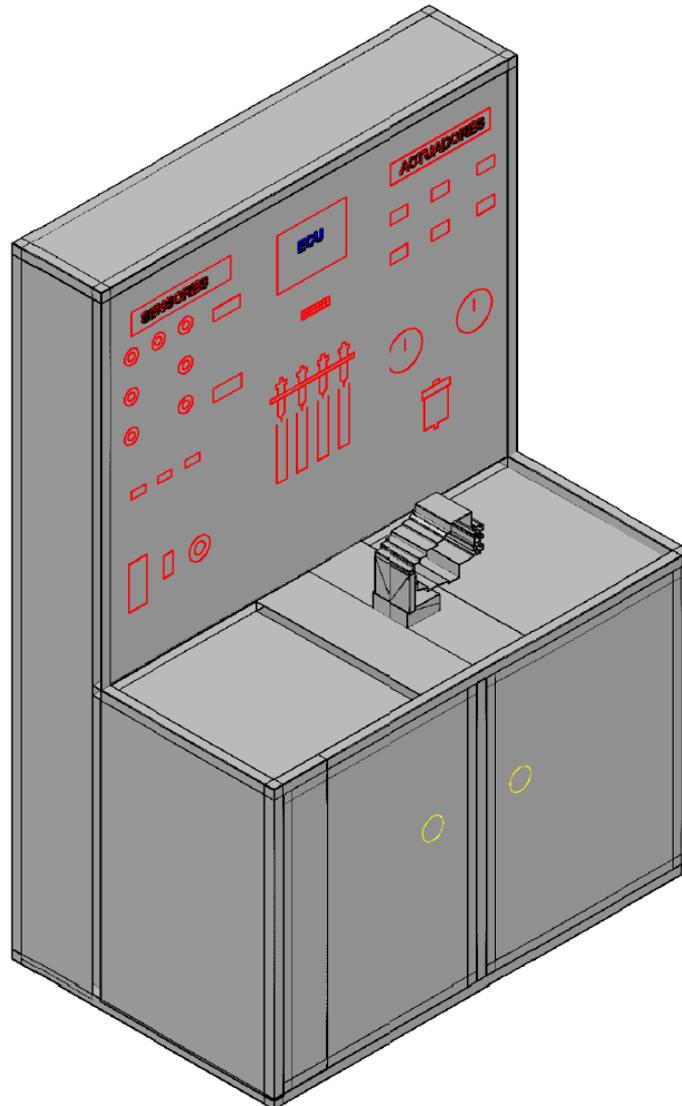


Figura 88 Banco de pruebas en 3D

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

2.13. Vistas del Banco de Pruebas para la bomba VP 44.

Para una visualización más perfecta de la estructura, AutoCAD nos ofrece la visualización por vistas, la cual utilizando el sistema americano.

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE PRUEBAS PARA LA BOMBA VP 44

3.1. Sistemas del Banco de Pruebas para la bomba VP 44

3.1.1. Bastidor

Una vez que ya tenemos definida la estructura y forma, que tendrá nuestro banco de pruebas, iniciamos su construcción.



Figura 89 Corte de materiales

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León



Figura 90 Tubo cuadrado 1"x2mm

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

Finalizado el proceso de construcción podemos observar como la estructura del banco toma la forma definida en el diseño inicial.



Figura 91 Construcción del bastidor

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

3.1.2 Materiales Utilizados en la Construcción del Banco de Pruebas para la Bomba VP 44

- Planchas de tool galvanizado 1/16
- Tubo cuadrado 1" x 2mm
- Electrodo 6011 de 1/8.
- Angulo 2"x2mm
- Bisagras
- Botones
- Cerradura
- Garruchas
- Pintura sintética celeste.
- Lija de hierro.
- Lija de agua.
- Diluyente.
- Discos de corte 7" 1.5mm
- Discos de pulir 7" ¼.
- Plancha de acero templado.

3.1.3 Selección de materiales.

3.1.3.1 Tool galvanizado.

Es una lámina de acero que es sujeta a un proceso caliente de inmersión, que recubre en total integridad la lámina de zinc, con el propósito de prevenir la corrosión generada por el zinc. El tool de acero galvanizado tiene muchas aplicaciones, en la construcción, automóviles, refrigeración y fabricación de herramientas.

a) Existen diferentes tipos de tool:

- Tool de 1/16
- Tool de 1/20
- Tool de 1/40.
- Tool de 1/32.



Figura 92 Tool

Fuente:(Acero Comercial Ecuatoriano S.A., 2013)

Observamos algunos tipos de tool que existen en el mercado pero para la realización del banco se requiere un material fuerte, robusto y que prevenga en envejecimiento prematuro y el tool que posee este tipo de características es el tool de 1/16.

El mismo que fue utilizado para el desarrollo del banco de pruebas para la bomba VP44.

3.2. Tubo cuadrado

Los tubos cuadrados por lo general se utilizan en muchas estructuras al momento de realizar uniones no complejas como columnas, vigas entre otras que cuentan con resistencia que el cierto momento permiten un debido mantenimiento y protección contra las corrosiones e inclusive suelen presentar maleabilidad al momento de torsión y resistencia al pandeo. A continuación se determinan las características de tubo estructural cuadrado utilizado:

Tabla 34 Características de tubo estructural cuadrado

Recubrimiento:	Galvanizado
Norma de Fabricación:	ASTM A 500 Gr. B ó C
Norma de Galvanizado:	NTE INEN 2415 ASTM A 123
Kilos:	2.95 kg/m
Longitud:	6000 mm.
Sección en mm. 'h' Altura:	25.4 mm.
Sección en mm. 'b' Ancho:	25.4 mm.
Sección en mm. 'e' espesor:	3 mm
Calidad del acero:	JIS G3132 SPHT

Fuente: (Arcelor Mittal, 2013)

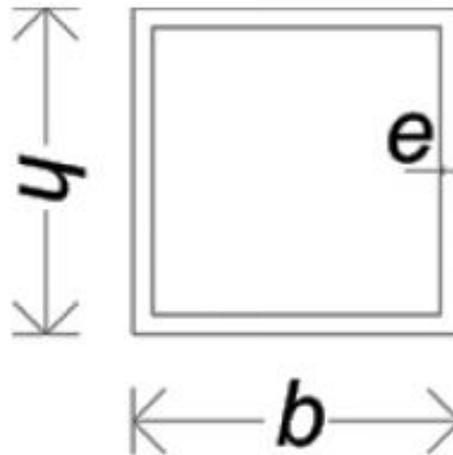


Figura 93 Tubo estructural cuadrado

Fuente: (Arcelor Mittal, 2013)

Tabla 35 Especificaciones de tubo estructural cuadrado

Diámetro exterior	Espesor	Masa por unidad de longitud	Área de la sección transversal	Momento de inercia de flexión	Radio de giro	Módulo de flexión elástico	Módulo de flexión plástico	Momento de inercia de torsión	Módulo de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada
D	T	M	A	I	I	Wd	Wp	Lt	Ct	As	m
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	m ² /m	
25	30	1.89	2.41	1.84	0.874	1.47	1.91	3.33	2.27	0.0897	529

Fuente: (Arcelor Mittal, 2013)

Tabla 36 Características del ASTM A500

PROPIEDADES QUÍMICAS TÍPICAS		
	Grado B	Grado C
Carbon, Max%	0.26	0.23
Manganeso, Max%	----	1.35
El fósforo, Max%	0.035	0.035
Sulphur, Max%	0.035	0.035
El cobre, el cobre cuando el acero es especificada, Min%	0.200	0.200
PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS		
Resistencia a la tracción, Min psi	58000	62000
Límite elástico, Min psi	46000	50000
Elongación en 2 "Min	23% *	21% **
* 0.180 "pared y sobre		
** 120 "pared y sobre		

Fuente: (ONEAL, 2013)

ASTM A500 es una especificación estándar para acero al carbono formado en frío costura y sin costura tubería estructural en formas redondas, cuadradas y rectangulares. ASTM A500 es la especificación más común en para perfiles tubulares (HSS). Aplicaciones A500 ASTM incluyen soportes estructurales, columnas de edificios, señales de la carretera, servicios petroleros y torres de comunicación. (ONEAL, 2013).

b) Existen diferentes tipos de tubo cuadrado.

- 1"-3/4
- 1"-1/2
- 1" -5/16



Figura 94 Tubo cuadrado

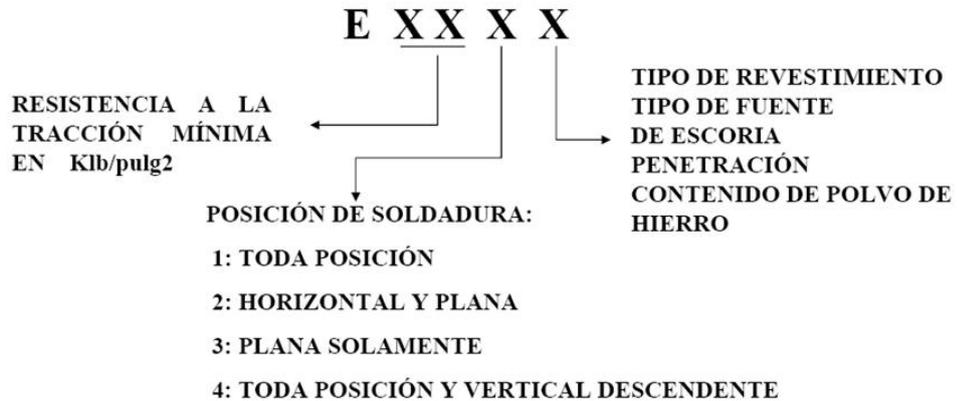
Fuente:(Acero Comercial Ecuatoriano S.A., 2013)

Observando físicamente cada una de las características de los diferentes tipos de tubo cuadrado podemos determinar que el que cumple con las características básicas para este tipo de batidor es el 1" – 5/16.

3.2.1 Electrodo 6011

Los electrodos poseen un recubrimiento celulósico que permite que este sea usado con corriente alterna, además de esta corriente también se puede usar con una continua, siendo así un electrodo positivo. Los electrodos 6011 se caracterizan por una soldadura en posición vertical y sobre cabeza debido a la rápida solidificación del metal depositado, e inclusive se cuenta con la fácil colocación en distintas posiciones del arco, permitiendo a su vez altas velocidades de deposición.

NORMA AWS A 5.1: ELECTRODOS REVESTIDOS PARA ACEROS AL CARBONO



INTERPRETACION DEL ULTIMO DIGITO: NORMA AWS A5.1

ULTIMO DIGITO	0	1	2	3	4	5	6	7	8
CORRIENTE Y POLARIDAD	CC(+)	CA CC(+)	CA CC(-)	CA CC(+/-)	CA CC(+/-)	CC(+)	CA CC(+)	CA CC(+)	CA CC(+)
ESCORIA	ORGANICA	ORGANICA	RUTILICA	RUTILICA	RUTILICA	BASICA	BASICA	MINERAL	BASICA
ARCO	ENERGICO	ENERGICO	MEDIO	SUAVE	SUAVE	MEDIO	MEDIO	SUAVE	MEDIO
PENETRACIÓN	PROFUNDA	PROFUNDA	MEDIANA	POCA	POCA	MEDIANA	MEDIANA	MEDIANA	MEDIANA
POLVO DE Fe	0 - 10%	---	0 - 10%	0 - 10%	30 - 50%	---	---	50%	30 - 50%

1 kpsi = 1 Klb/pulg² = 0,7 Kg/mm² = 6,8 MPa

Figura 95 Electrodo para aceros al carbono

Fuente: (Bosch, 1999)

Como observamos en el recuadro anterior, normativa para la nominación de los electrodos, citando esta normativa podemos describir el electrodo 6011 de la siguiente manera:

Tabla 37 Nominación de electrodos 6011

Electrodo	E	ELECTRODO	
Resistencia a la tracción mínima	60	408 Mpa	
Posición de soldadura	1	Toda posición	
Tipo de revestimiento	1	Tipo de fuente	CA-CC(+)
		Tipo de escoria	ORGANICA
		Tipo de arco	ENERGICO
		Tipo de penetración	PROFUNDA
		Contenido de polvo de hierro	-----

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

a- Características

Entre las principales características según el manual de productos AGA, es:

- Electrodo para acero dulce y al carbono
- Con hierro en polvo
- Toda posición
- Corriente continua, electrodo positivo
- Corriente alterna
- Revestimiento blanco
- Punto azul

b.- Aplicaciones Típicas

De igual manera este manual menciona diferentes tipos de aplicación que se le puede dar al electrodo 6011.

- Marcos de ventanas
- Fabricación de rejas
- Estanques
- Planchas galvanizadas
- Estructuras
- Reparaciones generales
- Aceros ASTM A36, A53

Tabla 38 Tipos de electrodos

ELECTRODO	TIPO	CARACTERÍSTICA
6011	1/8	Normal
6011	5/ 32	Penetración
6011	1/ 16	Relleno

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León



Figura 96 Electrodo

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Como observamos existen una variedad de electrodos, para diferentes tipos de trabajos, pero el más utilizado en el campo automotriz es el 6011, pero también observamos tiene diferentes tipos de características, el normal para este tipo de trabajo tenemos el electrodo 6011 de 1/8, por no requerir ni relleno ni tampoco penetración más que simplemente el cordón normal.

3.2.2 Garrucha

Las garruchas son en general como instrumentos que poseen una rueda y que sirven comúnmente para mover o levantar pesos. Facilita un levantamiento de carga, siendo que la fuerza que se aplica es menor gracias al mecanismo de polea con el que cuenta.

Existen diferentes tipos de garruchas para este tipo de trabajo.

- Garruchas de 4"
- Garruchas de 5"
- Garruchas de 6"

Se observa que existen diferentes tipo de garruchas pero para nuestro proyecto elegimos la de 4" por ser más fuertes robustas y adicionalmente incorporan un freno de goma.

3.2.3 Pintura

Existen diferentes tipos de pinturas que se utilizan frecuentemente en el campo automotriz como por ejemplo.

Tabla 39 Pintura

Tipo	Secado	Acabado	Mezcla para uso.	Manipulación y Secado final.
Acrílicas (AC)	Rápido	Rápido Semibrillante	Diluyente acrílico.	Manipularlo entre 30 min a 1 hr y el secado completo 1 día.
Poliuretano (PU)	Catalizador (varía según la cantidad de catalizador agregado).	Catalizador Brillante (pintura sólida). Mate (pintura perlada).	Diluyente poliuretano y catalizador para su uso.	Manipularlo tarde entre 1 a 2 horas y el secado completo entre 1 a 2 días.
Poliéster (Base)	Rápido	Opaco (sólidas y perladas). Uso de barniz para dar brillo.	Diluyente poliuretano.	Manipulación es de 10 a 30 min y el secado final 12 h.

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

La pintura seleccionada para nuestro banco de pruebas es la de poliuretano color celeste perlado, puesto que la misma tiene unas excelentes características de adherencia, durabilidad, resistencia e impermeabilidad a cualquier tipo de líquido, la cual hace de esta pintura la más indicada, ya que nuestro banco utiliza diésel como líquido de pruebas. Con esto nos aseguramos que de existir cualquier derrame o fuga de diésel, este no dañara la estética del banco.

3.2.4 Equipos de protección personal (EPP)

Para el desarrollo del banco de pruebas fue necesario el uso de implementos de seguridad para evitar cualquier tipo de riesgo inmerso a la actividad ejecutada. Dentro del EPP se incluye el uso de:

- Guantes: Utilizado en el proceso de soldadura levantamiento de cargas y apilamiento de materia prima junto al horno en donde los

trabajadores deberán soportar golpes y temperaturas elevadas.

Los guantes deben de cumplir con las normas INEM 876, la cual rige en el Ecuador.

- Casco de soldar: Ayuda a evitar la salpicadura de electros calientes. Este implemento de seguridad cumpla con la norma ANSI Z.87.1.+ la misma que regula esta clase de equipos
- Delantal de cuero: Lo trabajadores deben de proteger su pecho y las piernas con este implemento para atenuar algún tipo de riesgo.
- Zapatos punta de acero: Estos zapatos proporcionan seguridad y comodidad.

3.2.5 Proceso de soldadura

Para lograr la fusión de los componentes es necesario el calor que se produce a través de un arco eléctrico entre un electrodo y la pieza de trabajo. Al generarse el arco el intenso calor que este produce, genera la unión del núcleo metálico, descomposición del recubrimiento que formará una atmósfera rica en CO₂. Durante la solidificación, la capa de escoria ocupará la parte superior del cordón u protegerá al metal de depósito durante el enfriamiento.



Figura 97 Proceso de soldadura

Fuente: Juan Betancourth y Edwin León

3.3 Sistema de control

3.3.1 Sistema electrónico

Cada uno de los elementos que integran el sistema electrónico permite que la computadora genere los pulsos electrónicos, para que permitan el paso de combustible a los diferentes inyectores.

a) Comprobación de la ECU

Una vez que tenemos el manual de taller de la D-MAX 3.0 podemos visualizar los diagramas del cableado de cada uno de los pines de la ECU, a continuación observamos la comprobación de la ECU en el comprobador de ECU, que contamos en los talleres de la universidad.



Figura 98 Prueba del sistema electrónico

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

Como podemos observar cada uno de los pines de entrada y salida fueron probados midiendo señales normales de funcionamiento

b) Módulo reprogramable

Como ya explicamos anteriormente el modulo reprogramable es un módulo tipo ARDUINO, hecho en ecuador.



Figura 99 Módulo programable

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

El módulo posee seis entradas analógicas las cuales son simuladas con potenciómetros de $5K\Omega$, que como se demostró en el capítulo II, es una resistencia suficiente para que genere los voltajes suficientes para que funcione la ECU.

A continuación observamos las diferentes mediciones que proporciona este módulo a la salida del LCD.



Figura 100 Captura de pantalla de LCD

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

Como observamos cada una de las pantallas muestran el porcentaje de incremento y disminución en sus diferentes Pid's, facilitándonos la visualización de las medidas asignadas.

3.3.2 Sistema eléctrico de control

El sistema de control electrónico es el encargado de controlar la activación, desactivación y paro de emergencia del banco, se esta emergencia por algún accidente en la manipulación, o a su vez en algún recalentamiento en el motor. En el primer caso se lo realizara al accionar el botón de pare tipo hongo.



Figura 101 Botón tipo hongo

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

En el segundo caso se realizara automáticamente mediante el variador de frecuencia, que como ya se manifestó en el capítulo II posee entre sus componentes el térmico, necesario para este tipo de circuitos trifásicos.



Figura 102 Variador de frecuencia

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

3.4 Sistema de combustible

3.4.1 Línea de alta presión

La línea de alta presión, está constituida por la bomba de combustible las cañerías y los inyectores que son el punto final para la pulverización. Las cañerías son de hierro fundido de 8mm de grosor, las mismas soportan las 1600 bares de presión que genera la bomba y necesarios para una correcta pulverización.



Figura 103 Línea de alta presión

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

3.4.2 Línea de baja presión o retorno

La línea de baja presión consta de depósito de combustible, la bomba de combustible el filtro de combustible y el filtro elemento.



Figura 104 Línea de baja presión o retorno

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

3.4.3 Tanque de combustible

El tanque de combustible contiene en su interior la bomba de combustible eléctrica necesaria para impulsar el combustible desde el depósito hacia la bomba VP 44, su capacidad es de 16 litros.



Figura 105 Tanque de combustible

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

3.4.4 Filtro de combustible

Los filtros de combustible son esenciales para detener las impurezas que posee el combustible para que no llegue a los inyectores y el motor, estas impurezas partículas y sedimentos como también residuos de agua fruto de la condensación por general vienen del surtidores, tanques y recipientes usados para transportar el combustible. Si ni se produjese una correcta limpieza del combustible puede obstruir, dañar o afectar el funcionamiento del motor.



Figura 106 Filtro elemento

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León



Figura 107 Filtro de combustible

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

3.5. Sistema de potencia trifásica

3.5.1 Motor eléctrico

Para el acoplamiento del motor a la estructura se construyó una base la cual es móvil y permite el desplazamiento del motor hacia adelante y atrás, logrando de esta manera direccionarla hacia el piñón de la bomba.

Kit banda y piñones



Base de motor móvil



Motor trifásico



Figura 108 Conjunto del motor eléctrico
Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

3.5.2. Sistema mecánico

3.5.2.1. Bomba VP44

Para una correcta instauración de una bomba vp44 se requiere de una formación mecánica adecuada. Por consiguiente para el montaje de la bomba en el banco de pruebas se construyó una base, la cual consta de dos piezas. Una de las piezas es fija que va montada fijamente a la estructura del banco y otra pieza es móvil, la cual va sujeta a la bomba permitiendo sujetarla a la base, de tal forma que ayuda a desacoplarla cuando se requiera colocar otra bomba o en su defecto cualquier otro tipo de trabajo.

Base de la bomba



Base de apoyo de la bomba



**Pruebas de acoplamiento
de la Base y Bomba**



**Pruebas de acoplamiento
de Piños Banda**



Piñón de motor trifásico y rueda fónica



Figura 109 Bomba VP44

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

3.6. Ensamblaje Elementos del Banco de Pruebas

3.6.1 Ensamblaje del Bastidor

Una vez terminado el banco de pruebas superando la parte de colocación de todas las piezas que lo conforman (columnas, entre otros), se procede a comenzar con el proceso de pintado y conforme se va avanzando, poco a poco se podrá observar cómo cada parte del diseño va tomando la estructura correspondiente a la forma establecida.



Figura 110 Ensamblaje de bastidor

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

3.7. Ensamblaje del Sistema de control

3.7.1. Sistema electrónico

Como lo establecimos anteriormente nuestro banco de pruebas posee una sección de sensores y otra de actuadores que proporcionan las señales de ingreso y salida a dela ECU respectivamente.

Adicional al conjunto de mandos de sensores se adiciono un selector y un voltímetro digital el cual nos permitirá observar cada uno de los voltajes que

ingresan a la ECU, dependiendo de la posición en que coloquemos el selector.



Figura 111 Ensamblaje del sistema electrónico

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

3.7.2. Sistema eléctrico de control

Un sistema de control debe de tener la capacidad de controlar la potencia que es suministrada a los actuadores de salida del sistema. El sistema eléctrico de control electrónico consta de un beaquero, una luz de paro de emergencia, una luz piloto de marcha del motor y un pulsador NTC de paro de emergencia.



Figura 112 Sistema eléctrico de control

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

El funcionamiento de la velocidades está designada por tres selectores.

Tabla 40 Funcionamiento de velocidades

Selector NA encendido de motor Off/on	Selector NA control del motor I	Selector NA control del motor II	Rpm a la salida de motor trifásico	Rpm a la bomba	Hz
on	0	0	300	600	10,28
on	0	1	600	1200	20,57
on	1	0	1200	2400	41,14
on	1	1	1700	3400	60

Elaborado por: Santiago León y Juan Betancourth

3.7.3 Ensamblaje Sistema de combustible

3.7.3.1. Línea de alta presión

El circuito de alta presión del banco de pruebas, consta de cuatro cañerías de alta presión, que desembocan en los inyectores mecánicos, los cuales pulverizan el diésel, cuando este supera el límite máximo de tolerancia de las toberas, que se encuentra en el interior del inyector.



Figura 113 Línea de alta presión

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

La manera más óptima de comprobar el correcto funcionamiento del inyector es observando el ángulo de pulverización lo cual se puede observar por el conjunto de probetas colocada al pie de cada inyector, en

estas probetas es donde se deposita el diésel para ser medido y comprobar si posee el caudal especificado en las fichas técnicas.



Figura 114 Conjunto Probetas

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

En diferentes circunstancias el ángulo de pulverización pueda que no sea el óptimo, así como también el caudal el especificado de acuerdo a la ficha técnica, una manera para descartar que esta anomalía se fruto de la falta de presión de inyección es el manómetro de 3.000 psi. El cual permite observar las presiones pico de inyección.



Figura 115 Manómetro de 3.000 psi

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

3.7.3.2. Línea de baja presión o retorno

El circuito de baja presión consta del tanque de combustible, filtros y mangueras de combustible, el caudal que genera la bomba de combustible no supera la presión máxima de 30 psi, para alcanzar comprobación de esta medida se colocó en la línea de baja presión un manómetro de 30 psi, el cual proporciona una medida exacta en el funcionamiento de la bomba.



Figura 116 Manómetro de 30 psi

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

3.7.4. Ensamblaje del Sistema de potencia trifásica

3.7.4.1 Motor eléctrico

Una vez construida la base del motor y acoplada a la estructura procedemos al montaje de los mismos, cabe mencionar que el giro del motor es de sentido horario el cual permite mediante la banda darle el sentido de giro anti horario que requiere la bomba de combustible, adicional a esto la banda cuenta con un tensor el cual permite mantener tensionada la banda de tal manera que ayude a transmitir el movimiento y la fuerza requerida para que la bomba trabaje con normalidad.



Figura 117 Motor Eléctrico

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

Acoplado al eje del motor lleva una rueda fónica similar a la que lleva montada en la camioneta D-MAX 3.0 que es de 58 dientes más 2 cortado los cuales por intermedio de un sensor inductivo permiten identificar el punto muerto superior, que es necesario para que la bomba genere el pulso de inyección. Observamos que cuenta con un piñón de 20 dientes el cual permite aumentar el número de revoluciones que llegan a la bomba.

$$8 \text{ lbs} = 35.58 \text{ Nm}$$

3.8. Ensamblaje Sistema mecánico

3.8.1. Bomba VP44

Una vez construida la base de la bomba se procede a su acoplamiento en la estructura del banco de pruebas observamos que cuenta con un piñón de 10 dientes el cual permite multiplicar los giros de la bomba en una relación de 1:2 el cual lo podemos observar en el cuadro anteriormente escrito.

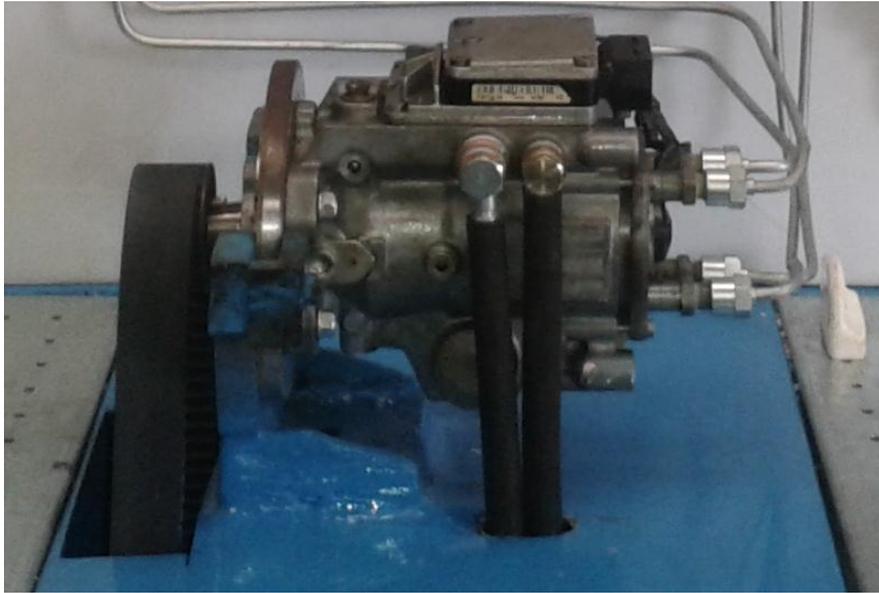


Figura 118 Bomba VP44

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

CAPÍTULO IV

COMPROBACIÓN DE PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS

4.1. Verificación de la presión del combustible

Uno de los parámetros que ayudan a detectar posibles fallas en un circuito de combustible, es la presión del caudal de la bomba, para lo cual se realizó las pruebas estableciendo parámetros estándar de funcionamiento como son:

Ángulo de posición del acelerador	50%
Velocidad del vehículo	0 km/h
Temperatura de aire	28 C°
Temperatura del refrigerante	85 C°
Flujo de masa de aire	380 gr/s



Figura 119 Banco de pruebas

Tomado por: Juan Betancourth y Edwin León

a) Prueba a 500 rpm.

Tabla 41 Prueba 500 rpm

CIRCUITO	PRESIÓN		UNIDAD
	FICHA TECNICA	BANCO	
CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN	0	0	PSI
CIRCUITO DE ALTA PRESIÓN	940 - 1050	1400	PSI

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

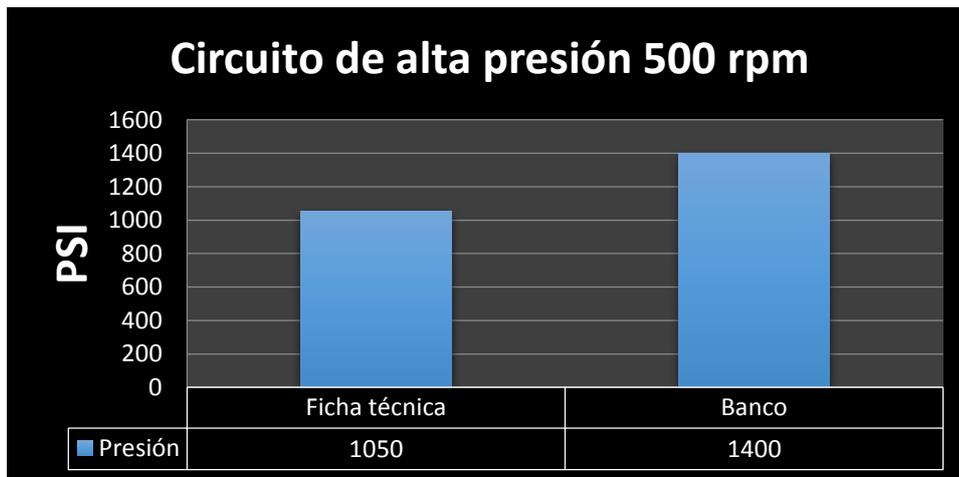


Figura 120 Prueba 500 rpm

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Al comparar los datos del fabricante tenemos un aumento en la presión de alta que genera la bomba.

b) Prueba de caudal a 750 rpm

Tabla 42 Prueba 750 rpm

CIRCUITO	PRESIÓN		UNIDAD
	FICHA TECNICA	BANCO	
CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN	0	0	PSI
CIRCUITO DE ALTA PRESIÓN	1230 - 1380	1450	PSI

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

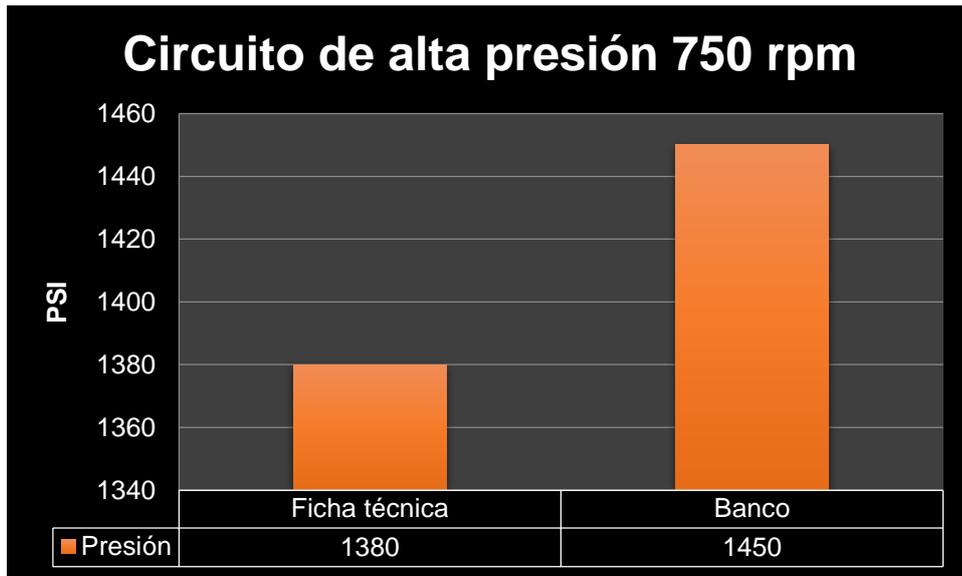


Figura 121 Prueba 750 rpm

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

c) Prueba de caudal a 1000 rpm

Tabla 43 Prueba 1000 rpm

CIRCUITO	PRESIÓN		UNIDAD
	FICHA TECNICA	BANCO	
CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN	0	0	PSI
CIRCUITO DE ALTA PRESIÓN	1810 - 1960	1500	PSI

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

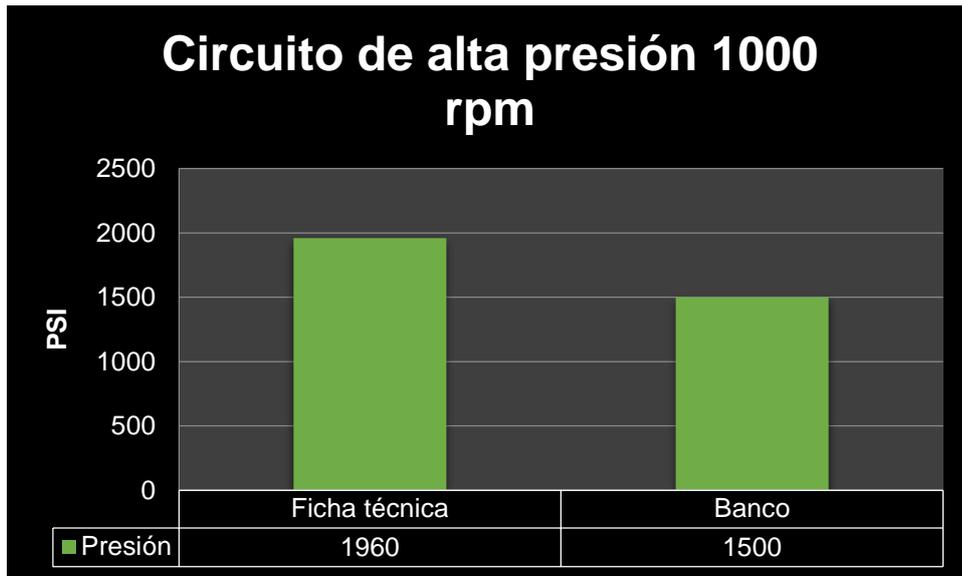


Figura 122 Prueba 1000 rpm

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

d) Prueba de caudal a 1250 rpm.

Tabla 44 Prueba 1250 rpm

CIRCUITO	PRESIÓN		UNIDAD
	FICHA TECNICA	BANCO	
CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN	0	0	PSI
CIRCUITO DE ALTA PRESIÓN	2140 - 2280	1500	PSI

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

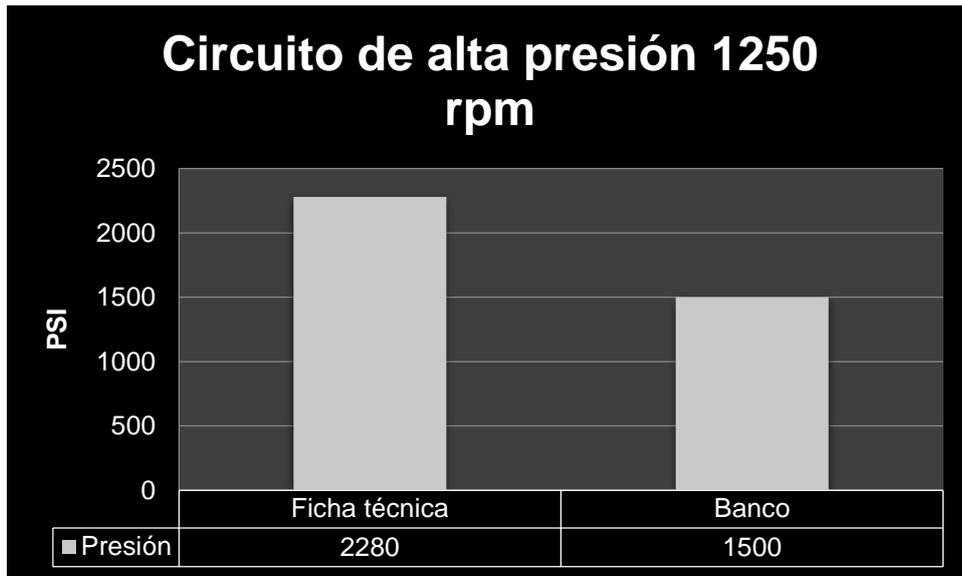


Figura 123 Prueba 1250 rpm

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Como podemos observar cada una de las tablas en sus diferentes revoluciones, presentan una variación en su caudal y presión, lo cual nos confirma que al haber un aumento de revoluciones, la bomba genera mayor presión entregando así mayor caudal del combustible, entonces nos queda comprobado que a medida que las revoluciones de la misma vayan aumentando, la bomba va a tener mayor presión y caudal.

4.2. Pruebas de sensores y actuadores

Los sensores son los elementos que le ayudan a la ECU a poder medir parámetros del estado y funcionamiento del motor, para lograrlo estos emiten una señal eléctrica analógicas las cuales ya fueron explicadas anteriormente, estas señales se deben también de medir para que al momento de la comprobación de la bomba vp44 no haya un fallo de la bomba por el mal funcionamiento de alguno de ellos. En los consecutivos recuadros podemos visualizarlos de tal manera de poder entender como varía los voltajes de señal que ingresan a la ECU.

4.2.1. Pruebas de desempeño de sensor TPS

Tabla 45 Pruebas de desempeño del sensor TPS

NOMINACIÓN		MEDICIONES					
V. SEÑAL	VEHÍCULO	0,1v	0,3v	1v	2,8v	3,7v	4,6 V
	BANCO	0V	0,1 V	0,9	2,4 V	3,5 V	4,8 V
Ángulo		-4%	0%	14%	50%	75%	100%

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

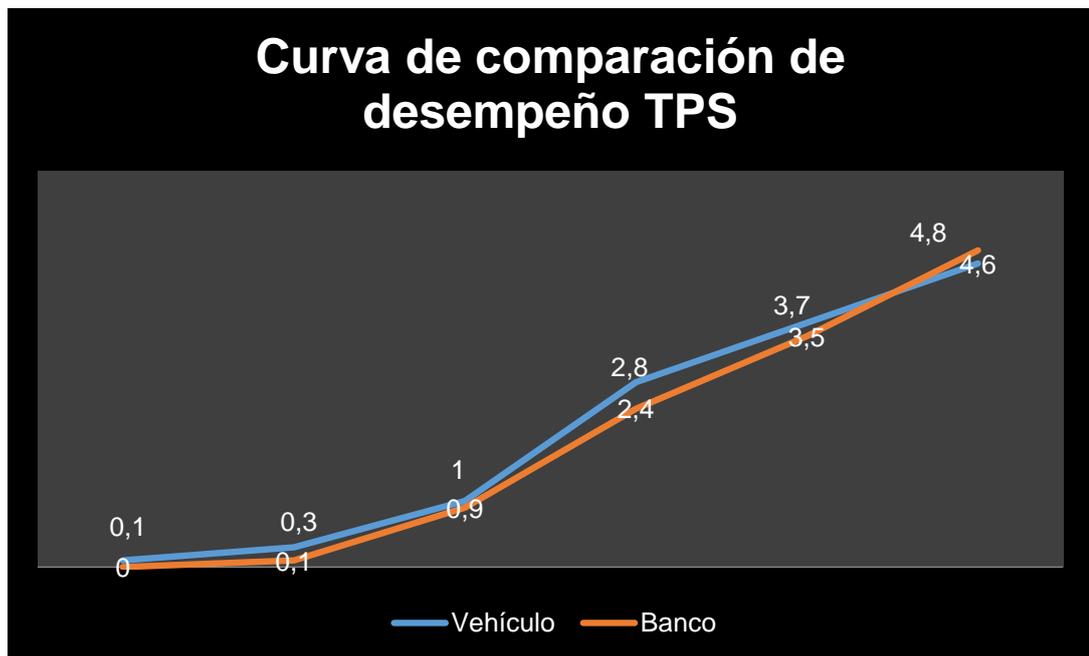


Figura 124 Comparación de desempeño TPS

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

4.2.2. Pruebas de desempeño de sensor MAF

Tabla 46 Pruebas de desempeño del sensor MAF

NOMINACIÓN		MEDICIONES			
V. SEÑAL	VEHICULO	5v	1,8v	2,5v	2,67v
	BANCO	5V	0,9	1,9	2,9
RPM		Contacto	Ralentí	1500 rpm	2000 rpm
Mg / strk (mg/impacto)		380 - 420	380 - 420	360 - 400	380 - 420

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

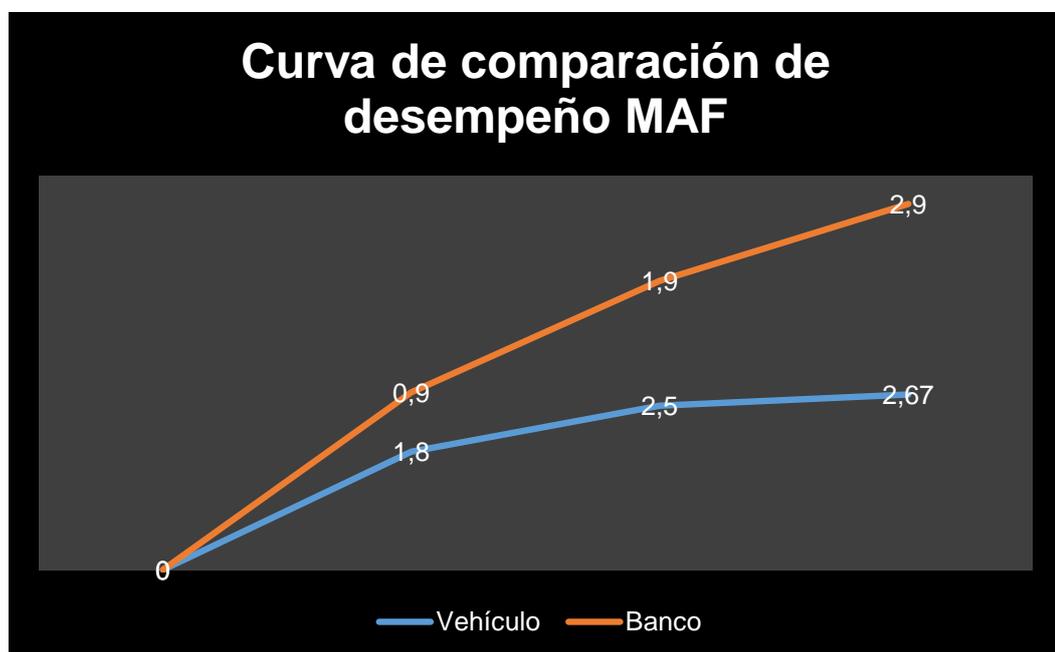


Figura 125 Comparación de desempeño MAF

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

4.2.3. Pruebas de desempeño de sensor IAT

Tabla 47 Pruebas de desempeño del sensor IAT

TEMPERATURA	V. SEÑAL	
	VEHICULO	BANCO
0 C°	4,95v	4,8 v
25 C°	3,6v	3,6 v
50 C°	2,67v	2,3 v
75 C°	1,2v	1,1 v
100 C°	1v	0 v

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

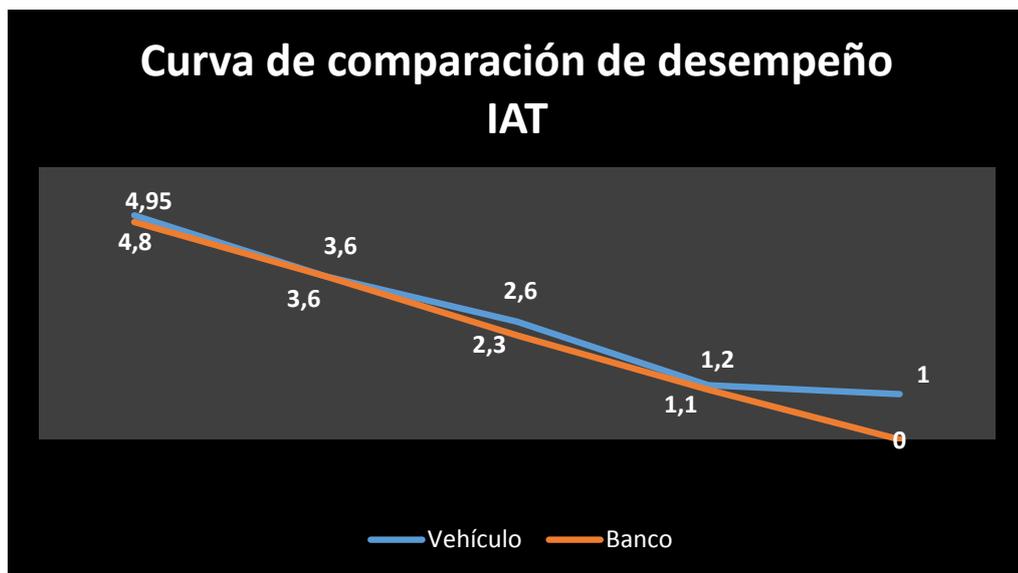


Figura 126 Comparación de desempeño IAT

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

4.2.4. Pruebas de desempeño de sensor WTS

Tabla 48 Pruebas de desempeño de sensor WTS

TEMPERATURA	V. SEÑAL	
	VEHICULO	BANCO
0 C°	4.4 V	4.8 v
25 C°	3.2 V	3.8 V
50 C°	2.8 V	2.7 V
75 C°	1.4 V	1.7 V
100 C°	0.9 V	0.6 V

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

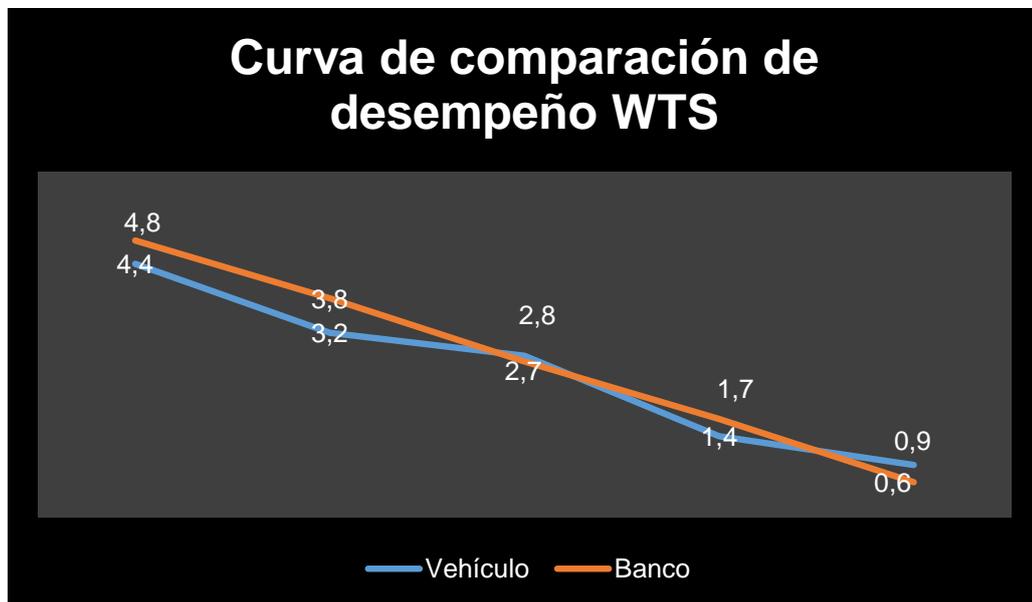


Figura 127 Comparación de desempeño WTS

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

4.2.5. Pruebas de desempeño de sensor VSS

Tabla 49 Sensor VSS

MEDICIONES	
0 Km/h	0 V
30 Km/h	0,9 V
60 Km/h	1,9 V
90 Km/h	2,8 V
120 Km/h	3,8 V
150 Km/h	4,8 V

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León



Figura 128 Comparación de desempeño VSS
Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

4.2.6. Lámpara indicadora de mal funcionamiento (MIL)

La lámpara "Check Engine" (MIL), referenciando el manual técnico de ISUZU (2008), se enciende cuando el ECM detecta un DTC que impactará las emisiones del vehículo.

Cuando la Lámpara indicadora de mal funcionamiento de motor se mantenga encendida mientras el motor esté en marcha, o cuando se sospeche un mal funcionamiento debido a un problema de conducción o emisiones, deberá realizarse una comprobación con el sistema de diagnóstico a bordo (OBD) del sistema de transmisión. Los procedimientos para estas comprobaciones se ofrecen en Comprobación con el sistema de diagnóstico a bordo (OBD). Estas comprobaciones expondrán las averías que podrían no ser detectadas si se realizasen otros diagnósticos primero.



Figura 129 Luz MIL

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Como observamos en el párrafo anterior la lámpara indicadora de mal funcionamiento se encenderá por diferentes motivos, en este caso la lámpara se enciende, en vista que los valores asignados a la ECU no son los reales, puesto que son simulados y no llevan una concatenación con cada uno de los parámetros establecidos de fábrica. Es por esta razón que podemos con la ayuda de un scanner, propio de la marca observar los códigos que genera, que la lámpara permanezca encendida, dándonos cuenta que son por la simulación propia a la que fue sometida la ECU.

4.2.7. Lámpara indicadora del tiempo de luminosidad de bujías de precalentamiento

Haciendo referencia al manual técnico de ISUZU (2008), la función de la lámpara indicadora de tiempo de luminosidad, es informar al conductor de si el sistema luminoso está activado o no. Cuando la lámpara se apague, se podrá arrancar el motor. Esto no implica que las bujías luminosas ya no estén activadas. En la fase posterior a la luminosidad la lámpara no está iluminada pero las bujías luminosas permanecen activas por cierto periodo dependiendo de la temperatura del refrigerante del motor.



Figura 130 Lámpara de bujías de precalentamiento

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Del abstracto anterior podemos denotar que las lámpara se encienden en tablero de actuadores, permaneciendo encendida durante un lapso de 12 segundos y pagándose automáticamente, dándonos a entender que las bujías de precalentamiento han calentando la cámara de combustión y que se encuentra listo el motor para su funcionamiento.

4.2.8. Bujías De Precalentamiento

Según el manual técnico de ISUZU (2008), el voltaje en la bobina de la bujía luminosa del relé lo suministra el módulo de control del motor (ECM) principal.

El relé luminoso de los interruptores ECM para operar la bujía luminosa depende de la temperatura del refrigerante. En la fase posterior a la luminosidad la lámpara no está iluminada pero las bujías luminosas permanecen activas por cierto periodo dependiendo de la temperatura del refrigerante del motor.

Del abstracto anterior podemos acotar que dependiendo de la temperatura del refrigerante encenderán las bujías de precalentamiento, esto es fácil de comprobar en el banco de pruebas, en vista que gracias a las simulaciones realizadas podemos variar el voltaje suministrado a la ECU, encendiendo a apagando la luz que simula este actuador.



Figura 131 Simulación de las bujías de precalentamiento

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

4.2.9. Recirculación de gases de escape (EGR)

Según Cise Electrónica (2011), el propósito del Sistema EGR es regular de forma precisa el flujo de Gas EGR bajo diferentes condiciones de operación, así como eliminar su flujo bajo condiciones que comprometerían el buen desempeño del motor. La cantidad precisa de gas EGR que debe suministrarse en el múltiple de admisión varía significativamente a medida que la carga de trabajo del motor cambie. Esto resulta en un Sistema EGR que opera en una línea muy fina entre un buen control de gases NOx producidos y un buen funcionamiento general del motor. Ambas cosas deben lograrse simultáneamente mediante el control electrónico del motor.

En otro apartado, de acuerdo a lo mencionado en el manual técnico de ISUZU (2008), la EGR es controlada por EVRV (válvula reguladora de vacío eléctrica) mediante la señal de comando del módulo de control del motor (ECU) dependiendo de la velocidad del motor, operación del pedal de acelerador y temperatura del refrigerante del motor.



Figura 132 Simulación de la EGR

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

Del párrafo anterior podemos añadir que la velocidad del motor, en el banco de pruebas, ya está predefinidas y esta no sería una variable para las activación de la EGR, más si podemos valernos del pedal de acelerador y el sensor de refrigerante, que disponemos en el banco uno simulado y el otro adaptado los cuales ayudan a una visualización de la activación de la EGR.

4.3. Pruebas de funcionamiento

a) Prueba de caudal a 500 rpm.

Tabla 50 Caudal a 500 rpm

INYECTOR	NÚMERO 1	NÚMERO 2	NÚMERO 3	NÚMERO 4
CAUDAL FICHA TÉCNICA.	6 - 8	6 - 8	6 - 8	6 - 8
CAUDAL BANCO	8	8	8	8

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

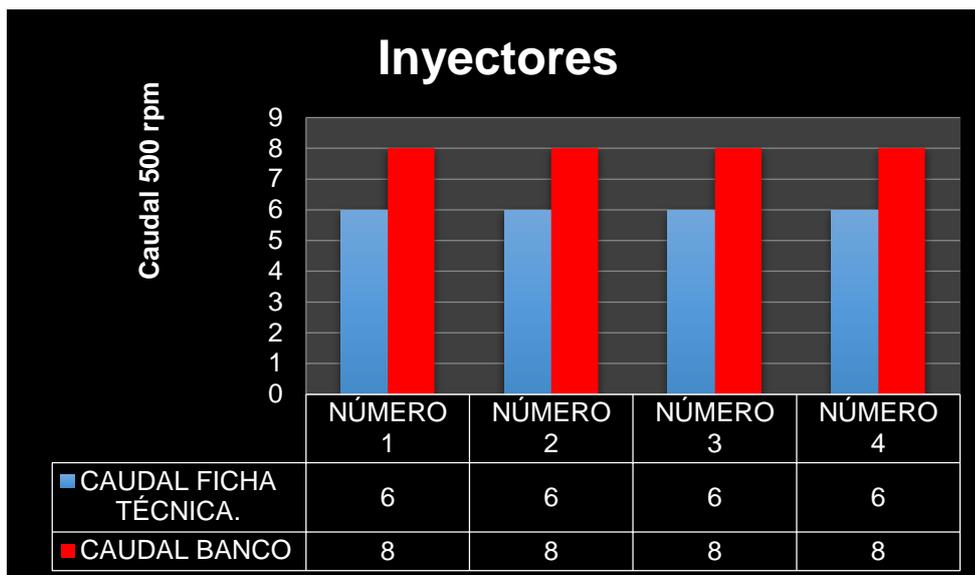


Figura 133 Caudal 500 rpm

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

b) Prueba de caudal a 750 rpm

Tabla 51 Caudal a 750 rpm

INYECTOR	NÚMERO 1	NÚMERO 2	NÚMERO 3	NÚMERO 4
CAUDAL FICHA TÉCNICA.	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9
CAUDAL BANCO	10	11	10	9

Elaborado por: Santiago León y Juan Betancourth

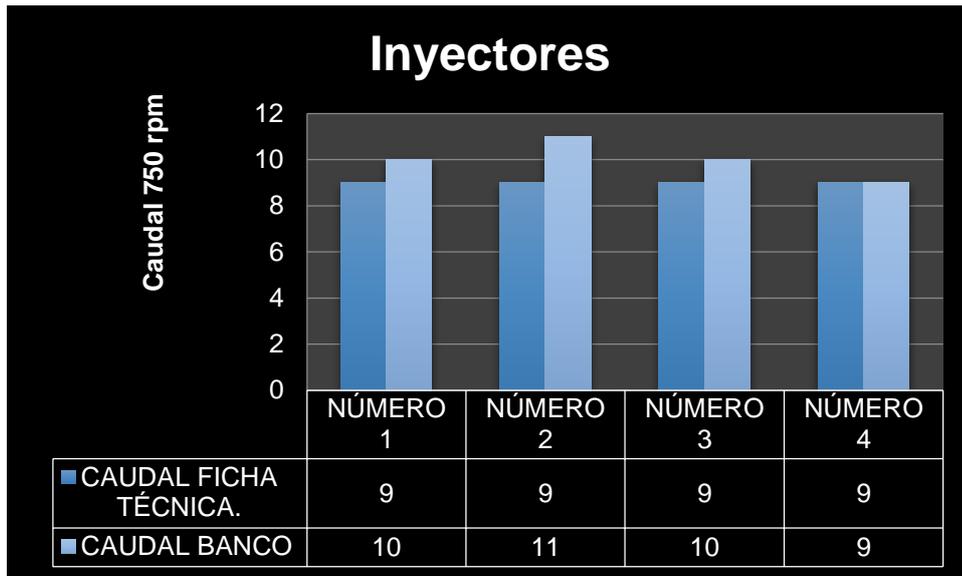


Figura 134 Caudal 750 rpm

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

c) Prueba de caudal a 1000 rpm.

Tabla 52 Caudal a 1000 rpm

INYECTOR	NÚMERO 1	NÚMERO 2	NÚMERO 3	NÚMERO 4
CAUDAL FICHA TÉCNICA.	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9
CAUDAL BANCO	10	11	10	10

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

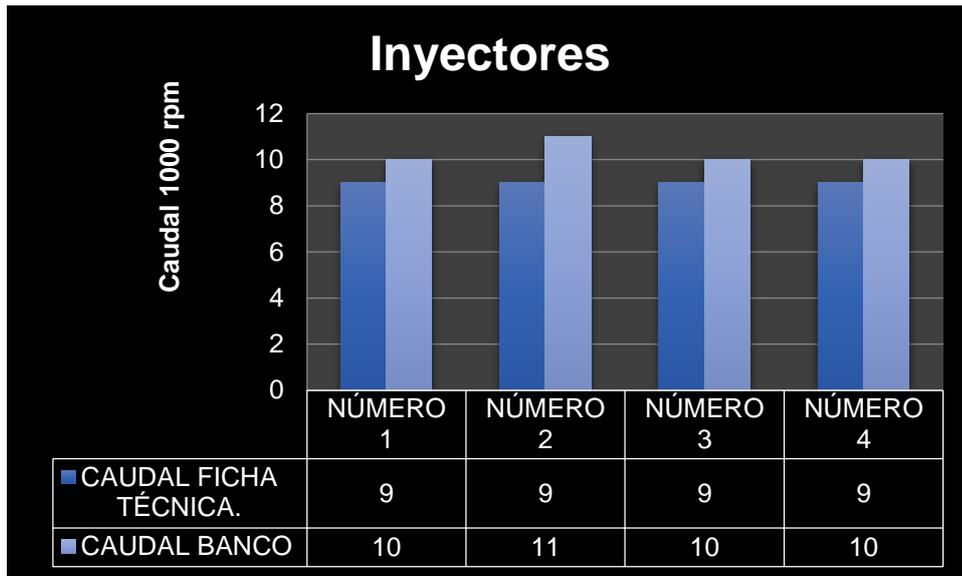


Figura 135 Caudal 1000 rpm

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

d) Prueba de caudal a 1250 rpm

Tabla 53 Caudal a 1250 rpm

INYECTOR	NÚMERO 1	NÚMERO 2	NÚMERO 3	NÚMERO 4
CAUDAL FICHA TÉCNICA.	6 - 10	6 - 10	6 - 10	6 - 10
CAUDAL BANCO	12	13	12	12

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

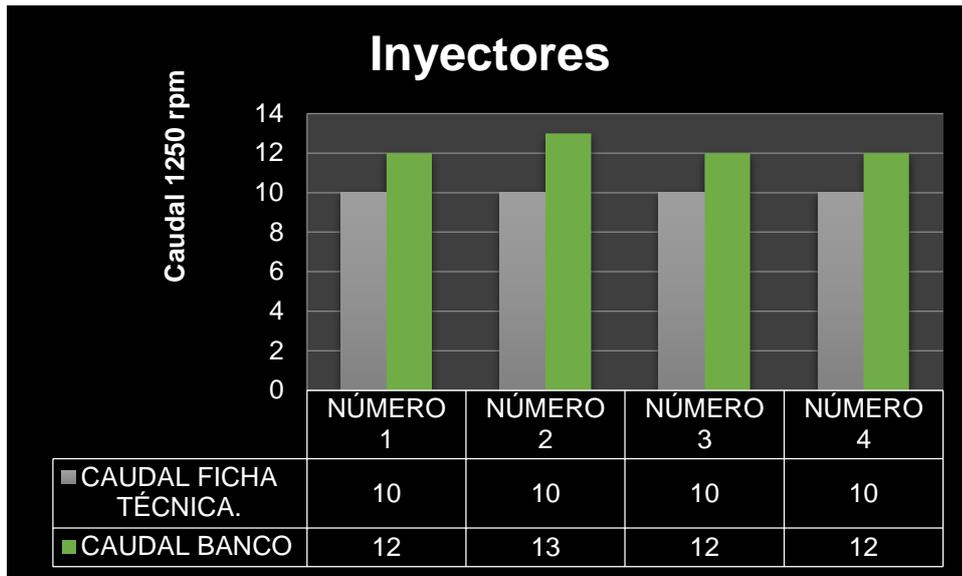


Figura 136 Caudal 1000 rpm

Elaborado por: Juan Betancourth y Edwin León

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- A través de la investigación se logró aprender el funcionamiento mecánico y electrónico de la bomba VP44 instalada en el vehículo.
- Se comprendieron las posibles fallas que puede generar la bomba vp44, no solo mecánicas sino también electrónicas.
- Se conocieron las limitaciones que tiene esta bomba vp44.
- A través de la lectura de los manuales establecidos por el fabricante se pudo establecer y conocer un poco más las posibles fallas que pueda generar la bomba VP44, para así tener en cuenta para que al momento de la simulación no nos genere muchos códigos de fallo.
- Por medio de la investigación se pudo elegir el material correcto tanto eléctrico como electrónico, para realizar el funcionamiento del banco de pruebas y realizar las pruebas lo más cercano al funcionamiento de la misma.
- Se emulo cada uno de los valores de operación de cada sensor que influyen en el correcto funcionamiento de la misma, para poder activar correctamente la PSG.
- Se investigaron algunas formas de bancos de pruebas de bombas de inyección para poder realizar el diseño del banco de pruebas.

- Se seleccionó materia prima nacional, necesarios la construcción del banco de pruebas.
- Se realizó las pruebas correspondientes del funcionamiento de la bomba para poder compararlas con los datos proporcionados por el fabricante y se pudo evidenciar que aunque todos los sensores utilizados son importantes para el funcionamiento de la bomba VP 44, el que tiene mayor importancia es el sensor TPS, debido a que ayuda al correcto funcionamiento de un sistema de inyección electrónica de combustible.
- Como observamos en cada uno de los cuadros de comparación, podemos decir que a medida que el número de revoluciones aumenta, la bomba genera mayor presión de combustible y por consecuencia entregara mayor caudal.

En resumen podemos decir que, realizando una investigación sobre el funcionamiento mecánico así como electrónico del funcionamiento de la bomba rotativa diésel Bosch VP44, se diseñó y construyó un banco de pruebas para la misma, con la finalidad de demostrar que se puede realizar este tipo de banco con el uso de materiales nacionales, dentro de la Facultad de Ingeniería de Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil.

5.2. Recomendaciones

- Se debe tomar en cuenta la correcta conexión de los pines de la bomba con la ECU así también como de los sensores necesarios para el funcionamiento de la misma.
- Se debe tener en cuenta que la bomba de inyección VP44 trabaja con un voltaje de 12 voltios, menor a ese voltaje no trabaja.
- La polea de transmisión debe estar correctamente alineada con el piñón de la bomba.
- Revisión de que no haya fugas de combustible por cañerías ya que esto afecta a la medición del caudal entregado.
- Cuando se vaya a utilizar el banco de pruebas conectar correctamente el motor eléctrico a una fuente de 220v.
- Mientras se utilice el banco de pruebas se debe conectar el cargador de batería para que vaya cargando a la batería.
- Antes de poner en marcha el banco de pruebas comprobar que tenga combustible en el reservorio del mismo.
- Después de cada uso limpiar las bandejas y recoger el líquido derramado de haberlo hecho.
- De haber algún problema de funcionamiento o algún accidente accionar urgentemente el botón rojo del lado izquierdo el que tiene el rotulo de paro de emergencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Acero Comercial Ecuatoriano S.A. (9 de julio de 2013). *Acero Comercial Ecuatoriano S.A.* Recuperado el 17 de Junio de 2014, de <http://www.acerocomercial.com/>
- Arcelor Mittal. (2013). *Tubo estructural rectangular cuadrado*. Madrid: Arcelor Mittal.
- ASTM International. (01 de Marzo de 2013). *ASTM A249/A249M - 10a*. Recuperado el 06 de Junio de 2014, de Especificación estándar para la caldera soldada austenítico Acero, sobrecalentador, intercambiador de calor y condensador de tubos: <http://es.astm.org/Standards/A249.htm>
- Bauer, H. (2008). *Systema de Inyeccion de Gasolina L-Jetronic*. Berlín: Grupo Bosch.
- Berger, J., Feger, J., & Fink, L.-M. (2008). *Regulación electrónica Diesel (EDC)*. Alemania: Bosch GmbH.
- Best, J. (2008). *Cómo investigar en educación*. Madrid: Ediciones Morata.
- Bosch. (1999). *Bombas rotativos de inyección de émbolos radiales, para motores diesel*. Guayaquil: BOSH.
- Bosch. (2012). *Sistema de combustible con bomba rotativa electrónica VP44*. Madrid: Grupo Bosch.
- Bosch. (2013). *Prueba combinación portainyectores*.
- Calloni, J. (2009). *Mantenimiento eléctrico y mecánico para pequeñas y medianas empresas*. Buenos Aires: Nobuko.
- Cise Electrónica. (2011). *Análisis de los gases de escape de los motores de combustión interna*. México, D.F.: Cise Electrónica.
- Edina. (25 de Marzo de 2014). *Edina*. Recuperado el 25 de Marzo de 2014, de <http://www.edina.com.ec/guia-telefonica/>
- Fuentelsaz, C., Ica, M., & Pulpón, A. (2008). *Elaboración y presentación de un proyecto de investigación y una tesina*. Barcelona: Edicions Universitat Barcelona.
- Full Steel Aceros Industriales. (2013). *Surtiaceros - Ecuador*. Quito: Surtiaceros.
- Gobierno Nacional. (31 de Enero de 2012-2013). *Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo*. Obtenido de Plan Nacional del Buen Vivir: <http://www.planificacion.gob.ec/plan-nacional-para-el-buen-vivir-2009-2013/>

- Google Maps. (01 de Noviembre de 2013). *Google Maps*. Obtenido de Ciudad de Guayaquil: <https://www.google.com.ec/maps/preview?hl=es-419&authuser=0#!q=Guayaquil&data=!1m4!1m3!1d232255!2d-79.8610395!3d-2.1745715!2m1!1e3!4m15!2m14!1m13!1s0x902d13cbe855805f%3A0x8015a492f4fca473!3m8!1m3!1d232258!2d-79.8697472!3d-2.0498677!3m2!1i1280!2i699!4f13.1>
- Grupo Bosch. (2008). *Los sensores en el automóvil*. Madrid: Editorial Reverte.
- Grupo Bosch. (2008). *Sistemas de inyección diesel por acumulador Common Rail*. Berlín: Editorial Reverte.
- Grupo Bosch. (2009). *Características de la bomba VP44*. New York: Grupo Bosch.
- Grupo Bosch. (2009). *Regulación electrónica Diesel (EDC)*. Berlín: Editorial Reverte.
- Grupo Bosch. (2012). *Bomba de inyección diesel VP44*. Madrid: Grupo Bosch.
- Grupo Bosch. (21 de Noviembre de 2012). *Equipamiento para pruebas de montaje posterior para bombas de inyección de nueva generación*. Recuperado el 03 de Octubre de 2013, de http://www.bosch-automotive.es/boaa-es/kidownload?type=application/pdf&publication=3&cl_id=48&pos=1&attrv_id=2050
- Grupo Bosch. (2012). *Sistemas VP44*. Caracas: Bosch GmbH.
- Imbernón, F. (2009). *La investigación educativa como herramienta de formación del profesorado*. España: Graó.
- Isuzu Motors Limited. (2008). *Manual de servicio motor 4JA1/4JH1-Tc ISuzu*. Editorial Service Marketing Departament: Japan.
- Jones & Bartlett Learning. (2013). *Fundamentos de Tecnología Automotriz: Principios y práctica*. New York: Jones & Bartlett Learning.
- McCord, K. (2011). *Automotive Diagnostic Systems*. North Branch: CarTech.
- ONEAL. (2013). *ASTM A500 tubing*. New York: ONEAL.
- Orovio, M. (2010). *Tecnología del automóvil*. Madrid: Ediciones Paraninfa, S.A.
- Perco - Tronics. (2012). *Valores de comprobación 4JH1-TC*. Quito: Perco - Tronics.

- Reuter, U., Eichhorn, F., Mossinger, J., Nothdruff, H., Rodríguez, N., Russeler, K., y otros. (2011). *Bombas rotativas de inyección de embolos radiales, para motores diesel*. Madrid: Grupo Bosch.
- Schiffman, L., & Lazar, L. (2008). *Comportamiento del consumidor*. Naucalpan de Juárez, Edo. de México: Pearson Educación.

ANEXOS

ANEXO "A"

CODIGO DE PROGRAMACIÓN

```
programProyecto_Dimax
```

```
constcharacter as byte[8] = (14,10,14,0,0,0,0,0)
```

```
subprocedureCustomChar(dimpos_row as byte, dimpos_char as byte)
dim i as byte
LCD_Cmd(64)
for i = 0 to 7
LCD_Chrcp(character[i])
next i
LCD_Cmd(_LCD_RETURN_HOME)
LCD_Chrcp(pos_row, pos_char, 0)
end sub
```

```
DIM LCD_RS as sbit at RB1_bit
LCD_EN as sbit at RA3_bit
LCD_D4 as sbit at RC2_bit
LCD_D5 as sbit at RA4_bit
LCD_D6 as sbit at RC1_bit
LCD_D7 as sbit at RA2_bit
LCD_RS_Direction as sbit at TRISB1_bit
LCD_EN_Direction as sbit at TRISA3_bit
LCD_D4_Direction as sbit at TRISC2_bit
LCD_D5_Direction as sbit at TRISA4_bit
LCD_D6_Direction as sbit at TRISC1_bit
LCD_D7_Direction as sbit at TRISA2_bit
DIM TPS,VSS,IAT,WTS,CKP,MAF AS FLOAT
DIM TEXTO AS STRING [5]
dimrevol, valor as word
DIM CONTADOR AS BYTE
```

```
subprocedureinterrupt
ifTestBit(INTCON,INTF) then ' hubo la interrupcion por portb.0
ClearBit(INTCON,INTF)
inc(revol) ' incrementamos las revoluciones
endif
end sub
```

```

main:
OPTION_REG = 0X83
INTCON = 0XD0

OSCCON = 0X75      ' FRECUENCIA DE TRABAJO
PORTA = 0
TRISA = 0
PORTB = 0
TRISB = %00001101
PORTC = 0
TRISC = 0
PORTE = 0
TRISE = 0X08      ' PULSADOR DE SELECCION
ANSEL = %00010011  ' 3 POTENCIOMETROS
ANSELH = %00000011 ' 2 POTENCIOMETROS
Lcd_Init()
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR)
Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF)
Lcd_Out(1,1,"UNIVERSIDAD INT.")
Lcd_Out(2,1,"DEL ECUADOR")
Delay_ms(3000)
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR)
Lcd_Out(1,1,"FACULTAD DE ING.")
Lcd_Out(2,1,"AUTOMOTRIZ")
Delay_ms(3000)
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR)
CONTADOR =0
while (1)
    TPS = (25.97)*(4.1)*(Adc_Read(0)/1023)-6.4    'RA0
    VSS = ((150.0)*(Adc_Read(1)))/1024
    IAT = (-27.5)*(3.6)*(Adc_Read(4)/1024)+99.25  'RA5
    WTS = (-26.6)*(4.4)*(Adc_Read(8)/1024)+117.24 'RB2
    'MAF = (1857.0)*(2.5)*(Adc_Read(9)/1024)-2642.6 'RB3
    MAF = (50.0)*(1.8)*(Adc_Read(9)/1024)+380.0 'RB3
if PORTE.RE3 = 0 then
while(PORTE.RE3=0)wend
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR)
INC(CONTADOR)
endif
if CONTADOR=0 then
FloatToStr(TPS,TEXTO)
Lcd_Out(1,1,"TPS: [%] ")
Lcd_Out(2,1,TEXTO)
Delay_ms(200)

```

```

endif
if CONTADOR=1 then
FloatToStr(VSS,TEXT0)
Lcd_Out(1,1,"VSS: [KM/H] ")
Lcd_Out(2,1,TEXT0)
Delay_ms(200)
endif
if CONTADOR=2 then
if IAT>95 THEN
    IAT=100
FloatToStr(IAT,TEXT0)
Lcd_Out(1,1,"IAT: [ C]")
Lcd_Out(2,1,TEXT0)
CustomChar(1,7)
else
if IAT<3 THEN
    IAT=0
FloatToStr(IAT,TEXT0)
Lcd_Out(1,1,"IAT: [ C]")
Lcd_Out(2,1,TEXT0)
CustomChar(1,7)
else
FloatToStr(IAT,TEXT0)
Lcd_Out(1,1,"IAT: [ C]")
Lcd_Out(2,1,TEXT0)
CustomChar(1,7)
endif
endif

endif
Delay_ms(200)

endif
if CONTADOR=3 then
    IF WTS>95 THEN
        WTS=100
FloatToStr(WTS,TEXT0)
Lcd_Out(1,1,"WTS: [ C]")
Lcd_Out(2,1,TEXT0)
CustomChar(1,7)
    ELSE
FloatToStr(WTS,TEXT0)
Lcd_Out(1,1,"WTS: [ C]")
Lcd_Out(2,1,TEXT0)
CustomChar(1,7)

```

```

    END IF
    Delay_ms(200)
  endif
  if CONTADOR=4 then
    IF MAF<430 THEN
      MAF = 430
      FloatToStr(MAF,TEXT0)
      Lcd_Out(1,1,"MAF: [gr/seg]")
      Lcd_Out(2,1,TEXT0)
    ELSE
      IF MAF>470 THEN
        MAF = 470
        FloatToStr(MAF,TEXT0)
        Lcd_Out(1,1,"MAF: [gr/seg]")
        Lcd_Out(2,1,TEXT0)
      ELSE
        FloatToStr(MAF,TEXT0)
        Lcd_Out(1,1,"MAF: [gr/seg]")
        Lcd_Out(2,1,TEXT0)
      END IF
    END IF

    END IF
    Delay_ms(200)
  endif
  if CONTADOR=5 then
    revol = 0      ' revoluciones son iguales a 0
    Delay_ms(1000) ' con este tiempo sabemos cuantas revoluciones van haber en
    1seg
    CKP = (revol*60) ' .0)/58.0 ' asignamos las revoluciones al dato valor
    CKP EN RPM
    FloatToStr(CKP, TEXT0)
    Lcd_Out(1,1,"CKP: [RPM] ")
    Lcd_Out(2,10,TEXT0)
  endif
  if CONTADOR=6 then
    CONTADOR=0
  endif
wend
end.

```

ANEXO “B”

PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

CFW-10 - REFERENCIA RÁPIDA DE LOS PARÁMETROS

REFERENCIA RÁPIDA DE LOS PARÁMETROS, MENSAJES DE ERROR Y ESTADO

Software: V2.XX

Aplicación:

Modelo:

N.º de serie:

Responsable:

Data: / /

I. Parámetros

Parámetro	Función	Rango de Valores	Ajuste de Fábrica	Unidad	Ajuste del Usuario	Pág.
P000	Parámetro de Acceso	0 a 4, 6 a 999 = Lectura 5 = Alteración	0	-	-	65
PARÁMETROS DE LECTURA - P002 a P099						
P002	Valor Proporcional a la Frecuencia (P206xP005)	0.0 a 999	-	-	-	65
P003	Corriente de Salida (Motor)	0 a 1.5x _{nom}	-	A	-	65
P004	Tensión del Circuito Intermediario	0 a 524	-	V	-	65
P005	Frecuencia de Salida (Motor)	0.0 a 99.9, 100 a 300	-	Hz	-	65
P007	Tensión de Salida (Motor)	0 a 240	-	V	-	65
P008	Temperatura del Disipador	25 a 110	-	°C	-	65
P014	Último Error Ocurrido	00 a 41	-	-	-	65
P015	Segundo Error Ocurrido	00 a 41	-	-	-	65
P016	Tercero Error Ocurrido	00 a 41	-	-	-	65
P023	Versión de Software	x . y z	-	-	-	66
P040	Variable del Proceso PID	0.0 a 999	-	-	-	66
PARÁMETROS DE REGULACIÓN - P100 a P199						
Rampas						
P100	Tiempo de Aceleración	0.1 a 999	5.0	s	-	66
P101	Tiempo de Desaceleración	0.1 a 999	10.0	s	-	66
P102	Tiempo Aceleración - 2ª Rampa	0.1 a 999	5.0	s	-	66
P103	Tiempo Desaceleración 2ª Rampa	0.1 a 999	10.0	s	-	66
P104	Rampa S	0 = Inactiva 1 = 50 2 = 100	0	%	-	66
Referencia de Frecuencia						
P120	Backup de la Referencia Digital	0 = Inactivo 1 = Activo 2 = Backup por P121 3 = Activo luego a Rampa	1	-	-	67
P121	Referencia de Frecuencia por las Teclas HMI	P133 a P134	3.0	Hz	-	68
P122	Referencia JOG	P133 a P134	5.0	Hz	-	68
P124 ^{ns}	Referencia 1 Multispeed	P133 a P134	3.0	Hz	-	68
P125 ^{ns}	Referencia 2 Multispeed	P133 a P134	10.0	Hz	-	68
P126 ^{ns}	Referencia 3 Multispeed	P133 a P134	20.0	Hz	-	68
P127 ^{ns}	Referencia 4 Multispeed	P133 a P134	30.0	Hz	-	69
P128 ^{ns}	Referencia 5 Multispeed	P133 a P134	40.0	Hz	-	69
P129 ^{ns}	Referencia 6 Multispeed	P133 a P134	50.0	Hz	-	69
P130 ^{ns}	Referencia 7 Multispeed	P133 a P134	60.0	Hz	-	69
P131 ^{ns}	Referencia 8 Multispeed	P133 a P134	66.0	Hz	-	69
Límites de Frecuencia						
P133 ^{ns}	Frecuencia Mínima (F _{min})	0.0 a P134	3.0	Hz	-	70
P134 ^{ns}	Frecuencia Máxima (F _{max})	P133 a 300	66.0	Hz	-	70

ANEXO "C"

VALORES DE COMPROBACIÓN

VALORES DE COMPROBACIÓN	
DATOS DEL VEHICULO	
Fabricante: Isuzu	
Tipo de vehículo: Pick-up	Modelo de motor: 4JH1-TC
AJUSTES PREVIOS	
Giro de la bomba	izquierda
Presión de alimentación	0,3 bar
Presión de apertura del inyector	175 bar
Temperatura de combustible	36 °C
Caño de inyección	2mm x 6mm x 800 mm
Inicio de suministro - bloqueo* (teórico)	
1,5 mm	

*El ajuste puede variar dependiendo del valor de avance real.

RPM	Caudal de Entrega	Presión	Fuel Rate
100	min 4 cm ³ /golpe max 6 cm ³ /golpe	min 250 kpa max 325 kpa	min 8 max 9
250	min 4 cm ³ /golpe max 6 cm ³ /golpe	min 350 kpa max 400 kpa	min 46 max 51
350	min 6 cm ³ /golpe max 7 cm ³ /golpe	min 450 kpa max 550 kpa	min 58 max 59
500	min 6 cm ³ /golpe max 9 cm ³ /golpe	min 650 kpa max 725 kpa	min 87 max 88
750	min 6 cm ³ /golpe max 9 cm ³ /golpe	min 850 kpa max 950 kpa	min 129 max 131
1000	min 6 cm ³ /golpe max 9 cm ³ /golpe	min 1250 kpa max 1350 kpa	
1500	min 6 cm ³ /golpe max 10 cm ³ /golpe	min 1700 kpa max 1800 kpa	
2000	min 6 cm ³ /golpe max 10 cm ³ /golpe	min 1700 kpa max 1800 kpa	



PERCO-TRONICS

Todos los derechos reservados, prohibida la distribución total o parcial, así como el mal uso de este documento propiedad de PERCO-TRONICS.

ANEXO "D"

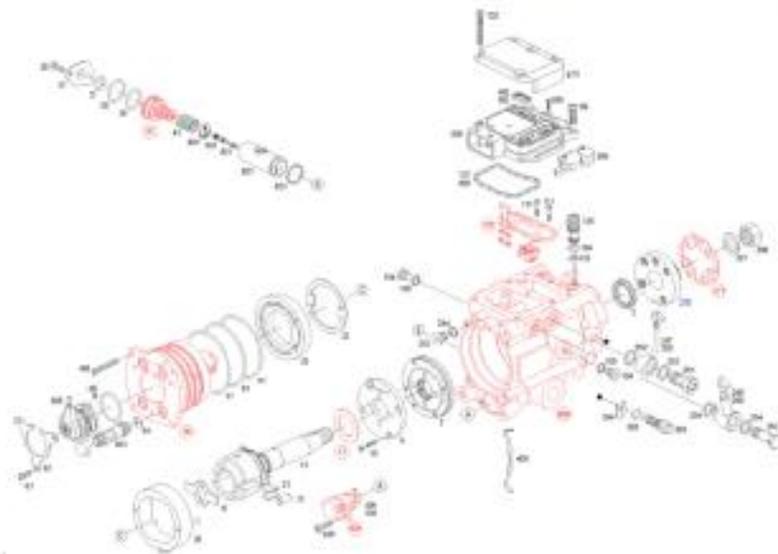
DESPIECE DE LA BOMBA VP 44



29/07/2014
18:04:36

Repuestos

Producto D 470 504 035 - Bomba de inyección distribuidora - VR4Q/TOM220R1000



ANEXO “E”