



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
AUTOMOTRIZ**

***DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE
PRUEBAS DE INYECTORES DIESEL TIPO MECÁNICO Y
ELECTRÓNICO***

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

AUTORES:

**Juan José Carrasco Palomeque
Danilo Agustín Medina Pacheco**

DIRECTOR:

Ing. Mauricio Barros Barzallo

**CUENCA - ECUADOR
2011**

Dedicatoria:

Todo mi trabajo y esfuerzo lo dedico a Dios por la salud y las fuerzas que me brindo en los momentos más difíciles, a mis papis Iván y María que con sus consejos supieron encaminarme siempre hacia el bien, a mis hermanos Tatiana, Silvana y Andrés que con su apoyo incondicional fueron mi fortaleza para poder llegar a mi meta y mi más grato agradecimiento a mi sobrino Matías que con su inocencia supo alentarme y llenarme de alegrías durante todo mi periodo como estudiante, para todos ellos mis más sinceros y profundos agradecimientos.

Juan José Carrasco Palomeque.

Dedicatoria:

Este trabajo de tesis va dedicado en especial a DIOS, a mis padres Agustín y Yolanda que me han dirigido en el camino de la vida, brindándome sus sabios consejos, me han hecho ver cuán importante es el estudio y con su incondicional apoyo me han ayudado a realizar esta tarea que empezó desde el principio de mi estudio.

También, dedico este proyecto a mis hermanos María, Jaime y Lucía quienes me apoyaron y siempre han estado a mi lado colaborándome y alentándome en todo momento que los necesite.

Danilo Agustín Medina Pacheco.

Agradecimientos:

Nuestro más sincero y profundo agradecimiento al Ing. Mauricio Barros, quien desde el principio hasta el final nos ha apoyado y colaborado con el aporte de sus conocimientos y acertadas sugerencias que hicieron posible viabilizar de mejor manera el trabajo efectuado.

De igual manera nuestro más sincero agradecimiento al Ing. Christian Icaza, a nuestro compañero Franklin González y a todas las personas que forman parte laboratorio diesel Ecu-Chile, quienes con su desinteresada apertura y facilidad nos permitieron elaborar la investigación y estudio de sus herramientas y métodos de trabajo, los cuales facilitaron la ejecución del presente proyecto de tesis.

De la misma manera queremos agradecer a los profesores Ing. Aníbal Jiménez, Ing. Ángel Jácome e Ing. Luís Tapia quienes nos han facilitado y ayudado en los talleres de la universidad para realizar diferentes elementos que constituyen este trabajo y que nos han colaborado de la mejor manera en la logística del proyecto.

A ellos nuestro profundo agradecimiento y el más alto sentimiento de gratitud y estima.

Índice de Contenidos

Dedicatoria:	ii
Agradecimientos:	iv
Índice de contenidos.....	v
Índice de ilustraciones y cuadros	x
Índice de anexos	x
Resumen:.....	xi
Abstract:	xii
Introducción	1

CAPÍTULO I: INYECTORES DIESEL

Introducción.	3
1. Inyectores diesel.	4
a. Pulverización.-	5
b. Distribución.-	5
c. Penetración.-	5
d. Corte de la inyección.-	5
e. Temperatura.-	5
1.1. Tipos de inyectores diesel.	6
1.1.1. Constitución interna de inyector mecánico diesel.	7
1.1.2. Inyectores de espiga.	9
1.1.3. Inyectores de orificios.	10
1.1.4. Desmontaje del inyector del motor.	12
1.2. Inyectores electrónicos.	15
1.2.1. Constitución interna del inyector electrónico.	16
1.2.2. Funcionamiento.	17
1.2.2.1. Inyector cerrado (estado de reposo).	17
1.2.2.2. El inyector abre (comienzo de inyección).	18
1.2.2.3. Inyector totalmente abierto.	19
1.2.2.4. El inyector cierra (final de inyección).	20
1.2.3. Tipos de marcas de inyectores electrónicos.	21
1.2.3.1. Inyectores DELPHI.	21
a. Inyector cerrado.-	21
b. Inyector Abierto.-	23
c. Inyector cerrado fin de inyección.-	23
1.2.3.2. Inyectores BOSCH.	25
1.2.3.3. Inyectores SIEMENS.	27
1.2.3.4. Inyectores DENSO.	29
1.2.4. Desmontaje inyectores eléctricos.	30
1.3. Verificaciones de los inyectores.	33
1.4. Averías, causas y soluciones.	35
1.5. Pruebas y comprobaciones.	38
1.5.1. Control de presión y tarado	39
1.5.2. Control de estanqueidad o goteo.	41
1.5.3. Control de pulverización y dirección del chorro	43
1.5.4. Fuga de retorno.	44
1.5.5. Verificación del inyector electrónico tipo Bosch con polímetro.	45

1.5.5.1.	Resistencia.....	45
1.5.5.2.	Aislamiento.....	45
	Conclusiones.....	46

CAPÍTULO II: DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBAS

	Introducción.....	47
2.1.	Constitución.....	48
2.1.1.	Mesa.....	48
2.1.2.	Cubeta de cristal.....	48
2.1.3.	Comprobador de inyectores diesel.....	49
2.1.4.	Tester.....	50
2.1.5.	Probetas.....	50
2.1.6.	Porta-probetas.....	50
2.1.7.	Cañerías.....	50
2.1.8.	Motor eléctrico.....	51
2.1.9.	Polea.....	51
2.1.10.	Banda.....	51
2.2.	Diseño de los componentes.....	51
2.2.1.	Diseño mesa del banco.....	51
2.2.1.1.	Diseño de la estructura de la mesa del banco.....	52
2.2.1.2.	Diseño del porta-probetas.....	52
2.2.1.3.	Diseño del soporte (porta) para inyectores.....	52
2.2.2.	Diseño del depósito de combustible.....	52
2.2.3.	Diseño de la cubeta de cristal.....	52
2.2.4.	Selección del motor eléctrico.....	53
2.2.4.1.	Cálculo para obtener la potencia del motor eléctrico.....	53
2.2.4.2.	Cálculo de la fuerza (F) ejercida sobre el elemento de bomba de inyección.....	53
2.2.4.3.	Cálculo del torque producido por la leva al eje en los diferentes ángulos de empuje.....	56
2.2.4.4.	Cálculo del torque T5 producido en el cilindro del elemento 5.....	67
2.2.4.5.	Cálculo de la fuerza (f_x).....	69
2.2.4.6.	Cálculo del torque T3 producido en el cilindro del elemento 3.....	70
2.2.4.7.	Cálculo de la fuerza ($F_x T_6$):.....	72
2.2.4.8.	Cálculo del torque T6 producido en el cilindro del elemento 6.....	73
2.2.4.9.	Cálculo de la fuerza $F_x T_2$:.....	74
2.2.4.10.	Cálculo del torque T2 producido en el cilindro del elemento 2.....	75
2.2.4.11.	Cálculo de la fuerza $F_x T_4$:.....	76
2.2.4.12.	Cálculo del torque T4 producido en el cilindro del elemento 4.....	77
2.2.4.13.	Torque producido por el regulador de la bomba de inyección (PES6A):	78
2.2.4.14.	Cálculo del torque total efectuado por el eje de levas.....	80
2.2.4.15.	Cálculo de la potencia del motor eléctrico (p), necesaria para mover a la bomba de inyección PES6P.....	81
2.2.5.	Diseño y selección de los componentes del comprobador de inyectores....	82
2.2.5.1.	Cálculo de la fuerza (F) ejercida sobre el elemento del comprobador de inyectores diesel.....	82
2.2.5.2.	Cálculo de la fuerza ($F_{mín}$) y ($F_{máx}$), para vencer la resistencia del muelle del comprobador de inyectores diesel.....	84

2.2.5.3.	Cálculo del factor de seguridad del muelle.....	90
2.2.5.4.	Cálculo de la fuerza (Fr) de acción de la palanca.....	95
2.2.5.5.	Cálculo de la palanca sometida a carga de flexión.....	96
2.2.5.6.	Cálculo del pasador a esfuerzo cortante.....	100
2.2.5.7.	Cálculo del elemento sometido a Pandeo.....	102
2.2.5.8.	Cálculo de los esfuerzos en el cilindro.....	106
2.2.6.	Diseño de la estructura metálica.....	108
	Conclusiones.....	110

CAPITULO III: CONSTRUCCIÓN DEL BANCO

	Introducción.....	112
3.1.	Construcción del banco de pruebas.....	113
3.2.	Planos de construcción del banco y sus elementos.....	113
3.3.	Construcción de la mesa del banco.....	126
3.3.1.	Estructura metálica.....	126
3.3.2.	Cubierta.....	127
3.4.	Tarjeta electrónica.....	128
3.4.1.	Display LCD.....	128
3.4.2.	Teclado.....	129
3.5.	Comprobador de inyectores diesel.....	130
3.5.1.	Émbolo.....	131
3.5.2.	Cilindro del émbolo.....	131
3.5.3.	Cilindro del comprobador.....	132
3.5.4.	Depósito de combustible.....	133
3.5.5.	Palanca de mano.....	133
3.5.6.	Pasador.....	134
3.6.	Porta probetas.....	134
3.6.1.	Eje porta-probetas.....	135
3.7.	Probetas.....	136
3.8.	Construcción Depósito de combustible.....	137
3.9.	Cañerías de combustible.....	138
3.10.	Recolector de combustible.....	138
3.11.	Poleas.....	139
3.12.	Extractor de polea.....	140
3.13.	Bases de sujeción para las bombas de inyección tipo A.....	140
3.14.	Porta inyectores.....	141
3.15.	Conos plásticos.....	142
3.16.	Cubeta de cristal.....	143
	Conclusiones.....	144

CAPÍTULO IV: MANUAL OPERATIVO

	Introducción.....	145
4.1.	Operación.....	146
4.1.1.	Operación del comprobador de inyectores.....	146
4.1.2.	Tarjeta electrónica.....	148
4.1.3.	Operación de la parte didáctica.....	150
4.2.	Mantenimiento.....	153
4.2.1.	Mesa de trabajo.....	154
4.2.2.	Poleas.....	154

4.2.3.	Bandas o correas de transmisión.	155
4.2.4.	Soporte de la bomba de alimentación.	155
4.2.5.	Probetas.	156
4.2.6.	Verificación de las bases de sujeción de las probetas.	156
4.2.7.	Cubeta de cristal.	157
4.2.8.	Mantenimiento de los elementos eléctricos y electrónicos.	157
4.2.9.	Control del motor eléctrico.	158
4.2.10.	Verificación del arrancador del motor eléctrico.	160
4.2.11.	Verificación de la tarjeta electrónica.	160
4.2.12.	Mantenimiento de los elementos del sistema hidráulico.	161
4.2.13.	Verificación del combustible (Diesel).	162
4.2.14.	Comprobador manual.	162
	Conclusiones Parciales:	163

CAPÍTULO V: PRUEBAS Y COMPROBACIONES EN LOS INYECTORES

	Introducción.	165
5.1.	Pruebas y comprobaciones en los inyectores diesel mecánicos y electrónicos.	165
5.1.1.	Síntomas de mal funcionamiento.	166
5.1.2.	Limpieza del inyector.	167
5.1.3.	Verificación de los componentes.	168
5.2.	Pruebas y reglaje a las que se someten los inyectores.	169
5.2.1.	Verificación de la pulverización.	169
5.2.1.1.	Reglaje.	171
5.2.2.	Presión de apertura del inyector.	171
5.2.2.1.	Reglaje.	172
5.2.3.	Prueba de goteo.	173
5.2.3.1.	Reglaje.	173
5.2.4.	Fugas internas en el inyector.	174
5.2.4.1.	Reglaje.	174
5.3.	Pruebas a las que se someten los inyectores electrónicos tipo Bosch.	175
5.3.1.	Resistencia.	175
5.4.	Recambio o reparación.	175
5.5.	Pruebas de homologación del banco.	176
5.5.1.	Pruebas realizadas en los inyectores diesel mecánicos y electrónicos tipo Bosch en el banco de pruebas construido.	176
5.5.1.1.	Verificación del estado de los elementos.	177
5.5.1.2.	Prueba de pulverización.	178
5.5.1.3.	Prueba de goteo o estanqueidad.	180
5.5.1.4.	Prueba de presión de retorno.	181
5.5.1.5.	Prueba de presión de inyección.	182
5.6.	Tablas de comparación entre los resultados de las pruebas realizadas en los inyectores mecánicos diesel tipo tetón, orificios y electrónico Bosch. Obtenidos en el banco construido y el banco de pruebas del laboratorio.	184
	Conclusiones parciales.	190
	Conclusiones finales:	191
	Bibliografía.	193
	Anexos.	194

Índice de ilustraciones y cuadros

Tablas:

Tabla 1.1. Tipos de inyectores diesel.	6
Tabla 1.2. Averías causas y soluciones del motor.	36
Tabla 1.3. Datos obtenidos en laboratorio diesel de la Universidad Politécnica.	37
Tabla 2.1. Datos técnicos de la bomba de inyección tipo P.	53
Tabla 2.2. Aceros al alto carbono y de aleación para resortes.	57
Tabla 2.3. Fórmulas para calcular las dimensiones de resortes de compresión. ¹⁷	59
Tabla 2.4. Coeficientes de fricción.	63
Tabla 2.5. Factores de conversión de potencia.	81
Tabla 2.6. Propiedades mecánicas de alambres para resortes.	87
Tabla 2.7. Constante A y m de $S_{ut} = A/d^m$ para estimar la.	94
Tabla 2.8. Resistencias mínimas determinadas a la tensión y a la fluencia ASTM de algunos aceros laminados en caliente (HR) y estirados en frío (CD).	99
Tabla 2.9. Constante física de materiales.	104
Tabla 2.10. Constante C de condición de extremos.	104
Tabla 5.1. Resultados obtenidos en la prueba de pulverización.	179
Tabla 5.2. Resultados obtenidos en la prueba de goteo.	181
Tabla 5.3. Resultados obtenidos en la prueba de presión de retorno.	182
Tabla 5.4. Resultados obtenidos en la prueba de presión de inyección.	184
Tabla 5.5. Homologación de los resultados obtenidos durante la verificación del estado de los elementos.	185
Tabla 5.6. Homologación de los resultados obtenidos durante la prueba de pulverización.	186
Tabla 5.7. Homologación de los resultados obtenidos durante la prueba de goteo. .	187
Tabla 5.8. Homologación de los resultados obtenidos durante la prueba de presión de retorno.	188
Tabla 5.9. Homologación de los resultados obtenidos durante la prueba de presión de inyección.	189

Gráficos:

Figura 1.1. Constitución interna del inyector.	7
Figura 1.2. Constitución de un inyector de espiga.	8
Figura 1.3. Inyector de espiga.	9
Figura 1.4. Inyector de espiga (punta cilíndrica).	10
Figura 1.5. Inyector de espiga (punta cónica).	10
Figura 1.6. Inyectores de orificios.	11
Figura 1.7. Porta tobera del inyector de orificios.	12
Figura 1.8. Desmontaje del inyector.	13
Figura 1.9. Retiro de cañerías de presión y arandelas.	13
Figura 1.10. Retiro del porta-inyector.	14
Figura 1.11. Arandela de cobre.	14
Figura 1.12. Desmontaje del inyector en un banco.	15
Figura 1.13. Inyector electrónico.	16

Figura 1.14. Inyector electrónico (inyector cerrado).	17
Figura 1.15. Inyector electrónico (inyector abre).	18
Figura 1.16. Inyector electrónico	19
Figura 1.17. Inyector electrónico (inyector cierra).	20
Figura 1.18. Inyectores DELPHI.	21
Figura 1.19. Inyector DELPHI cerrado.	22
Figura 1.20. Desplazamiento de la válvula solenoide.	22
Figura 1. 21. Inyectores DELPHI abierto.	23
Figura 1.22. Inyectores DELPHI cerrado.	24
Figura 1.23. Conexión eléctrica de	24
Figura 1.24. Inyector BOSCH.	25
Figura 1.25. Curva de la inyección del inyector electrónico BOSCH.	26
Figura 1.26. Curva de la inyección del inyector electrónico BOSCH.	27
Figura 1.27. Curva de la inyección del inyector electrónico BOSCH.	27
Figura 1.28. Relación de corriente, voltaje	28
Figura 1.29. ECU en los Inyectores SIEMENS.	29
Figura 1.30. Inyector DENSO.	30
Figura 1.31 Número de serie de un Inyector DENSO	30
Figura 1.32. Motor de cuatro tiempos.	31
Figura 1.33. Motor de cuatro tiempos.	31
Figura 1.34. Desmontaje del inyector.	32
Figura 1.35. Extracción la manguera de retorno del inyector.	32
Figura 1.36. Sujetador del inyector.	33
Figura 1.37. Verificación de los inyectores.	34
Figura 1.38. Bomba de pruebas de inyectores.	39
Figura 1.39. Mecanismo de regulación del inyector por el procedimiento de tornillo.	40
Figura 1.40. Forma de ajustar la presión de descarga actuando con un destornillador y una llave fija en el mecanismo de regulación del inyector.	41
Figura 1.41. Rectificado de la aguja del inyector.	42
Figura 1.42. Control de pulverización.	43
Figura 1.43. Forma del chorro en el inyector de orificios.	44
Figura 1.44. Multímetro.	45
Figura 2.1. Comprobador de inyectores diesel.	49
Figura 2.2. Fuerza (F) producida por el elemento de la bomba de inyección.	54
Figura 2.3. Eje de levas de la bomba de inyección tipo PES6P.	56
Figura 2.4. Cotas de un muelle helicoidal.	58
Figura 2.5. Tipos de extremos de resortes de compresión.	59
Figura 2.6. Contacto leva-taqué en el cilindro 1 (0 grados).	63
Figura 2.7. Contacto leva-taqué en el cilindro 5 (60 grados).	65
Figura 2.8. Contacto leva-taqué en el cilindro 3 (120 grados).	68
Figura 2.9. Contacto leva-taqué en el cilindro 6 (180 grados).	72
Figura 2.10. Contacto leva-taqué en el cilindro 2 (240 grados).	75
Figura 2.11. Contacto leva-taqué en el cilindro 4 (300 grados).	77
Figura 2.12. Torque producido por el regulador	78
Figura 2.13. Fuerza (F) producida por la presión de inyección.	83
Figura 2.14. Resorte helicoidal con carga axial.	85

Figura 2.15. Diagrama de cuerpo libre de las fuerzas de accionamiento sobre la palanca.....	96
Figura 2.16. Diagrama de cuerpo libre del momento.....	97
Figura 2.17. Sección rectangular de la palanca.....	97
Figura 2.18. Fuerza cortante ejercida sobre el pasador.....	100
Figura 2.19. Cilindro de pared gruesa.....	106
Figura 2.20. Diagrama de cuerpo libre de la estructura metálica.....	108
Figura 2.21. Diagrama momento flector de la estructura metálica.....	109
Figura 2.22. Analisis del factor de seguridad por colores.....	110
Figura 3.1. Esquema general.....	113
Figura 3.2. Estructura de la mesa del banco de pruebas.....	126
Figura 3.3. Mesa del banco de pruebas.....	127
Figura 3.4. Tarjeta electrónica.....	128
Figura 3.5. Display LCD.....	129
Figura 3.6. Teclado.....	129
Figura 3.7. Comprobador de inyectores.....	130
Figura 3.8. Émbolo.....	131
Figura 3.9. Cilindro del émbolo.....	131
Figura 3.10. Cilindro del comprobador.....	132
Figura 3.11. Depósito de combustible del comprobador.....	133
Figura 3.12. Palanca de mano del Comprobador de inyectores.....	134
Figura 3.13. Pasador del Comprobador de inyectores.....	134
Figura 3.14. Porta-probetas.....	135
Figura 3.15. Eje del porta-probetas.....	135
Figura 3.16. Porta Eje del porta-probetas.....	136
Figura 3.17. Probeta.....	136
Figura 3.18. Depósito de combustible.....	137
Figura 3.19. Cañerías de alta presión.....	138
Figura 3.20. Recolector de combustible.....	139
Figura 3.21. Poleas.....	140
Figura 3.22. Extractor de poleas.....	140
Figura 3.23. Bases de sujeción para las bombas de inyección tipo A.....	141
Figura 3.24. Porta inyectores.....	142
Figura 3.25. Conos porta-inyectores.....	143
Figura 3.26. Cubeta de cristal.....	143
Figura 4.1. Piezas del Comprobador.....	146
Figura 4.2. Comprobador fijo en la mesa de trabajo.....	147
Figura 4.3. Purga del comprobador.....	147
Figura 4.4. Medida de presión con el manómetro.....	148
Figura 4.5. Pantalla LCD (Inicio).....	149
Figura 4.6. Pantalla LCD (Selección de la unidad de Tiempo de Prueba).....	149
Figura 4.7. Pantalla LCD (Selección tiempo de la prueba).....	149
Figura 4.8. Pantalla LCD (Selección de la Frecuencia).....	149
Figura 4.9. Parte didáctica.....	150
Figura 4.10. Interruptor de encendido.....	151
Figura 4.11. Cableado del interruptor de encendido.....	151
Figura 4.12. Tensado de las bandas.....	152

Figura 4.13. Platinas para tensar las correas de trasmisión.....	152
Figura 4.14: Conos plásticos y cañerías.....	153
Figura 4.15. Mesa de trabajo.....	154
Figura 4.16. Poleas.....	155
Figura 4.17. Correas de trasmisión.....	155
Figura 4.18. Soporte de la Bomba de inyección.....	156
Figura 4.19. Probetas.....	156
Figura 4.20. Bases de sujeción de las probetas.....	157
Figura 4.21. Inspección del circuito eléctrico.....	158
Figura 4.22. Motor Eléctrico (3HP).....	159
Figura 4.23. Inspección motor eléctrico.....	159
Figura 4.24. Inspección Arrancador.....	160
Figura 4.25. Tarjeta Electrónica.....	161
Figura 4.26. Control de nivel de combustible.....	162
Figura 4.27. Filtro del Comprobador.....	163
Figura 5.1. Limpieza de los elementos del inyector.....	167
Figura 5.2. Verificación de la aguja y tobera.....	168
Figura 5.3. Pulverización de inyección.....	170
Figura 5.4. Pulverización de inyección de inyectores tipo tetón y orificios.....	170
Figura 5.5. Pulverización de inyección.....	171
Figura 5.6. Calibración de la presión de inyectores.....	173
Figura 5.7. Pulverización de inyección.....	174
Figura 5.8. Verificación del estado de los elementos de los inyectores.....	177
Figura 5.9. Verificación de la aguja.....	178
Figura 5.10. Comprobación de los muelles y.....	178
Figura 5.11. Pulverización de la inyección.....	178
Figura 5.12. Prueba de pulverización del inyector electrónico.....	179
Figura 5.13. Prueba de goteo.....	180
Figura 5.14. Prueba de goteo en inyector electrónico.....	181
Figura 5.15. Prueba de presión de retorno.....	182
Figura 5.16. Prueba de presión de inyección.....	183
Figura 5.17. Prueba presión de inyección.....	184

Índice de anexos

Hoja de reparación y pruebas de los inyectores mecánicos diesel.....	194
Hoja de pruebas de inyectores diesel electrónicos bosch.....	195
Tablas de calibraciones de los inyectores.....	196
Fotografías del proceso de construcción.....	218

Resumen:

La tesis trata del diseño y construcción de un banco de pruebas para inyectores diesel mecánicos y electrónicos tipo Bosch. Su construcción parte de un diseño sencillo respaldado por los cálculos matemáticos y el análisis de la factibilidad de adquisición de los recursos y materiales idóneos para su conformación, de modo que éste sea capaz de efectuar todas las pruebas de verificación en los inyectores solicitados por el fabricante. El banco construido está implementado con dispositivos mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos; elementos que permiten un mejor control de las pruebas, permitiendo de esta manera reducir los costos de fabricación que conlleva un original.

ABSTRACT

This thesis deals with the design of a worktable to perform trials of electric and mechanic diesel injectors, Bosh style. The construction of this worktable is based on a simple design centered in mathematical calculations and the analysis of the availability of the appropriate materials and resources needed for its assembly. This way, it will possible to perform the tests that will certify the injectors required by the customer. The worktable is built with mechanical, hydraulic, electric and electronic devises which will allow a better control of the tests as well as a reduction of the fabrication costs compared to the original worktable.



Cirujía Todas

Abstract:

This thesis deals with the design of a worktable to perform trials of electric and mechanic diesel injectors, Bosch style. The construction of this worktable is based on a simple design centered in mathematical calculations and the analysis of the availability of the appropriate materials and resources needed for its assembly. This way, it will possible to perform the test that will certify the injectors required by the customer. The worktable is built with mechanical, hydraulic, electric and electronic devises which will allow a better control of the tests as well as a reduction of the fabrication costs compared to the original worktable.

Carrasco Palomeque Juan José
Medina Pacheco Danilo Agustín.
Ing. Mauricio Barros Barzallo
Trabajo de Graduación
Marzo del 2011

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES DIESEL TIPO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO.

Introducción

Partiendo desde la curiosidad y el interés por efectuar un mayor control de las emisiones producidas por los vehículos de turismo y particulares diesel, se vio la necesidad de contar con una herramienta indispensable de comprobación, la misma que la poseen únicamente los laboratorios diesel y que no está fácilmente al alcance de los técnicos automotrices a diferencia del caso de los motores a gasolina. Este equipo es el banco de pruebas para inyectores diesel mecánicos y electrónicos tipo Bosch cuyos contenidos particulares fueron analizados en detalle para construir uno semejante.

En el Capítulo I, se realiza un estudio profundo del funcionamiento de los inyectores diesel, describiendo las partes y elementos que lo constituyen, de manera que se pueda conocer su forma de funcionamiento dentro del motor diesel, dependiendo del tipo que cada fabricante disponga para cada motor.

El Capítulo II, contiene los cálculos y diseño para la selección de los componentes, los cuales fueron utilizados posteriormente en la construcción del banco de pruebas.

En el Capítulo III, se presenta el detalle de los planos de construcción y el ensamblaje del banco de pruebas, además se muestra la adecuada adaptación de dispositivos, aparatos y mecanismos de accionamiento, lo que permitirá elaborar un banco de pruebas fiable, económico y funcional, capaz de realizar las comprobaciones en los inyectores.

En el Capítulo IV se dio énfasis a las operaciones, seguridad, mantenimiento y cuidados necesarios que deben realizarse al momento de manipular los sistemas que conforman el banco de pruebas puedan seguir funcionando adecuadamente.

En el Capítulo V, se describen las pruebas principales que se elaboran durante la comprobación de los inyectores mecánicos diesel en el banco de pruebas. Para tal efecto, es fundamental realizar las pruebas de verificación y homologación en los inyectores para los cuales ha sido diseñado el banco, estos son inyectores mecánicos de tetón y orificios y electrónicos tipo Bosch.

CAPITULO I

INYECTORES DIESEL.

INTRODUCCIÓN.

En el capítulo I, se realiza un estudio profundo del funcionamiento de los inyectores diesel, describiendo las partes que lo constituyen, de manera que se pueda conocer su forma de trabajar dentro del motor diesel, dependiendo del tipo que cada fabricante disponga para cada motor. El presente estudio servirá para tener un conocimiento basto para saber el estado en el que se encuentran los inyectores y sus elementos después de haberse realizado las respectivas comprobaciones como son: control de presión y tarado, control de estanqueidad o goteo, pulverización y dirección del chorro, retorno de combustible, aislamiento y resistencia.

1. Inyectores diesel.

El inyector diesel es uno de los elementos del cual se compone un motor diesel, que es un motor térmico de combustión interna en el cual el encendido del combustible se logra por la temperatura elevada que produce la compresión del aire en el interior del cilindro. Consta de un sistema de inyección, que es el encargado de dosificar y dar presión al combustible para que llegue a los cilindros en la mejor situación para ser pulverizado dentro del cilindro, este sistema consta de las siguientes partes: tanque de combustible, bomba elevadora de combustible, filtros, bombas de inyección diesel, reguladores o gobernadores, cámaras de combustión y el inyector propiamente dicho.

El inyector es el elemento del sistema de inyección encargado en la dosificación del combustible procedente de la bomba de combustible hasta la cámara de combustión. La bomba de inyección es la encargada de dosificar, en función de la carga del motor, la cantidad de combustible que el inyector introducirá cada vez en la cámara de combustión; crea en cada dosis una alta presión, superior a la del tarado de los inyectores y las distribuye.

La misión de los inyectores:

- La de realizar la pulverización en pequeñas cantidades de combustible y de dirigir el chorro de tal modo que el combustible sea esparcido homogéneamente por toda la cámara de combustión.
- Trabajar a presiones muy elevadas de hasta 250 bares o más, con frecuencias de accionamiento hasta 2.000 aperturas por minuto y a altas temperaturas.

La misión puede verse muy complicada cuando se trata de introducir este combustible a una gran velocidad, en una atmósfera de aire altamente comprimido y con unas temperaturas muy elevadas tanto antes como después de la combustión. En principio, podríamos comparar al inyector con una bujía. En efecto: nada hay más

sencillo que hacer saltar una chispa eléctrica de alta tensión entre dos electrodos muy próximos. En el caso de los inyectores los problemas son todavía mucho mayores porque debe compensar, de la mejor manera posible, lo siguiente:

- a. **Pulverización.-** El combustible aportado debe entrar en la cámara en partículas muy pequeñas (1-100 μ), porque ello facilitará de una manera muy importante la oxidación rápida de todo el caudal. Es lo que también se conoce con el nombre de atomización del combustible.
- b. **Distribución.-** El chorro de combustible pulverizado debe poseer la característica de poder distribuirse por el volumen de la cámara a todo lo largo y ancho de ella para permitir la mejor homogeneización de la mezcla y la mejor y más rápida oxidación general.
- c. **Penetración.-** La profundidad hasta la que el combustible debe entrar en la cámara por medio del chorro o dardo proporcionado por el inyector debe ser muy precisa e independiente del caudal. Si la penetración resulta excesiva y tropieza contra las paredes de la cámara puede condensarse y dificultar su oxidación. Por el contrario, si es corta, la distribución puede ser muy lenta.
- d. **Corte de la inyección.-** El principio y el final de la inyección han de ser muy precisos y claros con un inicio súbito y un cese de la inyección instantáneo. No debe tener goteos ni fugas.
- e. **Temperatura.-** La punta de la tobera del inyector debe mantenerse por debajo de los 200 °C, por lo que en el interior del inyector se tendrá que prever una circulación suficiente de combustible que ejerza una cierta refrigeración para mantener la punta a temperaturas convenientes. Si éstas superan los 220 °C el combustible se descompone formando lacas y coques que se depositan en las piezas de asiento del inyector y lo deforman dando siempre malas combustiones.

Estas cinco condiciones fundamentales no son fáciles de lograr sin la aportación de una técnica de fabricación muy depurada y con tolerancias que se establecen en menos de una micra. Ello hace que los inyectores sean productos de alta tecnología de fabricación y justifica lo costosos que son los equipos de inyección aunque desde el punto de vista mecánico puedan parecer relativamente simples.¹

1.1. Tipos de inyectores diesel.

De acuerdo con las características del motor, que vienen determinadas por el tipo de cámara de combustión y del número de revoluciones máximas que es capaz de alcanzar, así como de su cilindrada, los inyectores pueden estar contruidos en base a diferentes diseños, los cuales son:

Tabla 1.1. Tipos de inyectores diesel.
(Fuente: Manual de Servicio, Zexel)

	Tipos	Subtipos	Forma de la cámara de combustión.
Inyectores mecánicos	<ul style="list-style-type: none"> • Espiga o tetón 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tipo de Tetón. ▪ Tipo de válvula reguladora. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cámara de remolino. • Cámara de precombustión.
	<ul style="list-style-type: none"> • Orificios o agujeros. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tipo del agujero. ▪ Tipo con vástago largo. ▪ Tipo enfriado. ▪ 	<ul style="list-style-type: none"> • Inyección directa.
Inyectores electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> • DELPHI. • BOSCH. • SIEMENS. • DENSO. 		<ul style="list-style-type: none"> • Inyección directa.
Bomba-inyector	<ul style="list-style-type: none"> • Orificios. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tipo del agujero. ▪ Tipo con vástago largo. ▪ Tipo enfriado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inyección directa.

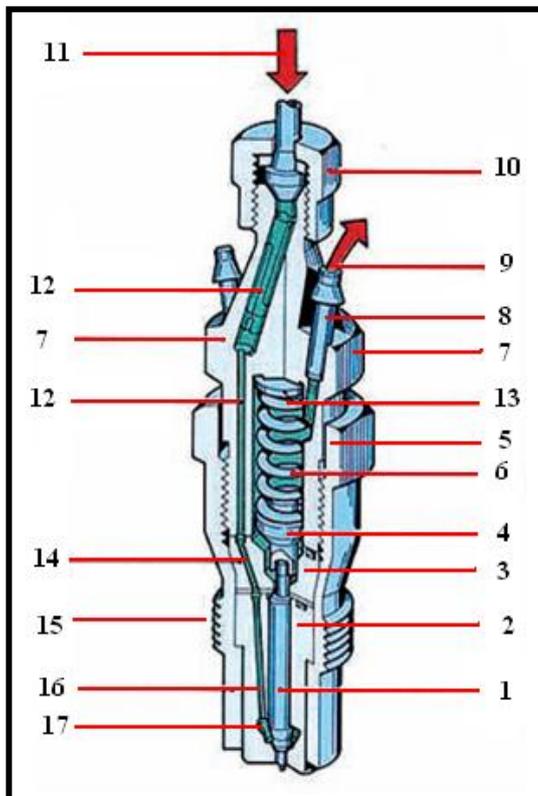
¹ CASTRO, Vicente, Miguel, D, Nueva Enciclopedia del Automóvil, Edición CEAC, S.A, Barcelona, 2000.

1.1.1. Constitución interna de inyector mecánico diesel.

En la **figura 1.1**, se muestra el conjunto de todo el inyector seccionado para que pueda verse la constitución interior del mismo.

Los técnicos distinguen en esta pieza lo que es el inyector propiamente dicho, que está constituido por la parte de la punta inferior y que proporciona la inyección a la cámara de combustión, y por el resto del dispositivo que acoge y asegura la presencia del inyector y que recibe el nombre de porta-inyector.

Figura 1.1. Constitución interna del inyector.
(Fuente: www.macmillanprofesional.com)



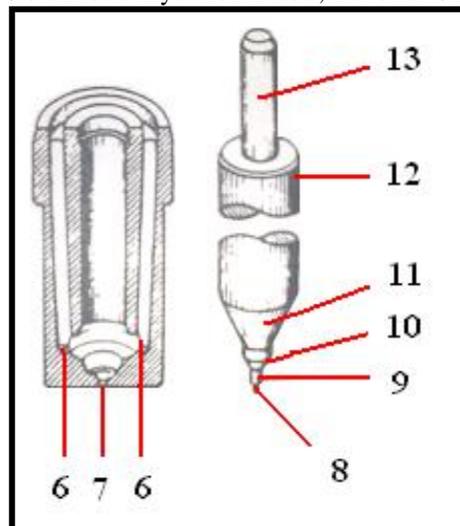
En la **figura 1.1** se observa que el inyector está constituido por las piezas 1 y 2 que constituyen respectivamente las agujas del inyector (1) y el cuerpo del mismo (2) sobre el que la aguja (1) puede deslizarse en sentido axial. En la punta de la aguja, en la parte alta, se encuentra un perno de presión (4) que a través de un porta-toberas postizo (3) y un muelle calibrado de presión (6) ejerce una presión determinada sobre la aguja (1), para que se asiente la aguja depende de la acción del muelle (que puede regularse por la aportación de arandelas de compensación (13) para

obtener valores muy precisos) y deben tener un valor muy superior, por supuesto, al de la máxima presión de compresión y combustión para que no pueda ser abierto de ningún modo en sentido contrario. La entrada de combustible procedente de la bomba se produce a través del orificio (11) desde el tubo de impulsión roscado (10), y desde el cual se establece un canal de presión (12) en el porta-inyector que coincide con el del porta-tobera postizo (14) y continúa hasta el inyector por (16), situándose en una cámara de presión (17) en la que se producirá una elevada presión cada vez que la bomba de inyección proporcione un golpe de inyección. Esta elevada presión

(que puede ser del orden de 150 a más de 300 kg/cm² y todavía más en los que trabajan con alta presión) vence la presión del muelle y sale al interior de la cámara de combustión cerrándose tan inmediatamente que el valor de la presión de inyección decrece. Como puede verse en la **figura 1.1**, el porta-inyector está compuesto por un cuerpo racor (5) que se rosca y se asegura, por (15), al orificio roscado con este fin en la misma culata al que, a su vez, va sujeto el cuerpo superior (7) del porta-inyector. Por último cabe destacar en esta figura los conductos de retorno del combustible (8 y 9).

El inyector propiamente dicho, cuyo conjunto mostrado ahora en la **figura 1.2** La zona del contacto formada por las espigas del inyector (8) y la estranguladora (9), así como la superficie cónica de asiento de la aguja (10), cono de la aguja (11), aguja del inyector (12), vástago de la aguja (13), han de acoplarse con suma perfección sobre sus asientos en la boca del inyector (7) para conseguir un normal funcionamiento.² Por esta razón, cuando sufre algún desperfecto alguna de estas piezas debe cambiarse siempre el conjunto de la aguja e inyector, pues ambas están sujetas a una máxima precisión entre si y piezas provenientes de conjuntos pueden no ajustarse correctamente y producir fugas y goteos.

Figura 1.2. Constitución de un inyector de espiga.
(Fuente: GIL, Hermogenes, Sistemas de Inyección Diesel, Editorial CEAC, Barcelona, b, 2002.)

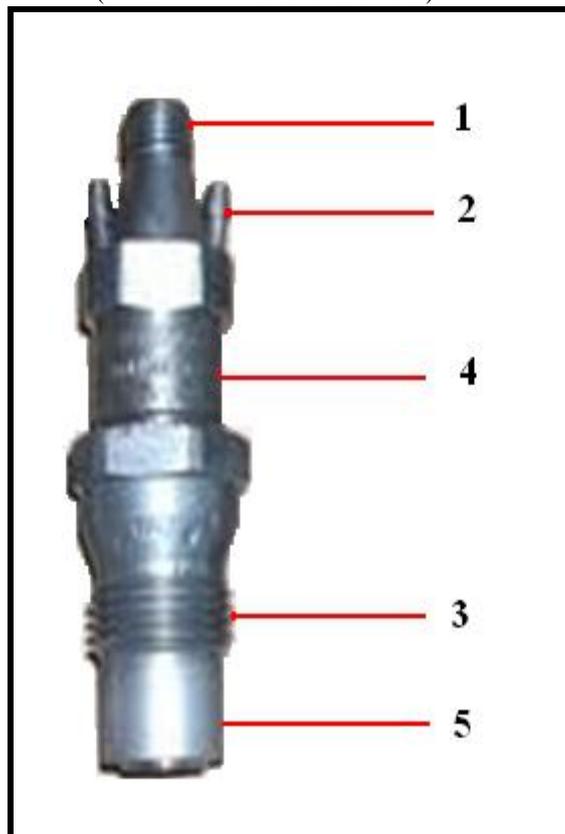


² GIL, Hermogenes, Sistemas de Inyección Diesel, Editorial CEAC, Barcelona b, 2002.

1.1.2. Inyectores de espiga.

Estos inyectores también reciben el nombre de inyectores de tetón. Normalmente trabajan con presiones más bajas que las que necesita el inyector de orificios y que son de los 100 a los 150 kg/cm². En la **figura 1.3** podemos apreciar un inyector de espiga.

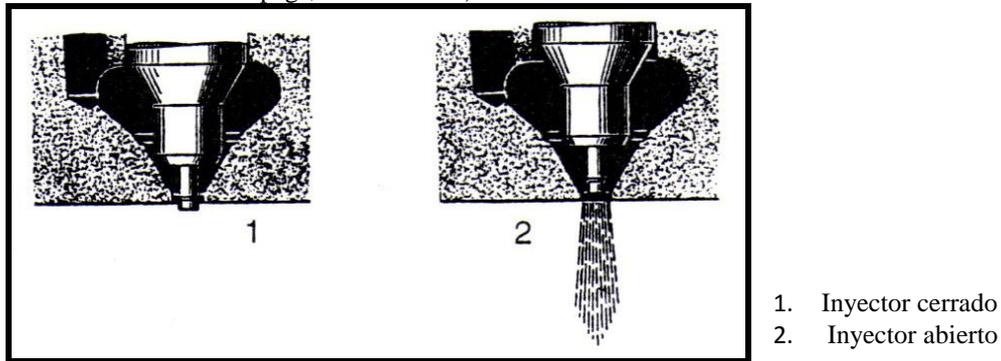
Figura 1.3. Inyector de espiga.
(Fuente: www.forocoches.com)



1. Entrada de gasóleo.
2. Retorno de gasóleo.
3. Rosca de acople a la culata.
4. Cuerpo del inyector.
5. Pota tobera.

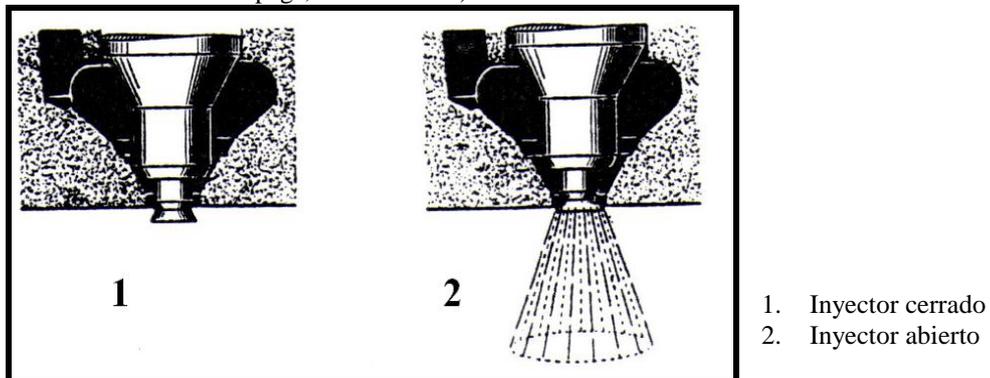
En las siguientes figuras tenemos dos ejemplos de inyectores de este tipo. En la **figura 1.4** podemos ver un inyector de espiga de punta cilíndrica en las dos posiciones de cerrado (1) y de trabajo (2) o de inyector abierto. Como puede apreciarse, este tipo de inyectores provoca un chorro bastante concentrado, lo que si bien no favorece la rápida oxidación del combustible por sí solo, debido a la rápida turbulencia del aire en el interior de la cámara separada se consigue por ello una mezcla suficientemente homogénea y rápida.

Figura 1.4. Inyector de espiga (punta cilíndrica).
(Fuente: LAFORA, Ma José, Motores Diesel, Madrid,
198pags, 2 da Edición.)



Otros motores, sin embargo, pueden necesitar la producción de un chorro más ancho, y para ello se utilizan inyectores de espiga con tetón cónico como es el caso presentado en la **figura 1.5**. El labrado de la punta de la espiga es lógico que intervenga de una manera muy importante en la formación geométrica del chorro. Todo ello está combinado por los ingenieros, así como la posición del inyector en un punto estratégico de la cámara, para conseguir los mejores efectos en la combustión.

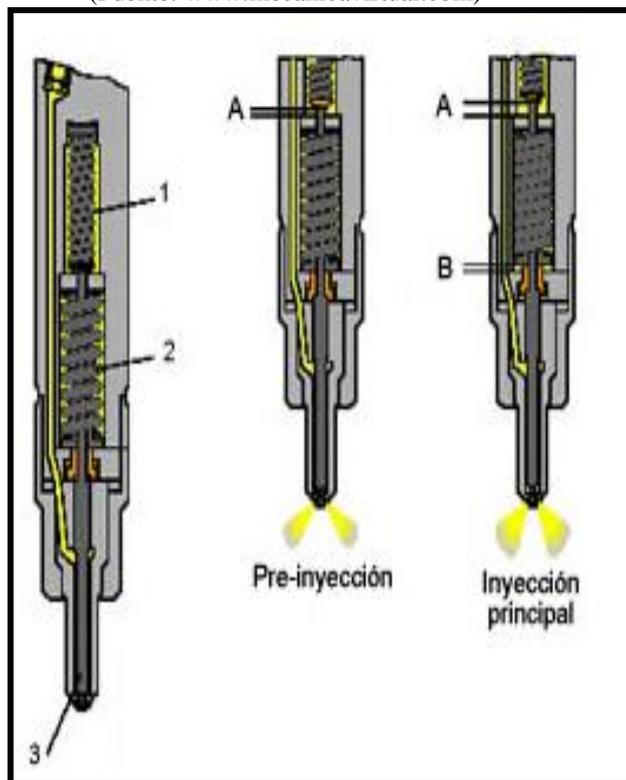
Figura 1.5. Inyector de espiga (punta cónica).
(Fuente: LAFORA, José Ma, Motores Diesel, Madrid,
198pags, 2 da Edición.)



1.1.3. Inyectores de orificios.

Los inyectores de orificios (**figura 1.6**) se han construido para aquellos motores que necesitan disponer de un chorro de inyección altamente fragmentado con el fin de lograr una más rápida oxidación del combustible. Son, pues, los inyectores más adecuados para los motores de combustión directa.

Figura 1.6. Inyectores de orificios.
(Fuente: www.mecanicavirtual.com)



1. Muelle para pre-inyección.
2. Muelle para inyección principal.
3. Aguja del inyector.
- A. Distancia de compresión del muelle de pre-inyección.
- B. Distancia de compresión del muelle de inyección.

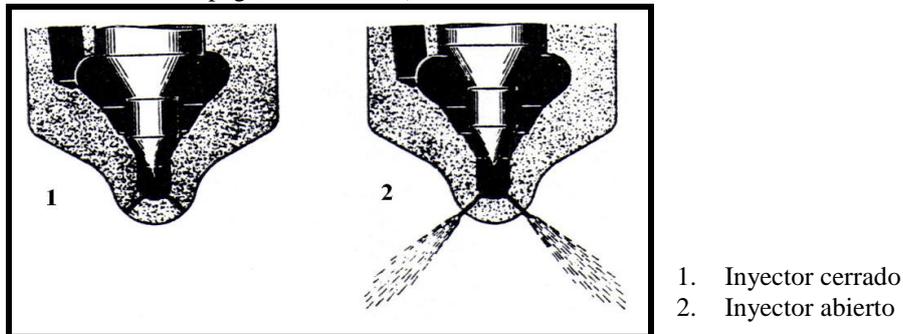
Estos inyectores, también, disponen de una espiga que asienta sobre una superficie cónica (**figura 1.7**), pero su punta está provista de una tobera con un número determinado de pequeños agujeros u orificios por los cuales ha de pasar el combustible antes de ser lanzado definitivamente sobre la densa atmósfera de la cámara de compresión. Estos inyectores tienen una presión de apertura más elevada que los anteriores, del orden de entre 150 y 250 kg/cm² pues al pulverizar con mayor finura necesitan una mayor fuerza de impulsión para el combustible inyectado.

Una de las características que más ha contribuido a mejorar el rendimiento de los modernos motores Diesel para automóvil es la investigación llevada a cabo para obtener unos valores de presión extraordinariamente elevados en el momento de la inyección. Además, al trabajar con tan altas presiones, se obtiene una rigurosa pulverización finísima y de forma espiral en el momento de penetrar en el interior de la cámara de combustión, lo que significa un adelanto importante para el mejor quemado del combustible.

Algunos fabricantes pueden programar que ejerza una preinyección de muy poca cantidad de combustible en una fase previa a la inyección principal, con lo que se consigue reducir los molestos ruidos secos y fuertes típicos del funcionamiento de los motores Diesel.

Para llevar a cabo un trabajo semejante, a tan altas presiones, los inyectores deben estar fabricados en condiciones óptimas ya que han de hacerse cargo del trabajo del cierre de cada inyección que dura unos pocos milisegundos, evitando en todo momento el posible goteo.

Figura 1.7. Porta tobera del inyector de orificios.
(Fuente: LAFORA, Ma José, Motores Diesel, Madrid,
198pags, 2 da Edición)



1.1.4. Desmontaje del inyector del motor.

El porta-inyector debe encontrarse perfectamente anclado en la culata de modo que forme un conjunto estanco con ella. Esto se logra por medio de unos tornillos que lo fijan al cuerpo de la culata. El desmontaje debe efectuarse de la siguiente manera: En primer lugar, se debe proceder a desmontar las tuberías de alimentación que se hallan roscadas por medio de un racor al cuerpo del porta-inyector.

En la **figura 1.8** se muestra el momento en que ha sido desenroscado el racor procedente de la bomba y se ha retirado este tubo de impulsión. Acto seguido se deberá proceder a desconectar, del mismo modo, el tubo de rebose que, como se ve en la figura, se halla en comunicación con el filtro.

Figura 1.8. Desmontaje del inyector.
(Fuente: Gil, Hemogenes, Sistema de inyección diesel)

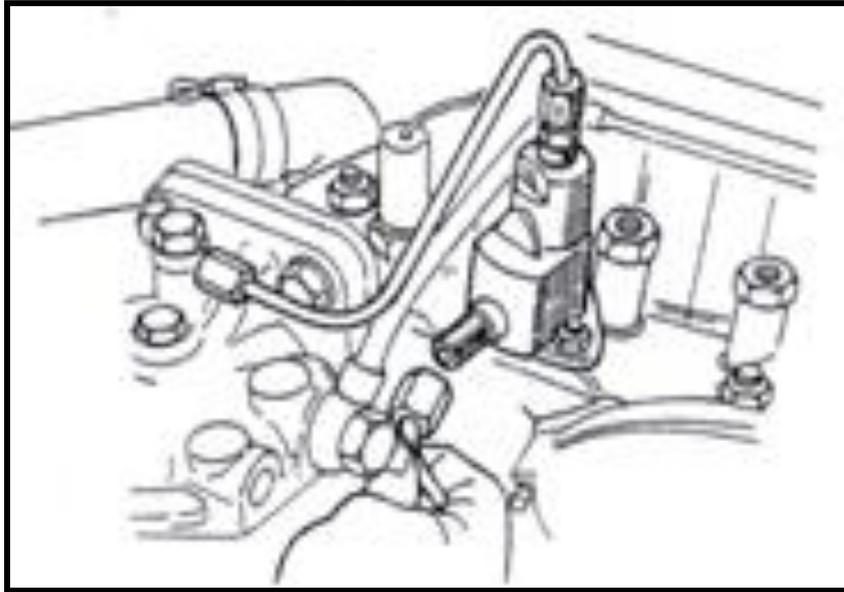
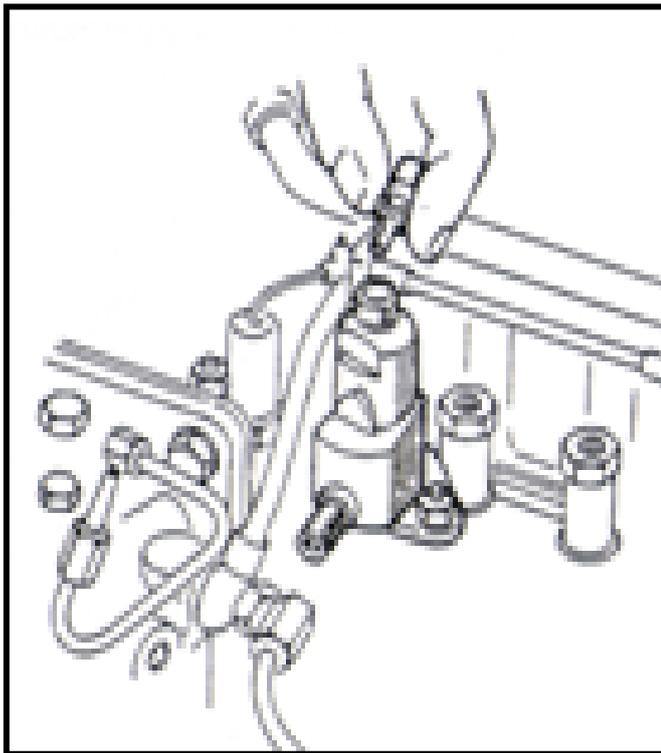


Figura 1.9. Retiro de cañerías de presión y arandelas.
(Fuente: Gil, Hemogenes, Sistema de inyección diesel)

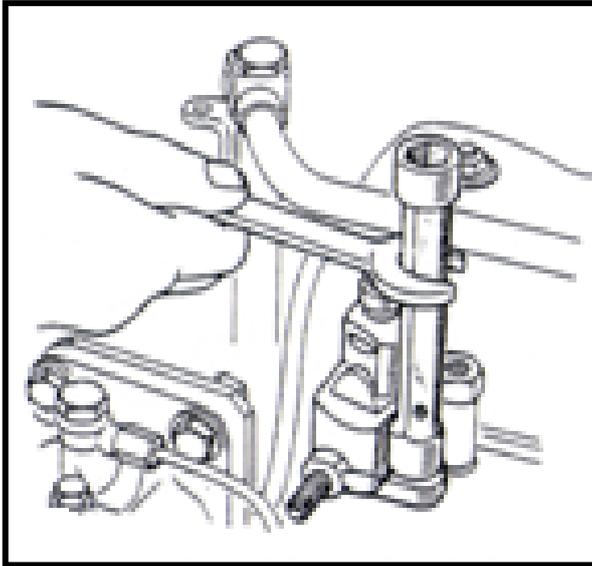


Dada la importancia que tiene la perfecta estanqueidad de todas las tuberías habrá que pensar siempre que se desmonte un inyector en sustituir cuantas arandelas de presión se encuentren en las piezas desmontadas. Por esta razón, y tal como muestra la **figura 1.9**, convendrá sacar la pieza de enlace con su arandela para su sustitución durante el proceso de montaje que

deberá hacerse posteriormente.³

³ CASTRO, Vicente, Miguel, D, Nueva Enciclopedia del Automóvil, Edición CEAC, S.A, Barcelona, 2000.

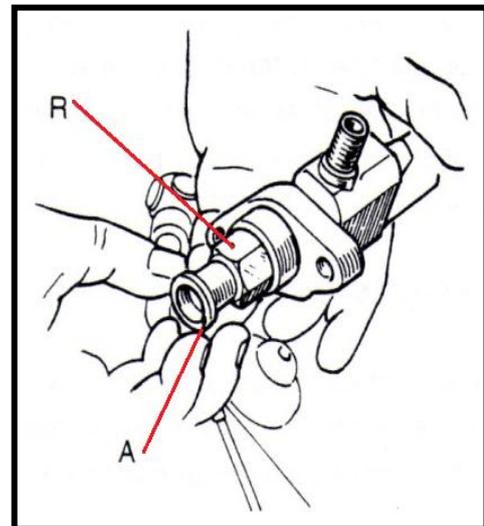
Figura 1.10. Retiro del porta-inyector.
(Fuente: Gil, Hemogenes, Sistema de inyección diesel)



Una vez liberado el porta-inyector del conjunto de las tuberías ya se puede pasar a su desmontaje de la forma que se muestra en la **figura 1.10**. Con la ayuda de una llave de tubo será suficiente para retirar cada uno de los tornillos que sujetan al porta-inyector por cada lado. Una vez retirados los tornillos, el porta-inyector completo sale tirando de él hacia afuera.

Figura 1.11. Arandela de cobre.
(Fuente: Gil, Hemogenes, Sistema de inyección diesel)

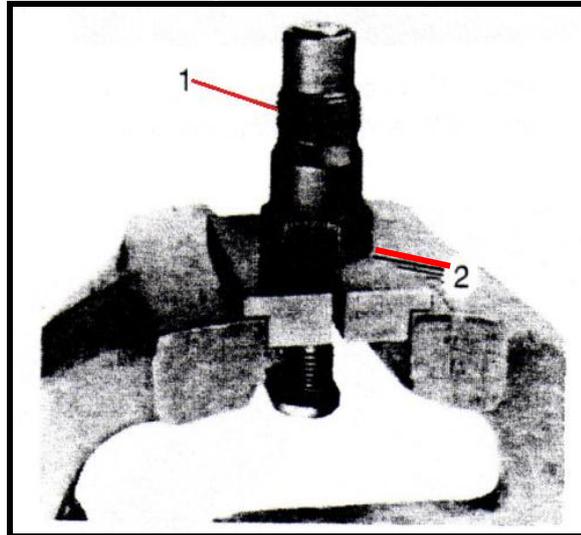
Una vez que el porta-inyector se haya retirado, se verá que en la parte inferior del mismo, en la zona de asiento en la culata, se encuentra una arandela generalmente de cobre, tal como se muestra en la **figura 1.11**. Esta arandela es parte muy importante para la perfecta estanqueidad del porta-inyector en su orificio de la culata y para evitar fugas es conveniente sustituirla siempre que se trate de volver a montar el conjunto de este dispositivo.



Para desmontar el inyector del porta-inyector basta con sacar a rosca el inyector. Esta rosca es la señalada con R en la citada figura (4). Para efectuar este desmontaje con las debidas garantías resulta conveniente proceder a colocar el porta-inyector en un tornillo de banco, asegurando mediante unas mordazas del tipo de las mostradas en 2

de la **figura 1.12**, la sujeción del porta-inyector. Desde este punto y con una llave fija puede retirarse el cuerpo del inyector.

Figura 1.12. Desmontaje del inyector en un banco.
(Fuente: Gil, Hemogenes, Sistema de inyección diesel).



Como recomendación, hay que insistir en la necesidad de conseguir en el puesto de trabajo la máxima limpieza no sólo en el mismo puesto de trabajo, sino también en las herramientas que van a auxiliar en el desmontaje y comprobación. Pequeñas partículas de suciedad que resultan del todo invisibles podrían ocasionar trastornos graves en el momento del montaje del inyector si no han sido previamente eliminadas.

También es muy importante tener en cuenta que la espiga, y el cuerpo del inyector no constituyen unidades intercambiables, de modo que si desmontamos varios inyectores a la vez (cosa que no es aconsejable para no confundirse precisamente en este aspecto) tendremos que guardar un orden muy estricto en lo que respecta a no confundir las piezas de uno u otro inyectores.

1.2. Inyectores electrónicos.

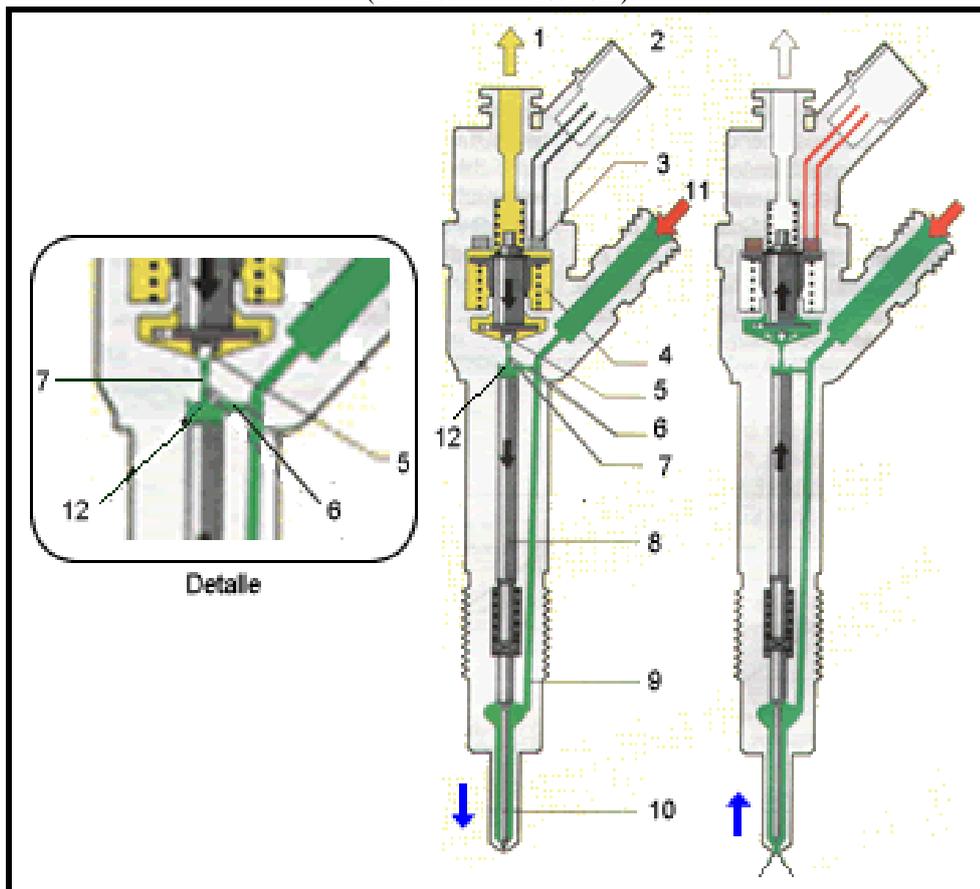
El inyector utilizado en los sistemas electrónicos se activa de forma eléctrica a diferencia de los utilizados en los sistemas que utilizan bomba lineal o rotativa que

inyectan de forma mecánica. Con esto se consigue más precisión a la hora de inyectar el combustible y se simplifica el sistema de inyección.⁴

1.2.1. Constitución interna del inyector electrónico.

En la **figura 1.13** se presenta la constitución de un inyector electrónico, en donde se muestra: el retorno de combustible (1), conexión eléctrica (2), la electroválvula (3), el muelle para la apertura y cierre (4), la bola de la válvula (5) permite el paso del combustible, (6) estrangulador de entrada, (7) estrangulador de salida, (8) émbolo de control de la válvula, (10) aguja del inyector, (11) ingreso del combustible a presión, (12) cámara de control.

Figura 1.13. Inyector electrónico.
(Fuente: www.cise.com)



⁴ CASTRO, Vicente, Miguel, D, Nueva Enciclopedia del Automóvil, Edición CEAC, S.A, Barcelona, 2000.

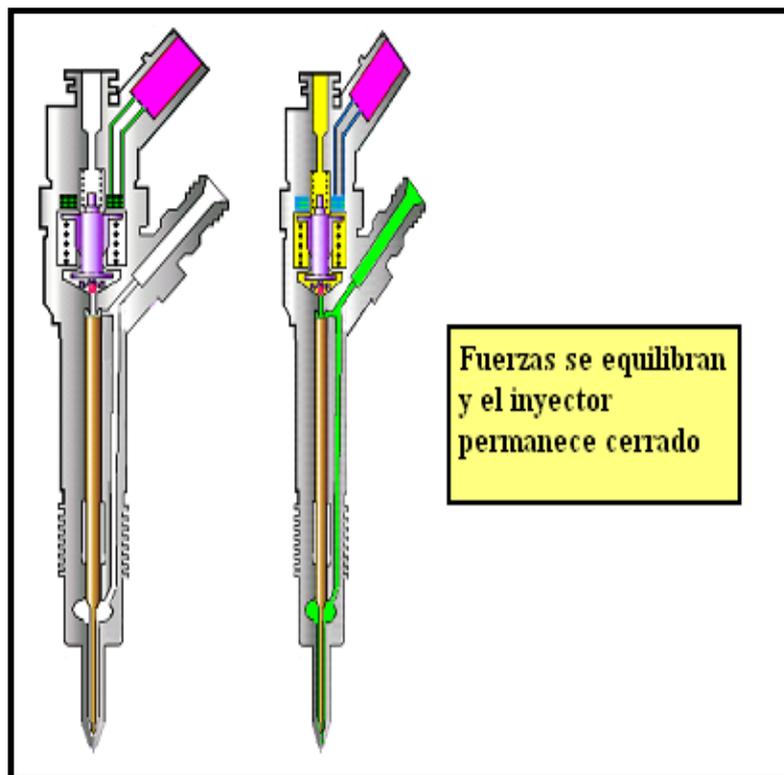
1.2.2. Funcionamiento.

El funcionamiento del inyector puede dividirse en cuatro etapas de operación, con el motor en marcha y la bomba de alta presión funcionando.

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

1.2.2.1. Inyector cerrado (estado de reposo).

Figura 1.14. Inyector electrónico (inyector cerrado).
(Fuente: www.cise.com)



En la **figura 1.14** se muestra que la electroválvula no está activada (estado de reposo) y por lo tanto se encuentra cerrado el estrangulamiento de salida que hace que la presión del combustible sea igual en la cámara de control que en el volumen de cámara de la tobera por lo que la aguja del

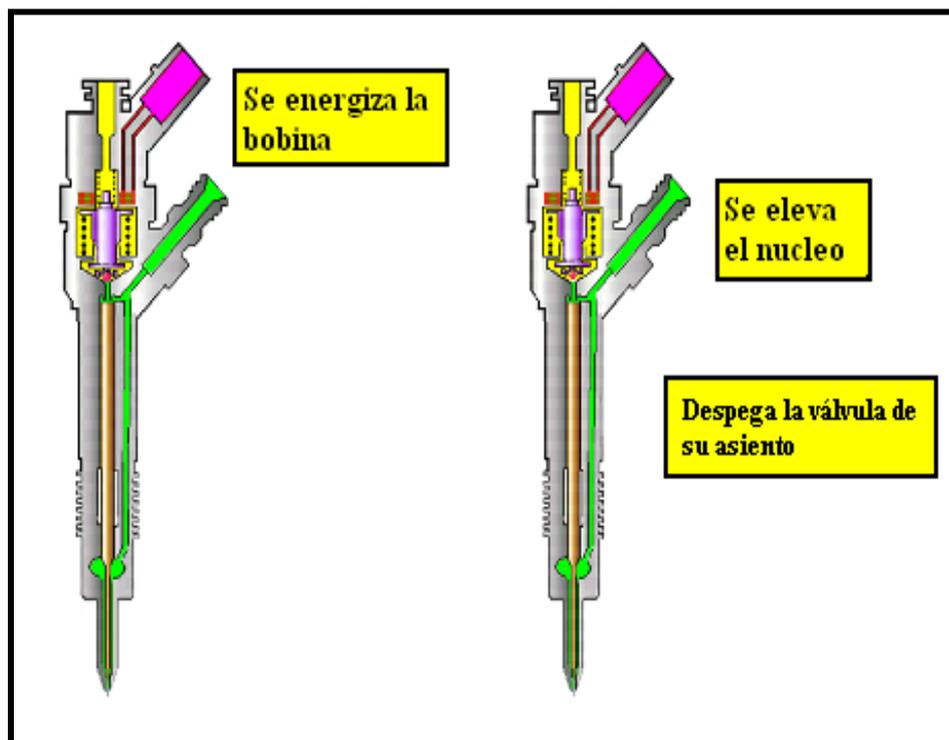
inyector permanece apretado sobre su asiento en la tobera empujada (la aguja) por el muelle del inyector, pero sobre todo la aguja se mantiene cerrada porque la presión en la cámara de control y en el volumen de cámara de la tobera actúan sobre áreas distintas.

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

1.2.2.2. El inyector abre (comienzo de inyección).

En la **figura 1.15** se observa que el inyector se encuentra en posición de reposo. La electroválvula es activada con la llamada corriente de excitación que sirve para la apertura rápida de la electroválvula. La fuerza del electroimán activado ahora es superior a la fuerza del muelle de válvula, y el inducido abre el estrangulador de salida.

Figura 1.15. Inyector electrónico (inyector abre).
(Fuente: www.cise.com)



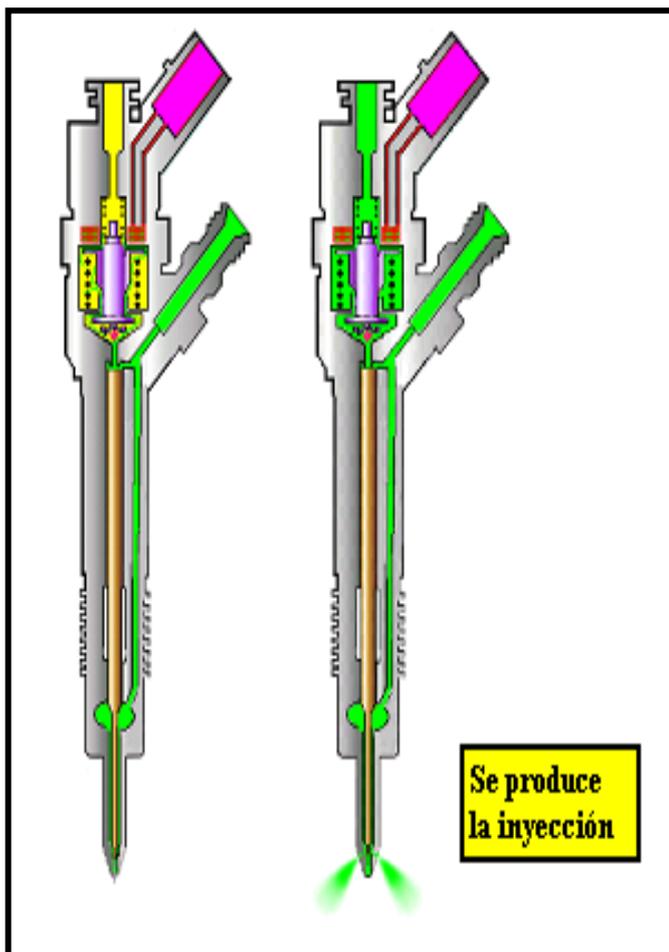
En un tiempo mínimo se reduce la corriente de excitación aumentada a una corriente de retención del electroimán más baja. Con la apertura del estrangulador de salida puede fluir ahora combustible, saliendo del recinto de control de válvula hacia el recinto hueco situado por encima, y volver al depósito de combustible a través de las

tuberías de retorno. El estrangulador de entrada impide una compensación completa de la presión, y disminuye la presión en la cámara de control de válvula.

Esto conduce a que la presión en la cámara de control sea menor que la presión existente en la cámara de la tobera. La presión disminuida en la cámara de control de la válvula conduce a una disminución de la fuerza sobre el émbolo de mando y da lugar a la apertura de la aguja del inyector. Comienza ahora la inyección, a velocidad de apertura de la aguja del inyector queda determinada por la diferencia de flujo entre el estrangulador de entrada y de salida.

1.2.2.3. Inyector totalmente abierto.

Figura 1.16. Inyector electrónico (Inyector totalmente abierto).
(Fuente: www.cise.com)



El émbolo de mando alcanza su tope superior y permanece allí sobre un volumen de combustible de efecto amortiguador (**figura 1.16**). Este volumen se produce por el flujo de combustible que se establece entre el estrangulador de entrada y de salida. La tobera del inyector está ahora totalmente abierta, y el combustible es inyectado en la cámara de combustión con una presión que corresponde aproximadamente a la presión en el Rail. La distribución de fuerzas en el inyector es similar a la existente durante la

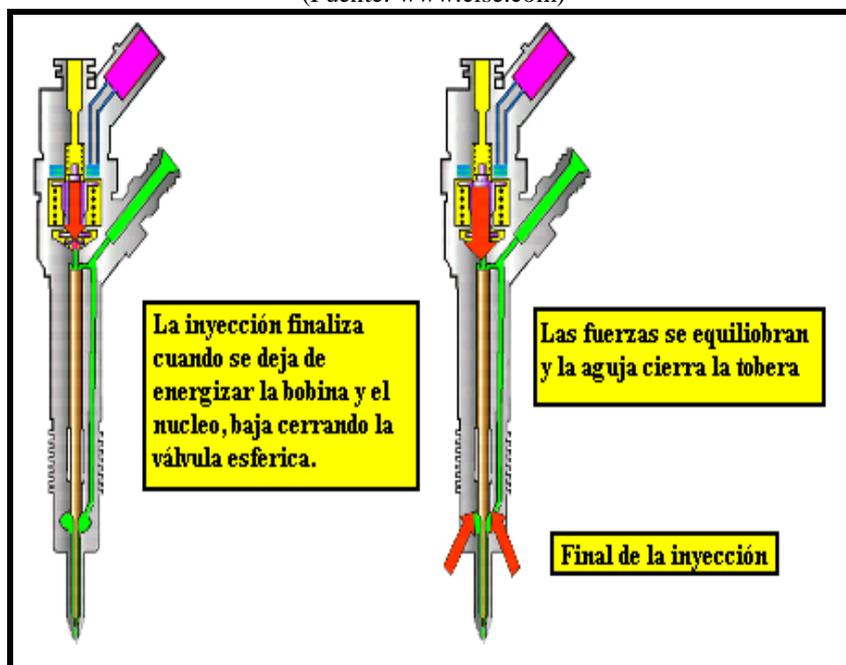
fase de apertura.

1.2.2.4. El inyector cierra (final de inyección).

Cuando deja de activarse la electroválvula, el inducido es presionado hacia abajo por la fuerza del muelle de válvula y la bola cierra el estrangulador de salida. El inducido presenta una ejecución de dos piezas (**figura 1.17**). Aunque el plato del inducido es conducido hacia abajo por un arrastrador, puede sin embargo moverse elásticamente hacia abajo con el muelle de reposición, sin ejercer así fuerza hacia abajo sobre el inducido y la bola.

Al cerrarse el estrangulador de salida se forma de nuevo en el recinto de control una presión como en el Rail, a través del estrangulador de entrada. Este aumento de presión supone un incremento de fuerza ejercido sobre el émbolo de mando. Esta fuerza del recinto de control de válvula y la fuerza del muelle, superan ahora la fuerza del volumen de la cámara de tobera y se cierra sobre su asiento la aguja del inyector. La velocidad de cierre de la aguja del inyector queda determinada por el flujo del estrangulador de entrada.⁵

Figura 1.17. Inyector electrónico (inyector cierra).
(Fuente: www.cise.com)



⁵ www.cise.com

1.2.3. Tipos de marcas de inyectores electrónicos.

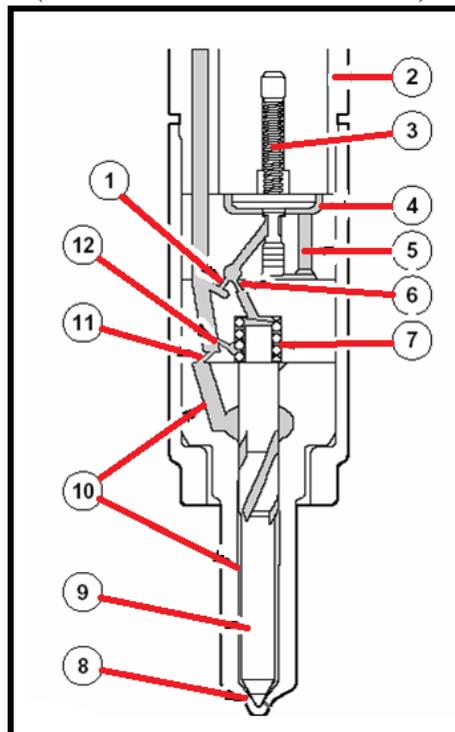
Dentro de los tipos de inyectores electrónicos encontramos los siguientes:

- Inyectores DELPHI.
- Inyectores BOSCH.
- Inyectores SIEMENS.
- Inyectores DENSO.

1.2.3.1. Inyectores DELPHI.

El inyector (**figura 1.18**) cuenta con los siguientes componentes.

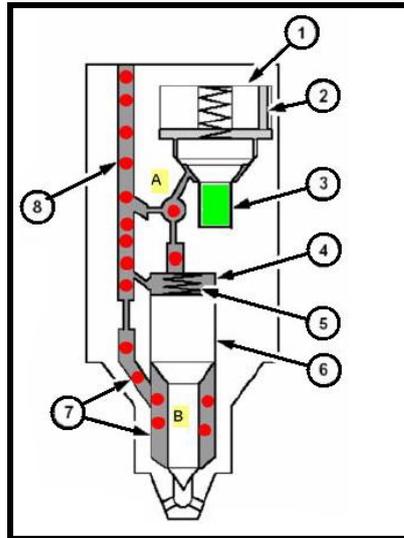
Figura 1.18. Inyectores DELPHI.
(Fuente: www.mecanicavirtual.com)



1. Paso superior de alimentación de la cámara de control
2. Solenoide
3. Muelle del solenoide
4. Aguja de válvula
5. Orificio de salida
6. Paso de salida de la cámara de control
7. Cámara de control
8. Orificios del inyector
9. Aguja del inyector
10. Precámara del inyector
11. Paso de alimentación de la precámara del inyector
12. Paso inferior de alimentación de la cámara de control

a. **Inyector cerrado.-** El inyector se encuentra cerrado (**figura 1.19**) tanto en el punto A como en el punto B la presión es igual y con la ayuda del resorte 5 se mantiene cerrado el vástago 6 sobre la tobera, el color rojo representa la presión alta, y la válvula verde en esta condición se encuentra también cerrada.

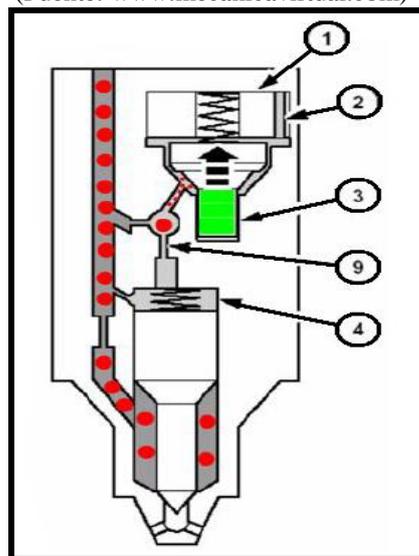
Figura 1.19. Inyector DELPHI cerrado.
(Fuente: www.mecanicavirtual.com)



1. Solenoide
2. Retorno de combustible
3. Aguja de válvula
4. Cámara de control
5. Muelle del inyector
6. Aguja del inyector
7. Precámara del inyector
8. Alimentación de combustible

En este momento comienza a circular corriente por la bobina del inyector la válvula 3 sombreada con verde comienza a desplazarse puesto que el solenoide alivia la presión del resorte con el campo electromagnético, pero en estas condiciones todavía se encuentra la tobera en condición cerrada, esta activación se puede realizar por parte del PCM o puede ser como es el caso de DELPHI se utiliza un módulo Driver llamado IDM (Inyector Driver Module) **Figura 1.20.**

Figura 1.20. Desplazamiento de la válvula solenoide.
(Fuente: www.mecanicavirtual.com)

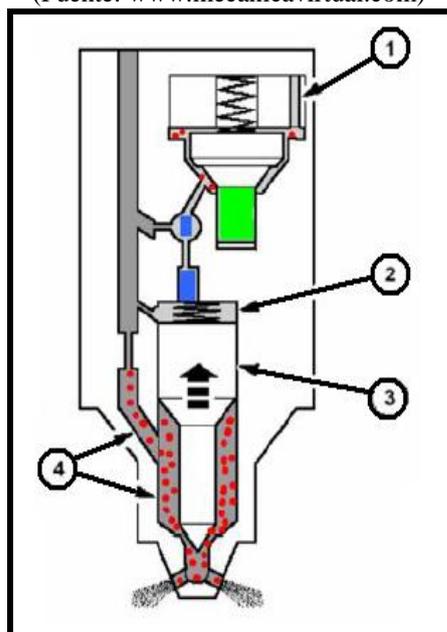


1. Solenoide
2. Retorno de combustible
3. Aguja de válvula
4. Cámara de control
9. paso de salida.

b. Inyector Abierto.- Una vez que se logra una apertura del pasaje de descarga sombreado con verde (**figura 1.21**) existe una diferencia de presiones entre la parte inferior del vástago y la cámara superior sombreada con azul con lo cual se vence la tensión del resorte y de esta forma la presión inferior logra desplazar el vástago y el combustible sale por el orificio de la tobera ahora descubierto, en este momento el control del inyector que necesito 12 A, para mover la bobina puede permitir mantenerla abierta con una corriente cercana a los 6 A, esta estrategia la hace directamente el módulo de control que puede ser el PCM o el IDM.

El tiempo que permanece el inyector abierto es el tiempo que ingresa combustible a la cámara de combustión.

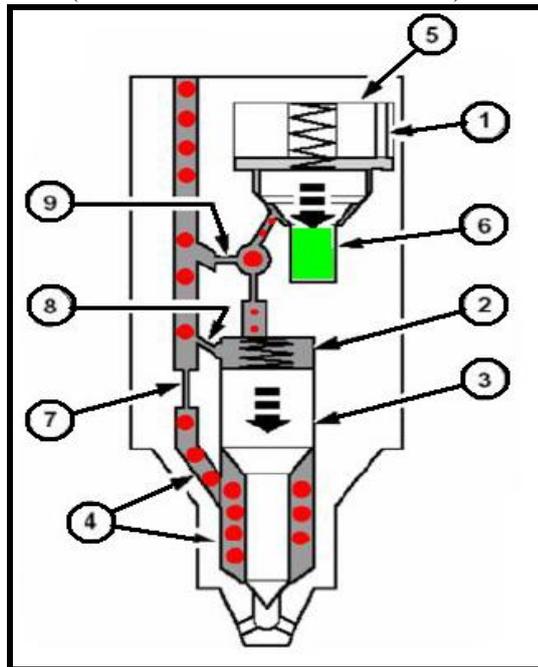
Figura 1. 21. Inyectores DELPHI abierto.
(Fuente: www.mecanicavirtual.com)



1. Retorno de combustible
2. Cámara de control
3. Aguja de inyección
4. Precámara de inyección

c. Inyector cerrado fin de inyección.- En este momento solo es necesario cortar el suministro de corriente al inyector, para que el pasaje sombreado con verde (**figura 1.22**) se cierre y de esta manera ahora las dos cámaras tanto la superior como la inferior quedan al mismo nivel de presión y sobre el vástago queda ahora la presión adicional del resorte que lo coloca en una disposición de cerrado obturando la tobera y no permitiendo la salida de combustible.

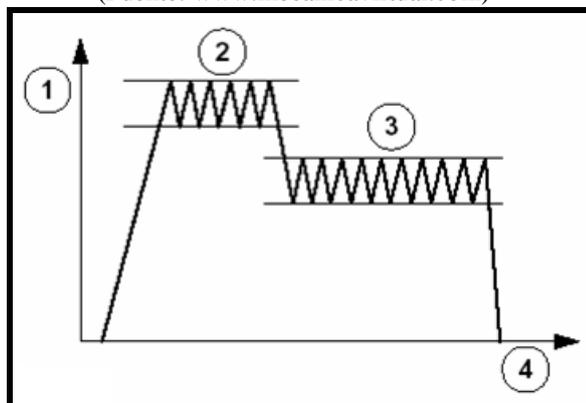
Figura 1.22. Inyectores DELPHI cerrado.
(Fuente: www.mecanicavirtual.com)



1. Retorno de combustible
2. Cámara de control
3. Aguja del inyector
4. Precámara del inyector
5. Solenoide
6. Aguja de válvula
7. Paso de alimentación de la precámara del inyector
8. Paso inferior de alimentación de la cámara de control
9. Paso superior de alimentación de la cámara de control

Este tipo de inyector es activado por medio de un conexionado de dos cables (**figura 1.23**) con los cuales se logra colocar la corriente requerida para la apertura de cada uno de los inyectores es así como la inyección se da en varias fases en donde se coloca inicialmente una corriente aproximada de 12 A y luego se mantiene abierto con una corriente inferior en la gráfica siguiente se muestra una gráfica explicando las diferentes fases.

Figura 1.23. Conexión eléctrica de los Inyectores DELPHI.
(Fuente: www.mecanicavirtual.com)



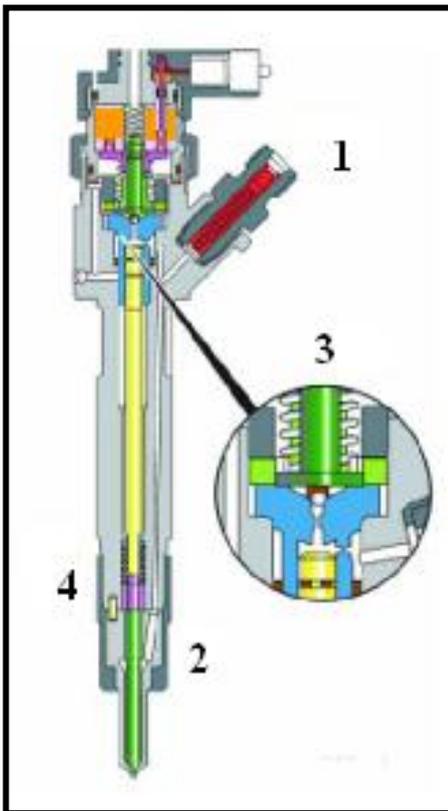
1. Corriente (en A)
2. Corriente de excitación
3. Corriente de mantenimiento
4. Tiempo

Como todos los inyectores tienen condiciones mecánicas diferentes y su vida útil va cambiando existe un proceso de adaptación que realiza el IDM el cual tarda cerca de

900 segundos, en donde de acuerdo al orden de encendido analiza la corriente que circula por las bobinas y así corrige los valores de tiempo en este momento se suspende la preinyección para realizar esta adaptación el IDM debe reportar unas condiciones estable en las cuales el motor debe estar cercano a 3500 RPM la velocidad del vehículo debe ser cercana a los 50 Km/h y una temperatura adecuada DE 70 °C, el IDM compara el tema de la corriente con la señal enviada del KS y de esta forma adapta valores para un buen funcionamiento si en algún momento se suspende la adaptación el IDM debe esperar hasta una próxima oportunidad donde pueda realizar el proceso completo.

1.2.3.2. Inyectores BOSCH.

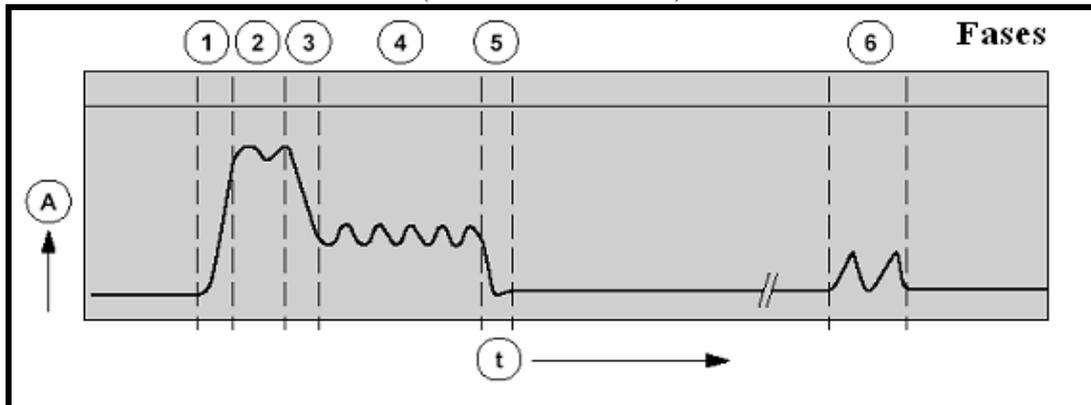
Figura 1.24. Inyector BOSCH.
(Fuente: www.cise.com)



En este tipo de inyectores existen dos cámaras (figura 1.24) 2 y 3 el combustible proveniente del sistema de alta presión (Bomba) ingresa por 1 y toma dos caminos uno hacia la cámara inferior 2 y la cámara superior 3 como en este momento las presiones que existen entre el vástago que tapa la tobera y del resorte 4 son iguales, ahora todo el tema es permitir una caída de presión en la cámara superior 3 esta caída de presión se logra accionando un solenoide que retrae el resorte mostrado en el detalle 3 y así ese balín permite el paso del combustible que se encuentra en esa cámara a un paso de retorno al depósito con esto la presión alta queda enfrentada a la presión que ejerce el resorte 4 logrando vencer el resorte desplazando la tobera y permitiendo el paso del combustible al interior a la cámara de combustión.

El comando del inyector se realiza en varias fases mostradas en la **figura 1.25**.

Figura 1.25. Curva de la inyección del inyector electrónico BOSCH.
(Fuente: www.cise.com)



En la fase **1** se denomina **FASE DE APERTURA** existe una corriente inicial que el PCM coloca sobre el solenoide de 20 A esto lo hace a un voltaje de 100 V aproximado que el PCM coloca en un circuito de amplificación y es ayudada por un condensador al interior se realiza a este voltaje para lograr una rápida activación.

En la fase **2** **CORRIENTE DE ATRACCION**, el PCM vuelve a la alimentación de la batería y mantiene los 20 A de suministro con esto evita el sobrecalentamiento por potencia eléctrica. Luego se aprecia la fase **3** **TRANSICION A RETENCION**.

En la fase **4** **CORRIENTE DE RETENCION**, el PCM mantiene el voltaje de 12V pero reduce la corriente sobre el solenoide a aproximadamente 12 A así contribuye a evitar el sobrecalentamiento del PCM, en esa reducción de corriente se libera energía la cual es enviada al condensador y almacenada para ser usada después.

En la fase **5** **DESCONEXION**, el PCM corta toda la corriente al solenoide en este momento toda la energía liberada va al condensador para una fase de recarga 6 eso quiere decir que entre cada inyección existe un periodo en el cual se sigue cargando el condensador, esto ayuda a mantenerlo cargado para el siguiente ciclo.

En la **figura 1.26** se aprecia la carrera de la aguja y en la **figura 1.27** la cantidad de combustible, es interesante analizar que aunque se realicen todos los ajustes de corriente y voltaje la cantidad de combustible entregado conserva una curva muy estable.

Para el diagnóstico el PCM utiliza el análisis de la corriente y la compara con un tiempo lógico así puede diagnosticar inyectores fuera de tolerancias.⁶

Figura 1.26. Curva de la inyección del inyector electrónico BOSCH.
(Fuente: www.cise.com)

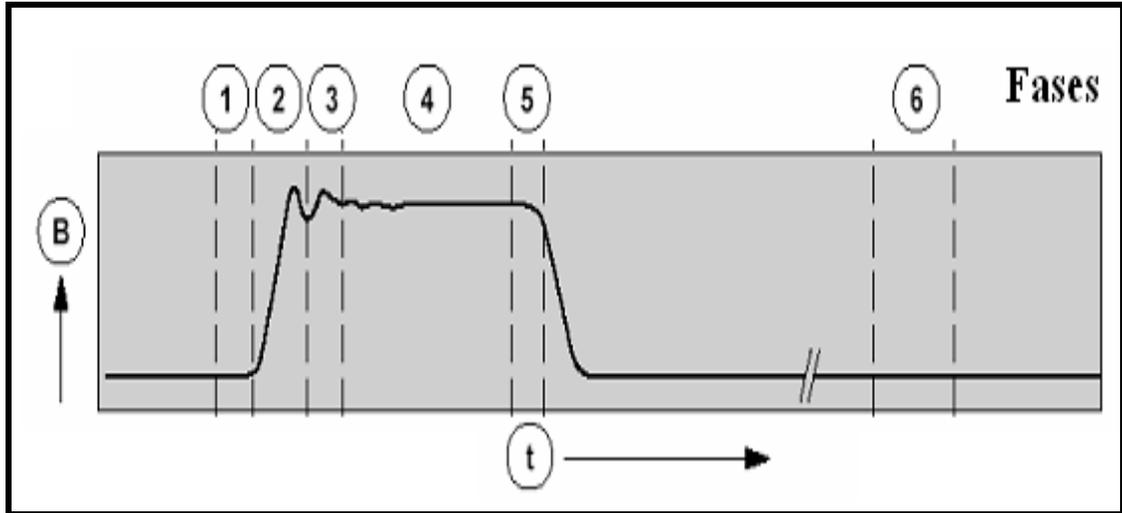
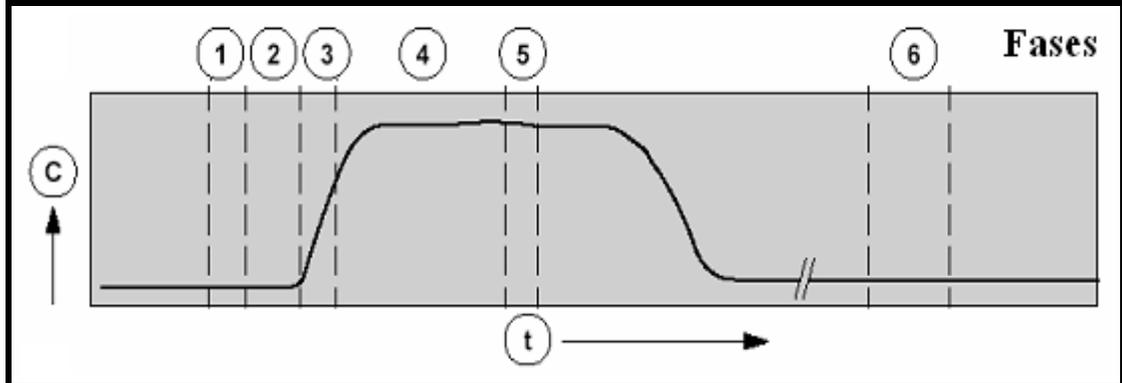


Figura 1.27. Curva de la inyección del inyector electrónico BOSCH.
(Fuente: www.cise.com)



1.2.3.3. Inyectores SIEMENS.

La operación de estos inyectores trabaja con un electro llamado piezo eléctrico, el piezo eléctrico es un cristal que cambia de tamaño cuando se somete a un impulso eléctrico y es capaz de generar un impulso eléctrico si se fuerza a cambiar deformándolo.

⁶ www.cise.com

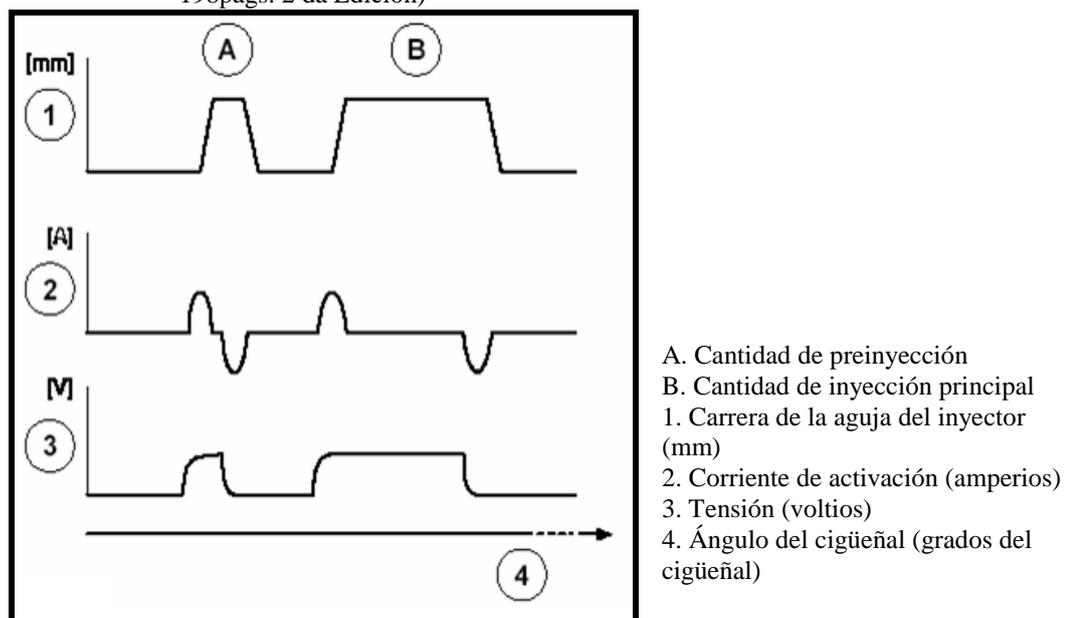
Ahora el solenoide es remplazado por un elemento Piezoeléctrico, con el cual el PCM dispone del mecanismo al interior del inyector que realiza las diferencias de presiones y permite el desplazamiento del vástago y la salida de combustible al cilindro para este fin el PCM dispone sobre el piezoeléctrico una tensión inicial de unos 70 V por un tiempo de 0,2 ms al interior los cristales logran elevar este voltaje a unos 140 V esto toma otros 0,2 ms esto lo logra con una corriente de 1 amperio. A este proceso se le llama TENSION DE CARGA y CORRIENTE DE CARGA.

El aumento de tensión se logra gracias al contacto entre los mismos cristales los cuales logran multiplicar el efecto de voltaje.

Para terminar el proceso de inyección es necesario colocar otro impulso de tensión final llamado TIEMPO DE DESCARGA esto toma alrededor de 0,2 ms.

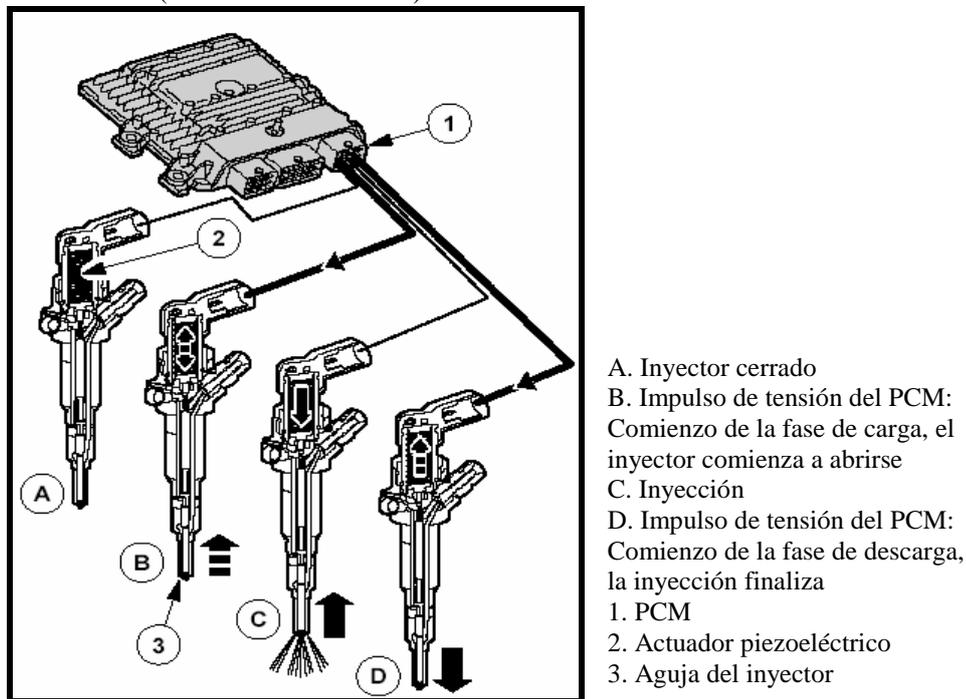
En la **figura 1.28** se aprecia la relación de corriente, voltaje y desplazamiento de la aguja del inyector.

Figura 1.28. Relación de corriente, voltaje y desplazamiento en los Inyectores SIEMENS.
(Fuente: LAFORA. Ma José. Motores Diesel Madrid.
198pags. 2 da Edición)



En la **figura 1.29** se puede apreciar que existe una pre inyección y una inyección principal si se analiza la gráfica de corriente se identifica que es necesario realizar una inversión de polaridad para lograr que el piezoeléctrico invierta su sentido y pare la inyección, en el caso de desenchufar el inyector justo cuando está inyectando se genera una condición de apertura permanente lo que arruinaría el motor en cuestión de minutos puesto que el cilindro se llenaría de combustible (TRABADO ABIERTO).

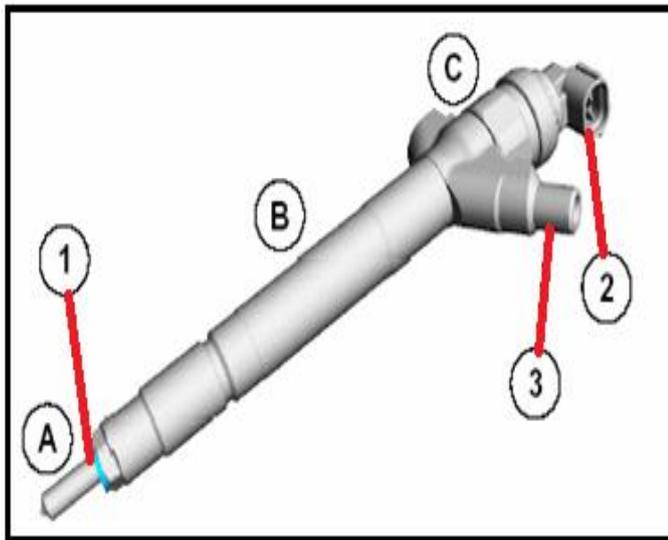
Figura 1.29. ECU en los Inyectores SIEMENS.
(Fuente: www.cise.com)



1.2.3.4. Inyectores DENSO.

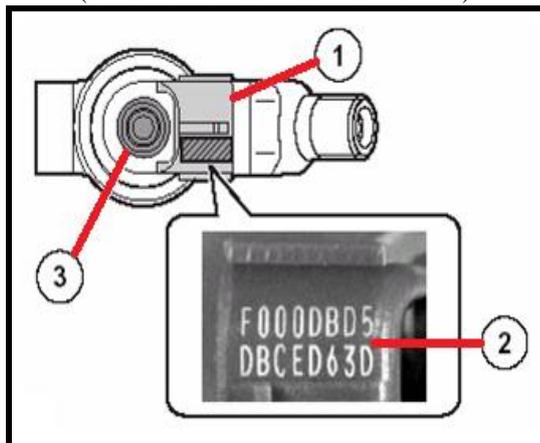
Para el caso DENSO (**figura 1.30**) los inyectores tienen el mismo funcionamiento que los inyectores tipo BOSCH pero hay que tener en cuenta que en el caso denso los inyectores presentan una distinción especial por cilindro y se hace necesario una programación con la herramienta de diagnóstico en la cual se introducen una serie de números colocados en la parte superior del inyector en la figura se muestra un ejemplo de esto.

Figura 1.30. Inyector DENSO.
(Fuente: www.mecanicavirtual.com)



- A. Tobera de inyección.
- B. Servo sistema hidráulico.
- C. Solenoide.
- 1. Junta de la cámara de combustión.
- 2. Conexión eléctrica del solenoide.
- 3. Conexión para la tubería de alta presión.

Figura 1.31. Número de serie de un Inyector DENSO.
(Fuente: www.mecanicavirtual.com)



- 1. Conexión eléctrica del solenoide
- 2. Número de identificación de 16 caracteres
- 3. Conexión de la tubería de combustible de fuga.

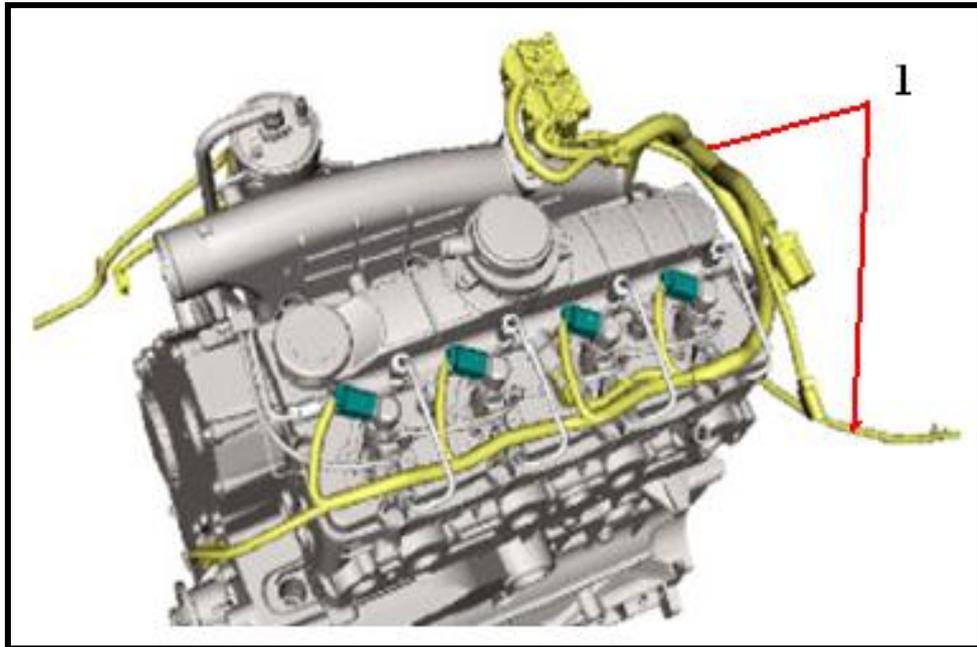
En el caso de no introducir en la reprogramación estos 16 dígitos (**figura 1.31**) pueden existir diversas fallas en la correcta operación.

1.2.4. Desmontaje inyectores eléctricos.

Para desmontar los inyectores, realizar los siguientes pasos:

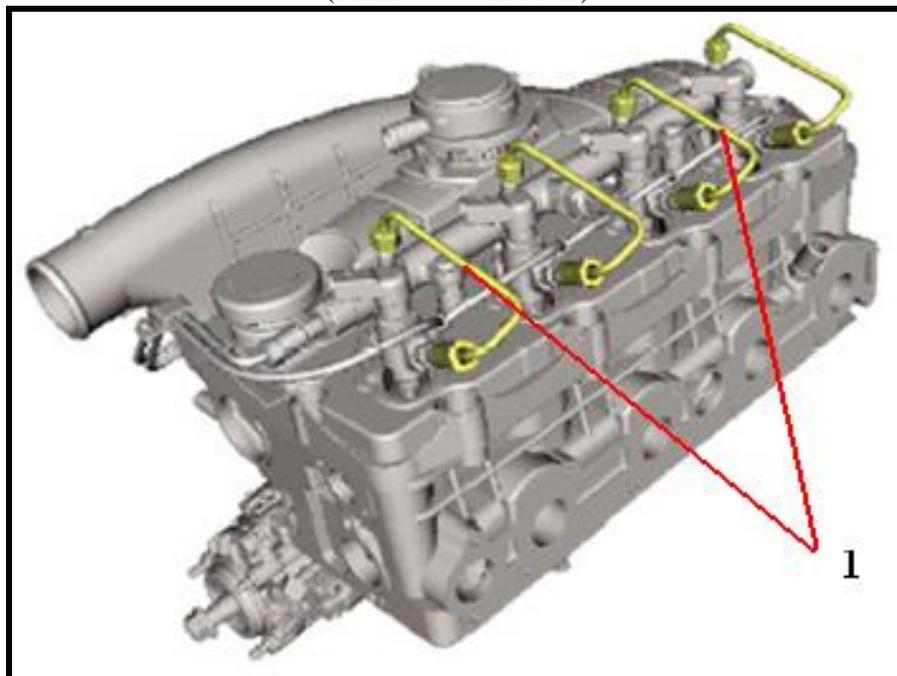
1. Desconectar el conector eléctrico (1) del inyector.

Figura 1.32. Motor de cuatro tiempos.
(Fuente: www.cise.com)



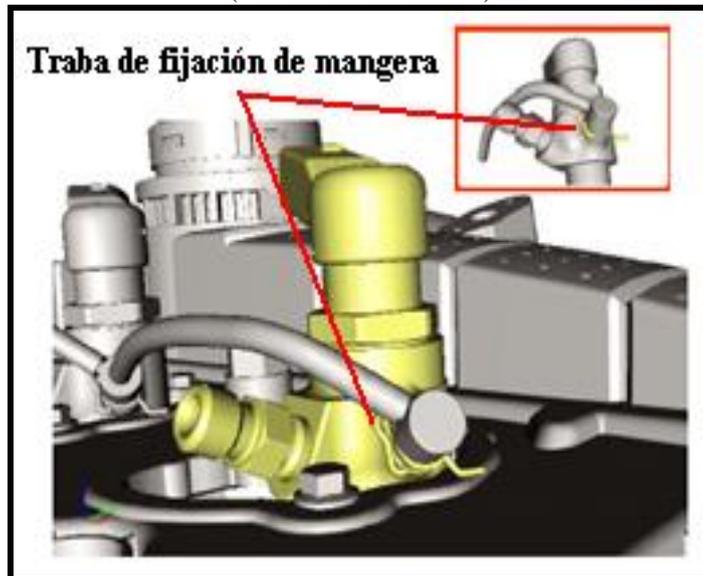
2. Utilizando una llave, retirar la cañería de alta presión 1, (entre el conducto y el inyector).

Figura 1.33. Motor de cuatro tiempos.
(Fuente: www.cise.com)



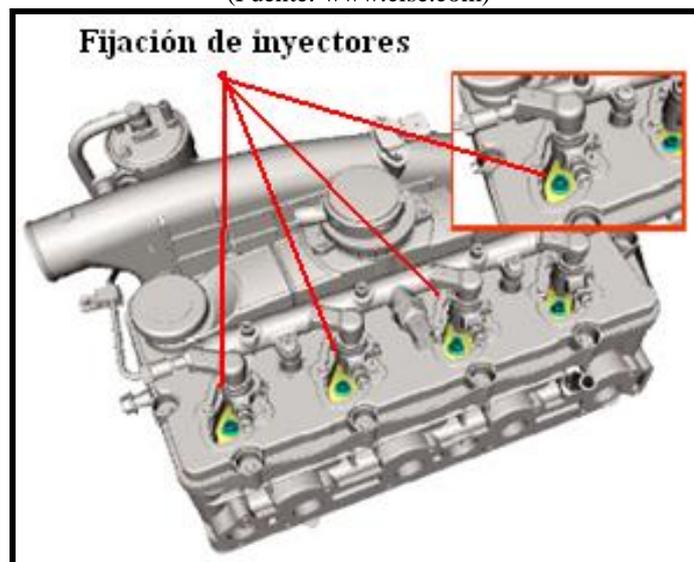
3. Proteger con tapas de plástico las conexiones del conducto y del inyector para evitar que se contaminen con combustible.
4. Para desarmar los demás inyectores, repetir los pasos 1 a 3.

Figura 1.34. Desmontaje del inyector.
(Fuente: www.cise.com)



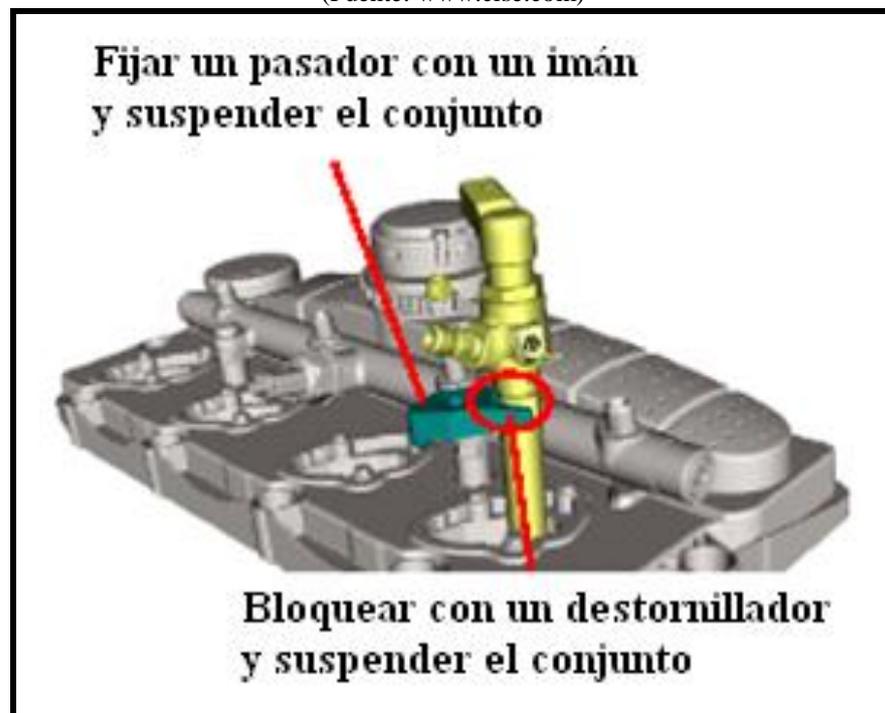
5. Quitar la manguera de retorno del inyector. Es necesario usar un destornillador pequeño para retirar la brida de fijación de la manguera.

Figura 1.35. Extracción la manguera de retorno del inyector.
(Fuente: www.cise.com)



6. Con una llave, quitar el tornillo de fijación del sujetador del inyector.

Figura 1.36. Sujetador del inyector.
(Fuente: www.cise.com)



7. Utilizando un destornillador, quitar al mismo tiempo el sujetador y el inyector de combustible.
8. Proteger con una tapa de plástico la punta del inyector.
9. Retirar la arandela de sellado.⁷

1.3. Verificaciones de los inyectores.

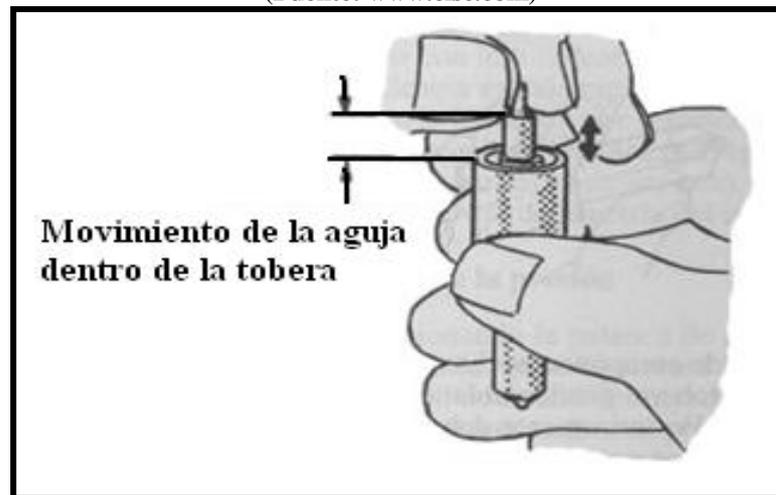
Para la verificación de los componentes, deberán inspeccionarse las caras de unión del soporte de la tobera y del porta-inyector. Si existen ralladuras, corrosión o deformaciones, deberán sustituirse. También se examinarán las superficies de acoplamiento de la aguja del inyector y la tobera. Un tono azulado de estas superficies indica que han funcionado a temperaturas excesivas, a las cuales, pueden producirse el destemplado del material, por cuya causa deben ser sustituidas ambas piezas.

⁷ www.cise.com

El asiento de la aguja debe presentar un buen acabado mate en las zonas de contacto, sin escalón indicativo de desgaste excesivo. Si se encuentran ralladuras en estas zonas, deberán ser sustituidos estos componentes, teniendo en cuenta el ajuste entre la aguja y su tobera.

Se comprobará igualmente que la aguja se desliza fácilmente en el interior de la tobera, sin agarrotamiento ni holguras. Colocada la tobera en posición vertical como se indica en la figura, la aguja debe caer hasta el fondo del asiento por su propio peso. Apretándola ligeramente con la mano contra su asiento, al invertir la posición de la tobera, la aguja debe mantenerse sobre su asiento, si ambos están impregnados de gasóleo y, al golpearla ligeramente con los dedos, deberá caer libremente. En caso de que esto no ocurra, deberá efectuarse nuevamente la limpieza y desincrustación y, si esto no fuese suficiente, se sustituirá el conjunto.

Figura 1.37. Verificación de los inyectores.
(Fuente: www.cise.com)



En el porta-inyector deberá comprobarse la varilla de empuje, que no debe estar deformada ni presentar señales de golpes o deformaciones, prestando especial atención a su estado de desgaste. También debe comprobarse el estado del muelle y el dispositivo de reglaje.

Finalizadas las operaciones de verificación y limpieza del inyector, deberá comprobarse la elevación de la aguja en su asiento, la cual está limitada en el funcionamiento durante la inyección, cuando el extremo superior de la aguja hace

contacto con la superficie de acoplamiento del porta-inyector. La elevación de la aguja debe estar comprendida dentro de ciertos límites, si se quiere obtener una inyección eficaz y una duración razonable de la tobera, no será suficiente para permitir el paso de toda la carga de combustible sin restricciones, lo cual provoca un descenso considerable de la presión necesaria para que el combustible salga a través de los orificios de la tobera, con lo cual, empeora la penetración y la pulverización en la cámara de combustión. Por lo contrario, una elevación excesiva provoca un fuerte golpe de la aguja contra su asiento en el momento de cierre, que acorta considerablemente la duración de la tobera.

1.4. Averías, causas y soluciones.

Los inyectores en mal estado pueden ocasionar fallos en la combustión de un motor que se suelen delatar por defectos de la misma por ejemplo, el golpeteo de uno o más cilindros puede estar ocasionado por inyectores que no tienen perfecta estanqueidad.⁸

También un motor sobrecalentado, o la caída de potencia del motor o el incremento de consumo de combustible y entre otros defectos pueden estar ocasionados por el mal funcionamiento de uno o todos los inyectores.

El síntoma que más puede ayudar a conocer el estado en el que se encuentran los inyectores sin desmontar estos es el estado de humos que el motor produce. En general, cuando el motor diesel tiene ausencia total de humo indica el correcto estado de reglaje del motor y por consiguiente también de los inyectores.

Ante un humo claro, la situación puede ser todavía aceptable en un motor que ha recorrido muchos kilómetros, pero cuando el humo es negro gris oscuro y se produce a plena carga o velocidades altas o medias acompañadas de síntomas como pérdida de potencia o golpeteo del motor es muy probable que el inyector sea el culpable por defectos de funcionamiento.⁸

⁸GIL. Hermogenes, *Sistemas de Inyección Diesel*, Editorial CEAC, Barcelona 2002.

Tabla 1.2. Averías causas y soluciones del motor.

Averías	Causas	Soluciones
El motor arranca mal o no arranca.	Depósito vacío o filtro obstruido.	Repostar el combustible.
Pérdida de potencia del motor.	Aire en el sistema de inyección.	Purga del aire del sistema de alimentación de combustible.
La marcha en ralentí no es estable con el motor caliente.	Filtro de combustible obstruido.	Cambiar el filtro de combustible.
Falla el motor cuando está funcionando en marcha.	Cañerías de alimentación obstruidas.	Comprobarlos todos los conductos, cambiarlos o repararlos.
Pérdida de potencia en marcha.	Cañerías con fugas o rotas.	Apretar las conexiones, reparar las fugas.
Excesivo consumo de combustible.	Desfase del comienzo de la inyección.	Ajustar el comienzo de inyección, correlación bomba- motor.
Funcionamiento incorrecto del motor.	Inyectores en mal estado.	Montar nuevos inyectores o porta inyectores.
Humos de escape negro cuando el motor funciona a plena carga.	Filtro de aire obstruido. Mala compresión del motor.	Cambio del filtro de aire. Reparar el motor.
Humos de escape blanco en forma de niebla cuando el motor funciona a plena carga.	Bomba de inyección defectuosa, o desajustada.	Ajustar de nuevo el motor; repararlo.

Tabla 1.3. Datos obtenidos en laboratorio diesel de la Universidad Politécnica. Cuenca-Ecuador (averías, causas y soluciones.)

Síntoma	Posible avería	Solución
<ul style="list-style-type: none"> • Falta de potencia. • Aceleración pobre. • Alto consumo de combustible. • Bajo consumo de combustible. 	<ul style="list-style-type: none"> • Filtro de combustible y aire obstruido. • Medidor de masa de aire. • Electroválvula de regulación del turbo. • Turbo compresor. • Sensor MAP de presión de admisión. • Sensor de posición del cigüeñal. • Señal de velocidad. • Catalizador obstruido • Conducto de admisión suelto o fisurado. • Tuberías de admisión sueltas o fisuradas. • Sensor NTC de refrigeración. • Sensor NTC de combustible. • Inyectores defectuosos. • Sensor de presión de la rampa de inyección. • Válvula dosificadora. • Bomba de presión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar el circuito de combustible. • Revisar el filtro y los conductos de admisión. • Verificar el catalizador y el tubo de escape. • Verificar: <ul style="list-style-type: none"> ○ Medidor de masa de aire. ○ Electroválvula del turbo compresor ○ Turbo compresor. ○ Sensor MAP de presión de admisión. ○ Sensor de presión de la rampa de inyección. ○ Sensor de posición del cigüeñal. ○ Sensor NTC de refrigeración. ○ Sensor NTC de combustible. ○ Válvula dosificadora ○ Inyectores. • Revisar que la bomba de alta presión funcione normalmente.
<ul style="list-style-type: none"> • Humo negro al ralentí. 	<ul style="list-style-type: none"> • Filtro de aire obstruido. • Relé de calentadores. • Bujía de calentamiento. • Inyectores defectuosos. • Potenciómetro del acelerador. • Sensor de presión de la rampa de inyección. • Catalizador obstruido. • Válvula EGR siempre abierta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar el filtro y los conductos de admisión. • Verificar el catalizador y el tubo de escape. • Verificar: <ul style="list-style-type: none"> ○ Relé de calentamiento. ○ Bujía de calentamiento. ○ Inyectores defectuosos. ○ Potenciómetro del acelerador. ○ Sensor de presión de la rampa de inyección. ○ Válvula EGR siempre abierta.

1.5. Pruebas y comprobaciones.

El tiempo transcurrido para la reparación de un inyector⁸ dependerá de los siguientes factores:

- Forma de conducción, es decir la exigencia al motor.
- Combustible empleado, pues en diferentes zonas del país varía la calidad del combustible en este caso diesel.
- Del mantenimiento preventivo, sustitución de los filtros de combustible, limpieza de las cañerías y del depósito de combustible.

Una vez que los inyectores estén reparados y limpios, además de haber pasado satisfactoriamente el control visual, los inyectores mecánicos y electrónicos deben ser sometidos a varias pruebas que pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Control de presión y tarado.
- Control de estanqueidad o goteo.
- Control de pulverización y dirección del chorro.
- Fuga de retorno.
- Prueba con polímetro.

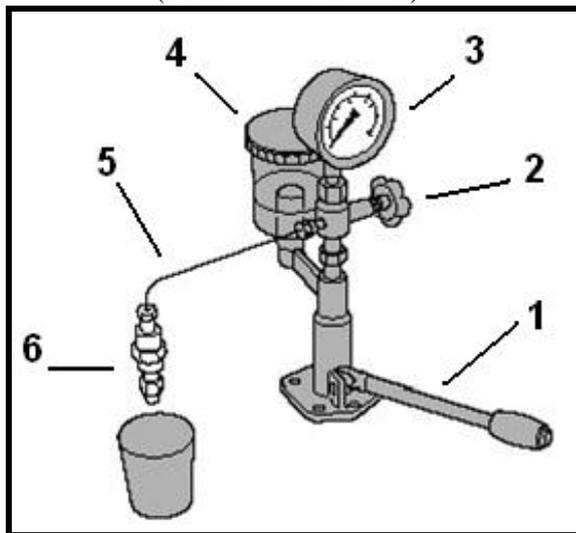
Estas pruebas han de realizarse eficazmente con la ayuda de una bomba de pruebas de inyectores (**figura 1.38**). Su funcionamiento es muy sencillo. Consta de un depósito de combustible (4) que puede ser bombeado por medio de una palanca manual de accionamiento (1) a una presión muy elevada. Un manómetro (3) indica la presión a que se manda el golpe de palanca, y un codo de adaptación (5) posee un racor para la unión a él del inyector que se va a someter a la prueba (señalado con 6). Por último, una válvula de cierre (2) puede desconectar el manómetro del resto del dispositivo. Como puede observarse, el chorro que producirá el inyector irá a parar a un orificio de recogida y rebose que se halla en el suelo donde está anclada la bomba.

Antes de hacer alguna prueba es importante tener en cuenta que la presión a que sale el combustible una vez accionada la palanca es muy alta.

⁸www.bosch.com

Además, el combustible sale pulverizado. Resulta pues muy peligroso que el chorro dé en las manos del operario porque debido a su presión y a lo fino de sus partículas es capaz de penetrar a través de los poros de la piel y causar infecciones.

Figura 1.38. Bomba de pruebas de inyectores.
(Fuente: www.cise.com)



1. Palanca manual de accionamiento de la bomba.
2. Válvula de cierre.
3. Manómetro.
4. Deposito de combustible.
5. Cañería de presión con racor.
6. Inyector.

1.5.1. Control de presión y tarado

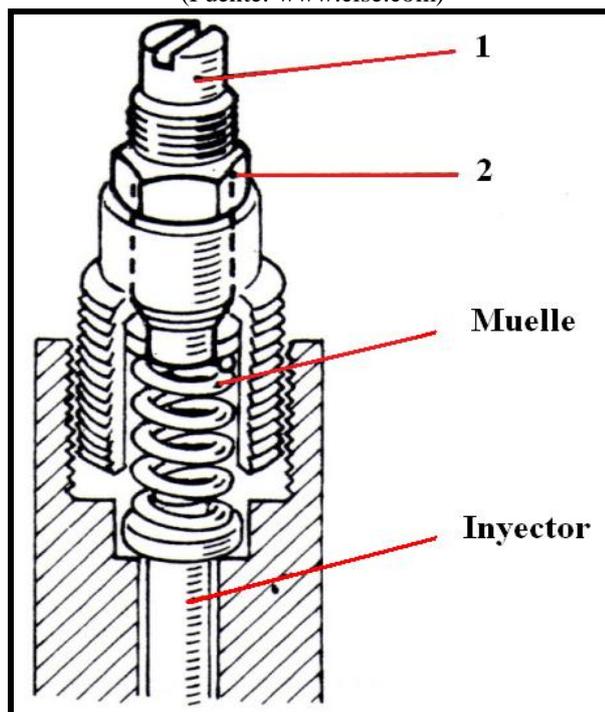
Esta prueba consiste en controlar a qué valor de presión el inyector inicia la inyección, valor que viene proporcionado por los datos técnicos del constructor.

Se abre la válvula de desconexión 2 (**figura 1.39**) para que el manómetro intervenga en la medición de la presión. Aquí cabe una advertencia previa muy importante: cuando el manómetro está en circuito la palanca de accionamiento debe manipularse lentamente y ha de dejarse escapar también lentamente para permitir que la aguja del manómetro suba y baje con lentitud y no se deteriore el manómetro de una forma rápida al recibir una presión tan elevada súbitamente.

Accionando la palanca de mando de la bomba con una cadencia aproximada de 60 emboladas por minuto, se observará la lectura máxima alcanzada en el manómetro, que corresponde a la presión de tarado del inyector, la cual debe ser la estipulada por el fabricante. Si la presión de apertura es superior a la prescrita, es síntoma de que la aguja del inyector esta "pegada", o a una obstrucción parcial de la tobera, o bien a una precarga incorrecta del muelle de presión. Si la presión es inferior a la prescrita,

lo cual suele suceder cuando el inyector ha funcionado más de 50.000 km, ello suele ser debido a falta de tensión del muelle de presión o rotura del mismo. En cualquier caso, deberá procederse al desmontaje y limpieza del inyector y al tarado del mismo a la presión correcta. Esta operación de tarado se realiza apretando o aflojando el tornillo de reglaje (1), de la **figura 1.39.**, o interponiendo calces calibrados (arandelas) que van desde 1,00 mm a 1,80 mm con espesores intermedios que varían en intervalos de 0,005 mm. En este tipo de inyector, su fabricante suele establecer que cada 0,05 mm de más de grosor de la arandela se consigue un aumento de unas 3 atmósferas. Así pues, el trabajo consiste solamente en conseguir colocar una arandela del grosor adecuado para mantener al inyector dentro de las presiones de tolerancia que se le exige entre el muelle y la carcasa, según los casos

Figura 1.39. Mecanismo de regulación del inyector por el procedimiento de tornillo.
(Fuente: www.cise.com)

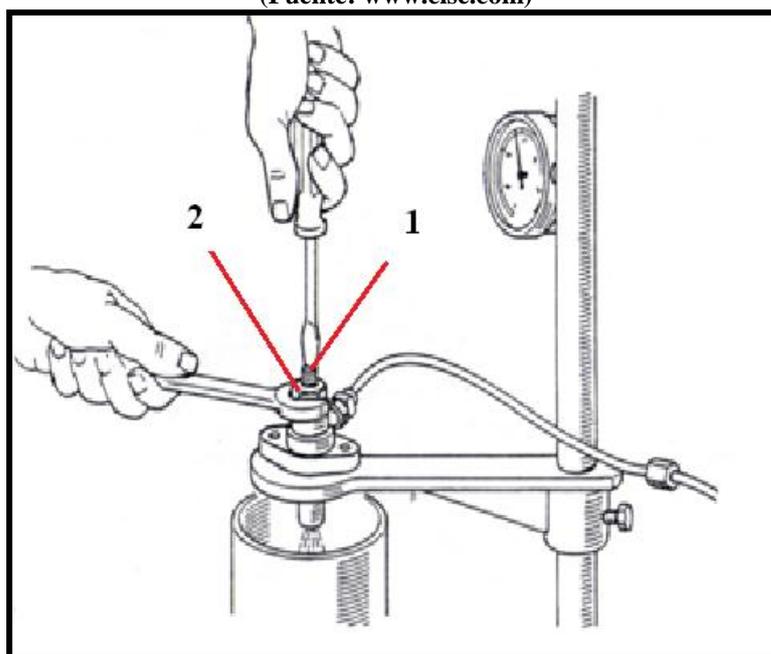


Se puede tolerar valores de poco más de un 10 % inferior a los mínimos autorizados para los inyectores nuevos. En un inyector nuevo, o poco usado, se lo puede regular a la presión establecida por el fabricante y a la prueba por tarado o desecharlo si ello no es posible.

Al margen de este procedimiento, también podemos encontrarnos con inyectores que van provistos de otros sistemas de regulación del muelle. Un caso de regulación por tornillo como el mostrado en la **figura 1.39**, puede resultar también muy corriente. En estos inyectores, nos encontramos con un conjunto de regulación de tornillo (1) y contratuerca. Basta aflojar la contratuerca (2) para liberar el giro del tornillo de ajuste (1) y regular por medio de él la presión requerida. En la **figura 1.40** vemos el momento en que se está efectuando el tarado en un inyector de este tipo. Con la ayuda de un destornillador, y mientras se está produciendo la descarga, se puede actuar aflojando o apretando el tornillo para conseguir que la presión se encuentre dentro de los valores correctos.

Figura 1.40. Forma de ajustar la presión de descarga actuando con un destornillador y una llave fija en el mecanismo de regulación del inyector.

(Fuente: www.cise.com)



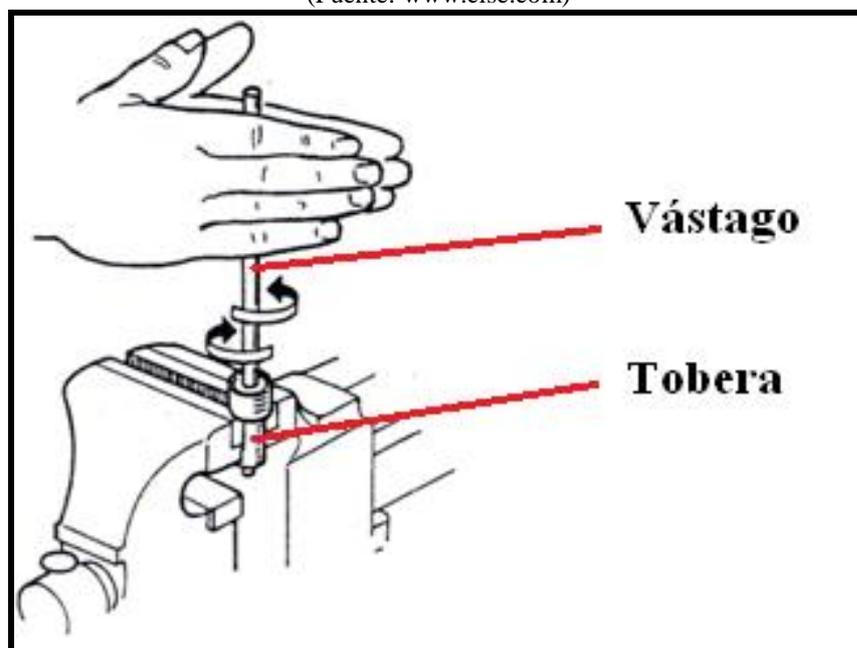
1.5.2. Control de estanqueidad o goteo.

El control de estanqueidad, consiste en ver hasta qué punto el inyector cierra de modo que no presenta fugas a valores de presión ligeramente por debajo de su presión de funcionamiento. Se realiza de la siguiente manera: se baja lentamente la palanca de accionamiento de la bomba observando el valor que progresivamente va indicando el manómetro. Cuando este valor es de entre 20 y 15

atmósferas, menor que el valor de presión de funcionamiento, se interrumpe la carrera de la palanca y se cierra la válvula de desconexión del manómetro de modo que la presión se mantenga en el circuito hidráulico interior del inyector. En estas condiciones, si la aguja cierra perfectamente sobre su asiento, el inyector no debe gotear y ni siquiera hallarse húmedo por la punta. Ello será señal de una perfecta estanqueidad.

Si, por el contrario, el inyector, al llegar a la presión mínima indicada, se humedece o comienza a gotear se tendrá que proceder a un ligero rectificado de la aguja (**figura 1.41**) en su asiento por un procedimiento muy parecido al utilizado en el trabajo de esmerilado de válvulas pero utilizando un poco de Netol o algún abrasivo muy suave girando varias veces la aguja sobre su asiento. Si no se consiguen resultados positivos puede acudir a un rectificado a fondo, pero ello requiere mucha práctica en este trabajo y en el uso de pasta esmeril para el ajuste. Si no puede lograrse el perfecto ajuste de la aguja en su asiento será necesario proceder a la sustitución del inyector completo, pues la estanqueidad tiene que estar asegurada.

Figura 1.41. Rectificado de la aguja del inyector.
(Fuente: www.cise.com)

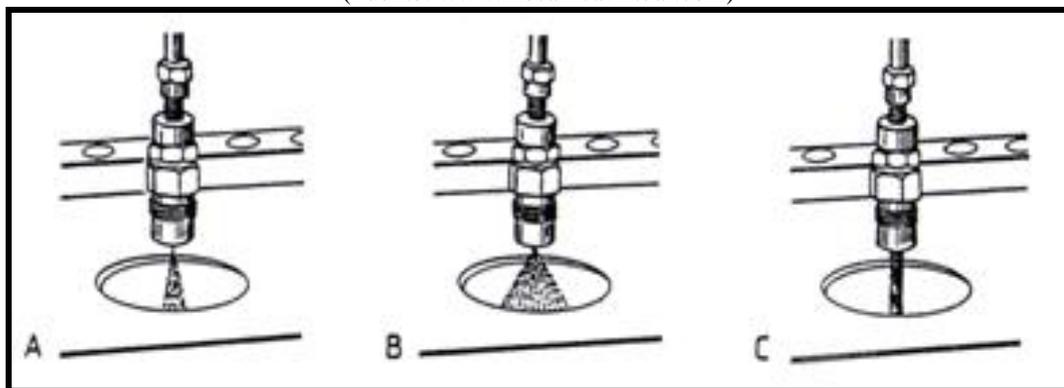


1.5.3. Control de pulverización y dirección del chorro

Otra de las pruebas a que debe someterse el inyector es al control del chorro, operación que se efectúa de la siguiente forma: se acciona la palanca de la bomba de una manera breve pero enérgica aproximadamente unas dos veces por segundo y, por supuesto, desconectado el manómetro ya que la medición de los valores de presión no es ahora de interés para esta prueba.

En la **figura 1.42** se muestran tres posibilidades de salida del chorro desde el inyector, en uno del tipo de espiga. En A tenemos la salida correcta del combustible. El chorro debe ser bastante compacto y no presentar hilillos desparramados. En B, por ejemplo, tenemos un caso de chorro demasiado ancho para una cámara de turbulencia, lo que daría de sí una combustión más difícil. También el caso contrario, representado en C, donde el chorro se agrupa en forma de cordón resulta igualmente incorrecto, y acostumbra a provenir este defecto por la falta de presión de apertura o bien porque la aguja está agarrotada.

Figura 1.42. Control de pulverización.
(Fuente: www.mecanicavirtual.com)



A. Correcto.

B. Chorro demasiado ancho.

C. Chorro en forma de cordón.

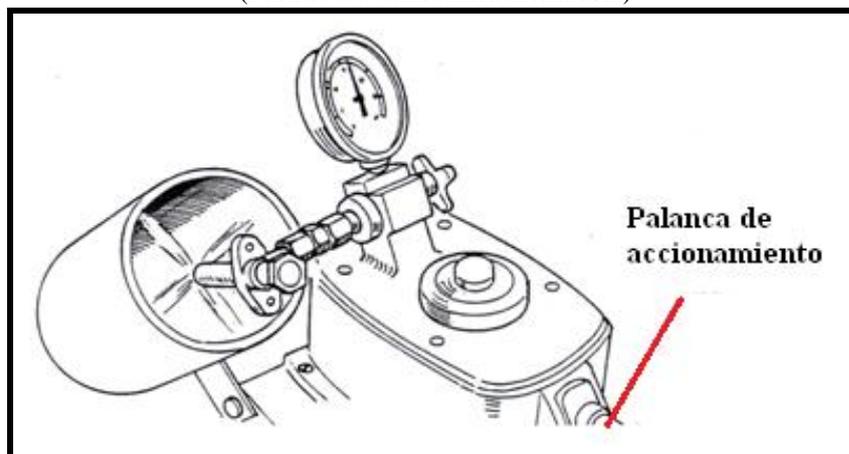
En los inyectores de espiga la dirección del chorro debe seguir el eje axial del inyector en la gran mayoría de los casos, pero pueden presentarse también algunos motores en los que la dirección del chorro puede ser diferente según el diseño. En los inyectores de orificios, utilizados en los motores Diesel de inyección directa, el chorro sale con un determinado ángulo y dividido en tantos dardos como agujeros u orificios tenga

el inyector. Resultan muy corrientes los de cuatro orificios, en cuyo caso debe observarse la salida de cuatro chorros iguales, tal como muestra la **figura 1.43**.

Hay que aprovechar esta prueba para comprobar otro factor de valoración del estado del inyector que consiste en escuchar el sonido del chorro. Para ello se baja la palanca de accionamiento a un ritmo inferior que puede ser de una carrera por segundo, y se escucha cómo el inyector rechina. Si lo hace suavemente es que el inyector se halla en buen estado; pero si rechina solamente un poco o no lo hace en absoluto entonces será indicio de falta de estanqueidad. Se tendrá que reparar este defecto del modo que ya se ha explicado anteriormente.

La prueba de sonido puede completarse haciendo inyectar al inyector de una forma seguida durante unos 10 segundos, bajando a fondo con rapidez y brevedad la palanca con unas de 2 o 3 carreras por segundo. En este caso, el chorro debe salir compacto y con un silbido alto claramente diferenciado. Si no se consigue este sonido se tendrá que proceder al desmontaje del inyector y su reparación, o su sustitución en el caso extremo de no lograr la corrección del defecto.

Figura 1.43. Forma del chorro en el inyector de orificios.
(Fuente: www.mecanicavirtual.com)



1.5.4. Fuga de retorno.

Accionando la palanca de mando de la bomba del comprobador hasta obtener una presión en el inyector de aproximadamente 10 bar por debajo de la de tarado, se cerrará la válvula de paso de combustible de que está provisto el comprobador. En

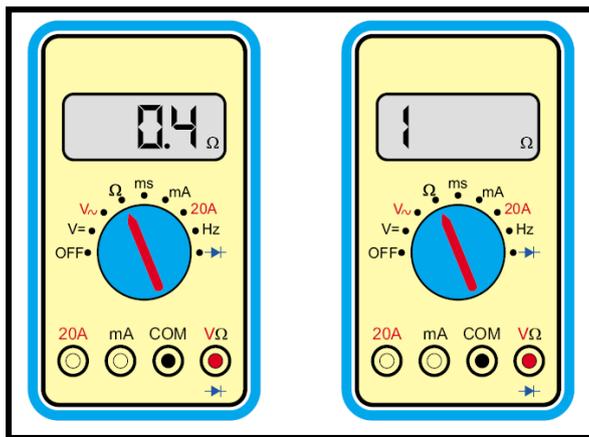
estas condiciones, debe observarse un descenso lento de la aguja del reloj comparador, que indica el nivel de fuga de retorno. Generalmente se considera correcto un inyector, en cuanto a nivel de fuga de retorno, si la presión se mantiene por encima de 50 bar más de seis segundos, partiendo de una presión de 100 bar.

La fuga de retorno indica la cantidad de combustible que sale entre la varilla de la válvula de aguja y el cuerpo de la tobera, hacia el retorno. Esta fuga debe existir en una cierta proporción, para lubricar estos componentes. Si es pequeña, indica una escasa holgura entre la aguja y la tobera. Si la fuga es excesiva, indica mayor holgura de la necesaria y deberá sustituirse o repararse la tobera.⁹

1.5.5. Verificación del inyector electrónico tipo Bosch con polímetro.

1.5.5.1. Resistencia y amperaje.

Figura 1.44. Multímetro.
(Fuente: www.diagnosticaautomotriz.com)



Conectar el ohmímetro a los terminales correspondientes del módulo o al conector del inyector. La lectura debe estar especificada entre los valores especificados en la ficha de diagnóstico.

Colocar el amperímetro en uno de los cables de alimentación del inyector de manera que, cuando se accione

este último la lectura del mismo sea de 1 amperio.

1.5.5.2. Aislamiento.

Verificar que la lectura entre cualquiera de sus terminales y masa nos de resistencia infinita.¹⁰

⁹. GIL, Hermogenes, *Sistemas Electrónicos de la Inyección diesel*, Editorial EPIC, Madrid, a, 2002.

¹⁰. www.mecanicavirtual.com.

CONCLUSIONES PARCIALES.

Una vez estudiado el principio de funcionamiento y los elementos constitutivos de los inyectores Diesel, se tiene las bases necesarias de su funcionamiento y localización de posibles averías, lo cual servirá como guía para su mantenimiento y por ende a la construcción del banco de pruebas, cuya misión es la de realizar las diferentes comprobaciones en los inyectores.

Se debe realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de los inyectores Diesel, ya que debido a las altas presiones de trabajo y condiciones de funcionalidad se ven sometidos a desgaste que producen daños tanto funcionales como de rendimiento dentro del sistema de inyección, además dentro del motor provoca: pérdida de potencia, consumo de combustible, combustión defectuosa y contaminación.

Es necesario saber identificar las averías, causas y soluciones para tener un criterio lógico en el mantenimiento o reparación de un inyector, pues en algunas ocasiones la causa de la falla de un inyector no es necesariamente de éste, sino de elementos relacionados con éste, como son: filtro de combustible, cañerías averiadas, bomba de inyección, calidad del diesel, entre otras.

CAPÍTULO II

DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBAS

INTRODUCCIÓN.

El presente capítulo, contiene los cálculos y diseño para la selección de los componentes, los cuales serán utilizados posteriormente en la construcción del banco de pruebas.

El diseño de los componentes del banco se basa en cálculos técnicos y matemáticos, que proporcionan valores que brindan el factor de seguridad confiable, además para la selección de los componentes, pues se tendrá presente los factores de operación, ergonomía, economía, seguridad y durabilidad.

2.1. Constitución.

Con la finalidad de satisfacer las exigencias más importantes que se requieren para verificar los inyectores mecánicos y electrónicos tipo BOSCH, el banco de pruebas ha de estar equipado con los elementos e instrumentos necesarios para realizar las principales pruebas de comprobación. El banco está constituido principalmente por los elementos citados a continuación:

- Mesa.
- Cubeta cristal.
- Comprobador de inyectores diesel.
- Tester.
- Probetas.
- Porta-probetas.
- Cañerías.
- Motor eléctrico.
- Poleas.
- Banda.

2.1.1. Mesa.

Su finalidad es alojar todos los elementos que componen el banco de pruebas de los inyectores de tal manera que estará constituida de una estructura y una cubierta metálica, la cual tiene una dureza y resistencia para soportar esfuerzos e impactos bruscos a la que esté sometida.

2.1.2. Cubeta de cristal.

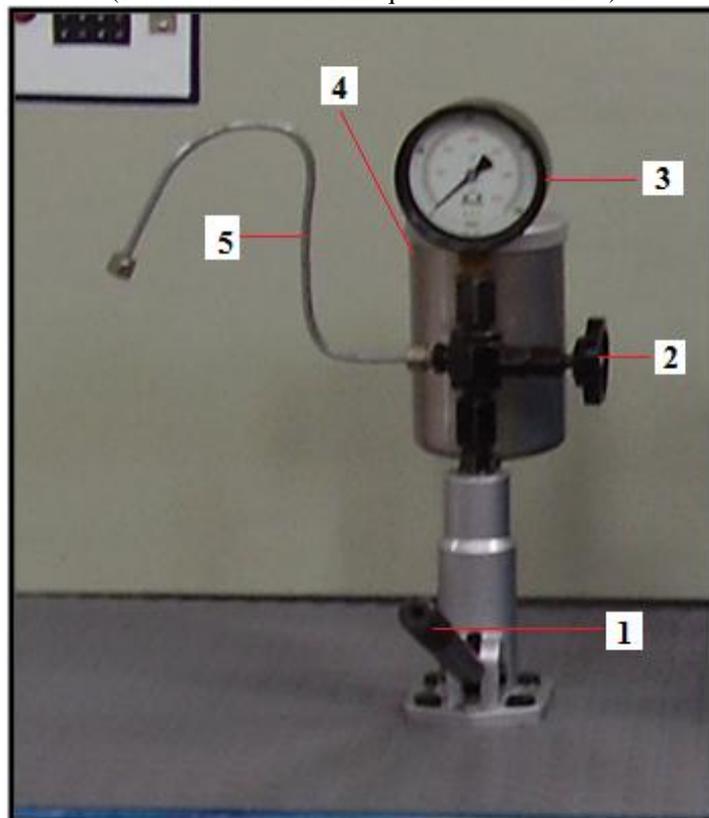
Sirve para recoger y tener una visualización clara del combustible que sale desde el inyector en las diferentes pruebas y comprobaciones a las que será sometido.

2.1.3. Comprobador de inyectores diesel.

El comprobador **figura 2.1**, genera la alta presión para realizar las comprobaciones y verificaciones de los inyectores mecánicos consta de: depósito de combustible (4) el cual almacena el combustible que será bombeado por medio de una palanca manual de accionamiento (1) a una presión muy elevada. Un manómetro (3) indica la presión a que se manda el golpe de palanca, y una cañería de alta presión (5) posee un racor para la unión a él del inyector que se va a someter a la prueba y una válvula de cierre (2) puede desconectar el manómetro del resto del dispositivo.

Antes de realizar una prueba es importante tener en cuenta que la presión a la que es pulverizado el combustible (diesel) una vez accionada la palanca es muy alta y puede causar daños físicos en el operador.

Figura 2.1. Comprobador de inyectores diesel.
(Fuente: Carrasco Palomeque- Medina Pacheco)



2.1.4. Tester.

Es aquel que genera los pulsos eléctricos mediante tiempos programados, para abrir la electroválvula del inyector eléctrico la cual genera la alta presión y permite el paso del combustible, permitiéndonos así realizar las comprobaciones

2.1.5. Probetas.

La probeta o cilindro graduable es un instrumento volumétrico, que permite medir volúmenes. Sirve para contener líquidos.

Está formado por un tubo generalmente transparente de unos centímetros de diámetro, y tiene una graduación (una serie de marcas grabadas) desde 0 ml (hasta el máximo de la probeta) indicando distintos volúmenes. En la parte inferior está cerrado y posee una base que sirve de apoyo, mientras que la superior está abierta (permite introducir el líquido a medir) y suele tener un pico (permite verter el líquido medido).

2.1.6. Porta-probetas.

Aloja a las probetas y facilita la estabilidad del caudal recolectado por las probetas. En la parte posterior de la mesa se dispone de un recolector para que el líquido de ensayo caiga en éste y retorne al tanque de almacenamiento.

2.1.7. Cañerías.

Permiten el fluido del combustible, desde la bomba de inyección hasta cada uno de los inyectores, para este caso deben ser rígidas y evitar deformaciones debido a las altas presiones y temperaturas de funcionamiento.

Además se dispondrán de cañerías flexibles que faciliten el retorno del combustible hacia el depósito.

2.1.8. Motor eléctrico.

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica. Transmitirá el movimiento rotativo mediante poleas y bandas hasta el árbol de levas de la bomba de combustible lineal.

2.1.9. Polea.

La polea sirve para transmitir una fuerza. Se trata de una rueda, generalmente maciza y acanalada en su borde, que, con el curso de una correa o banda que se hace pasar por el canal ("garganta"), se usa como elemento de transmisión para cambiar la dirección del movimiento en máquinas y mecanismos.

2.1.10. Banda.

Una banda o correa, es uno de los más comunes métodos de transmisión de la energía mecánica entre dos sistemas, es una correa de goma, que enlaza un generador de movimiento (motor eléctrico) con un receptor (bomba de inyección lineal).

2.2. Diseño de los componentes.

El diseño de los componentes se basa en cálculos técnicos y matemáticos, los cuales ayudarán a obtener factores como: seguridad, confiabilidad, ergonomía, fiabilidad, economía y funcionalidad de los componentes.

2.2.1. Diseño de la mesa del banco.

La mesa diseñada consta de una estructura metálica, la misma que sirve de soporte para todo el conjunto del banco comprobador de inyectores diesel. Además, consta de una cubierta la misma que sirve de protección de la estructura metálica.

2.2.1.1. Diseño de la estructura de la mesa del banco.

El diseño de la estructura metálica se basa en cálculos matemáticos, los mismos que se realizaron en función de medidas y del peso de todo el conjunto Banco Comprobador de Inyectores.

2.2.1.2. Diseño del porta-probetas.

También se dispone de una caja porta-probetas, que aloja a los elementos de medición de caudal (probetas). En la parte superior de esta caja, se encuentran ubicados los inyectores de prueba.

2.2.1.3. Diseño del soporte para inyectores. (Porta inyectores)

Este aloja a los inyectores que son los encargados de realizar la pulverización del combustible y transportarlo a las probetas las que se encuentran adheridas en el porta-probetas. El porta-inyectores se encuentra ubicado en la parte superior del porta-probetas.

2.2.2. Diseño del depósito de combustible.

El depósito de combustible se lo construirá de metal, dentro de la cual se procederá a soldar una cubierta, de manera que se obtenga un recipiente para el diesel con una capacidad de almacenamiento de 12,5 litros aproximadamente.

2.2.3. Diseño de la cubeta de cristal.

Para ello se tendrá presente que en el interior de ésta se tiene que visualizar las pruebas que se realizan en el inyector como: la prueba de goteo, pulverización, para lo cual se construirá de cristal claro.

2.2.4. Selección del motor eléctrico.

2.2.4.1. Cálculo para obtener la potencia del motor eléctrico.

La selección del motor eléctrico se basó en cálculos matemáticos, los cuales proporcionarán datos reales con los que trabaja una bomba de inyección de combustible diesel, de manera que se pueda obtener la potencia que deberá tener dicho motor para generar el movimiento en la bomba de inyección.

Para el cálculo de la potencia del motor eléctrico, se tomó como referencia, una bomba de inyección de un motor 2 Diesel OM 366LA/EURO I de 6 elementos, de la marca Mercedes Benz. Así en la **tabla 2.1**,¹¹ se puede observar información acerca de la bomba de inyección, que servirá como datos generales para iniciar con el cálculo.

Tabla 2.1. Datos técnicos de la bomba de inyección tipo P.

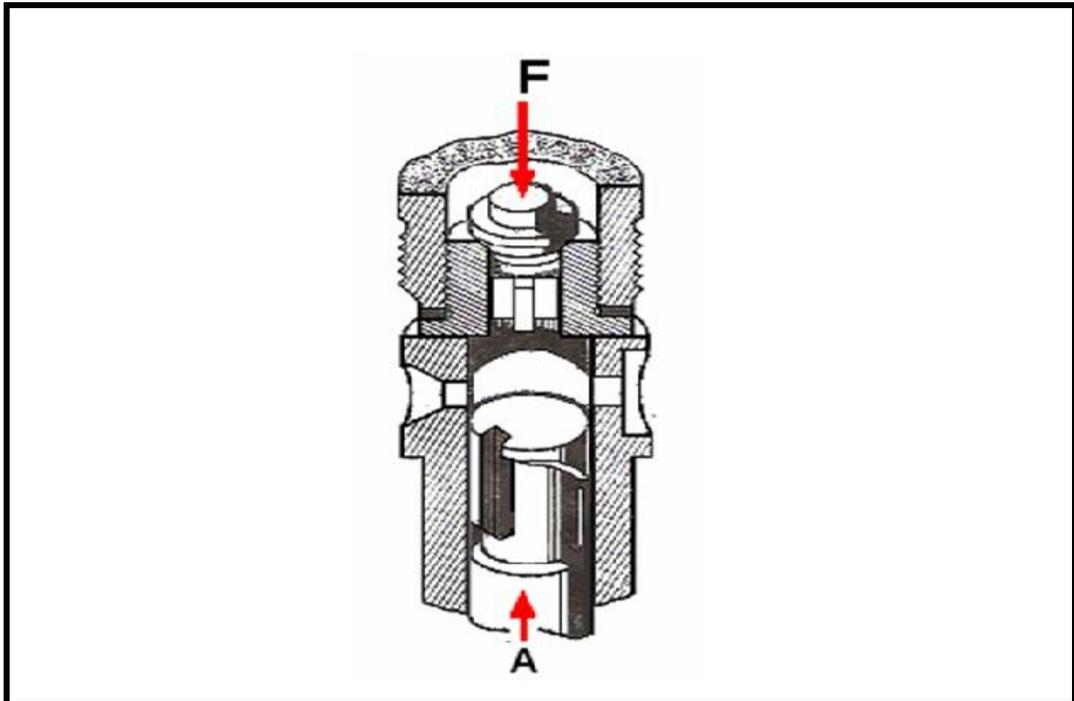
DATOS PARA EL CÁLCULO.	
Tipo de bomba:	PES6P
Velocidad máxima de trabajo:	1500 rpm (con regulador adosado)
Número de elementos:	6
Orden de encendido:	1-5-3-6-2-4
Presión de inyección:	200 bar (2900,47 lb/plg ²)
Diámetro del elemento:	9,5mm (0,37plg)
Tipo de regulador:	RQV (masa: 5 lb. Aprox.)

2.2.4.2. Cálculo de la fuerza (F) ejercida sobre el elemento de bomba de inyección.

El motor eléctrico, debe tener la suficiente potencia para vencer la resistencia de: rozamiento, torque y fuerza que se produce entre el elemento de bombeo, muelle, taqué y leva del eje de levas al momento en el que la bomba dosifica el combustible, razón por la cual es necesario el cálculo de la fuerza (F), que es la que se ejerce en el elemento de la bomba **figura 2.2**.

¹¹ Microficha técnica de la bomba PES6P. Laboratorio Diesel ECUACHILE. Cuenca – Ecuador.

Figura 2.2. Fuerza (F) producida por el elemento de la bomba de inyección.
Fuente: ALONZO PEREZ, José Manuel. Técnicas del automóvil.



Para obtener la fuerza (F), es necesario conocer la presión de inyección la cual será de 200 bares, además, es necesario conocer el diámetro del elemento de bombeo y determinar el área de la parte superior o cabeza aplicando la siguiente ecuación 1:

$$A_o = \frac{\pi * (\phi_{elemento})^2}{4}$$

Ecuación 1.

En donde:

A_o = Área de la parte superior del elemento de bombeo (plg^2)

π (constante de cálculo PI) = 3,1416

ϕ (diámetro del elemento de bombeo) = 0.37 plg

$$A_o = \frac{\pi * (0,37)^2}{4}$$

$$A_o = 0,108 \text{ plg}^2 = 69,667 \text{ mm}^2$$

La fuerza¹² aplicada sobre el elemento será igual a la relación entre el área del elemento y la presión de inyección ecuación 2.

$$P = \frac{F}{A_o} \quad \text{Ecuación 2}$$

En donde:

F = Fuerza ejercida sobre la cabeza del elemento de bombeo (lb.)

P (presión de inyección) = 2900.75 psi

Ao (área del elemento de bombeo) = 0.108 plg² = 69,667mm²

Despejando F de la ecuación 2 se obtiene:

$$\begin{aligned} F &= P * A_o \\ F &= (2900,75lb / plg^2) * (0,108plg^2) \\ F &= 311,89lb = (1387,35N) = \text{Fuerza útil (Fu)} \end{aligned}$$

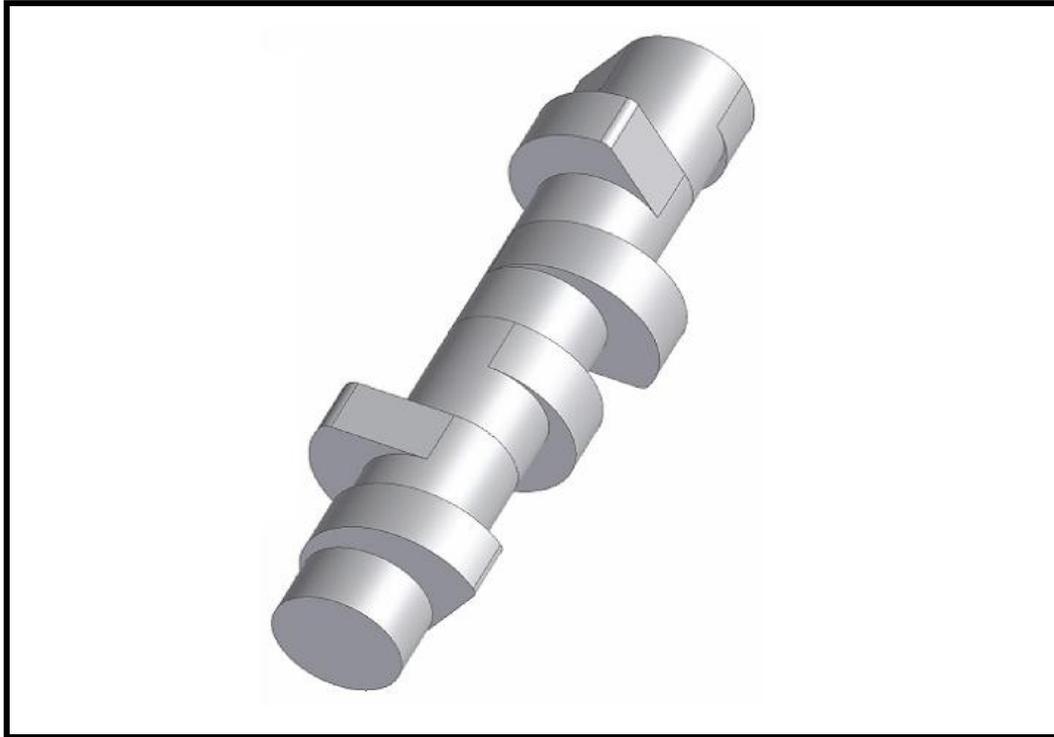
En donde Fu es la fuerza que actúa en la cabeza del elemento de bombeo de la bomba de inyección.

En la **figura 2.3**,¹² se observa el eje de levas con cada leva dispuesta de acuerdo al orden de encendido (1-5-3-6-2-4); cada leva va a estar en diferente posición, por lo tanto el análisis de las fuerzas ejercidas por las levas a sus taqués y luego al elemento de bombeo es obtenido a diferentes ángulos de contacto. Para calcular el torque que va a generarse en el eje de levas, los puntos de contacto han de estar determinados por los grados de desplazamiento de cada leva que va desde los 0 a los 360 grados con rangos de variación entre levas de 60 grados.¹³

¹² BUDYNAS R, NISBETT J, Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley, Octava Edición, México, 2008. McGraw-Hill.

¹³ Autodesk Inventor Profesional 2011, Programa de computadora para dibujo técnico y diseño en 3D.

Figura 2.3. Eje de levas de la bomba de inyección tipo PES6P.
(Fuente: ALONZO PEREZ, José Manuel. Técnicas del automóvil.



2.2.4.3. Cálculo del torque producido por la leva al eje en los diferentes ángulos de empuje.

Para iniciar la inyección de combustible, la leva del eje de levas del cilindro 1 se encuentra en el punto inicial de empuje (0 grados) con respecto a su taqué, la cámara de inyección del cilindro 1 en este momento debe estar llena y la leva se dispone a empujar al elemento de bombeo para iniciar la inyección del combustible, para ello necesita vencer a más de la presión de apertura para la inyección, la resistencia del muelle que mantiene al taqué en contacto con el eje de levas. El recorrido del elemento de bombeo durante la carrera previa de acuerdo al valor teórico¹⁴ es de 3mm, por lo que el muelle ya ensamblado en la bomba de inyección va a sufrir una deformación equivalente al valor de la altura de la leva, es decir igual a la carrera total del elemento de bombeo a plena carga teórico (12,5mm) desde que va del PMI al PMS.

¹⁴Microficha técnica de la bomba PES6P. Laboratorio Diesel ECUACHILE. Cuenca – Ecuador.

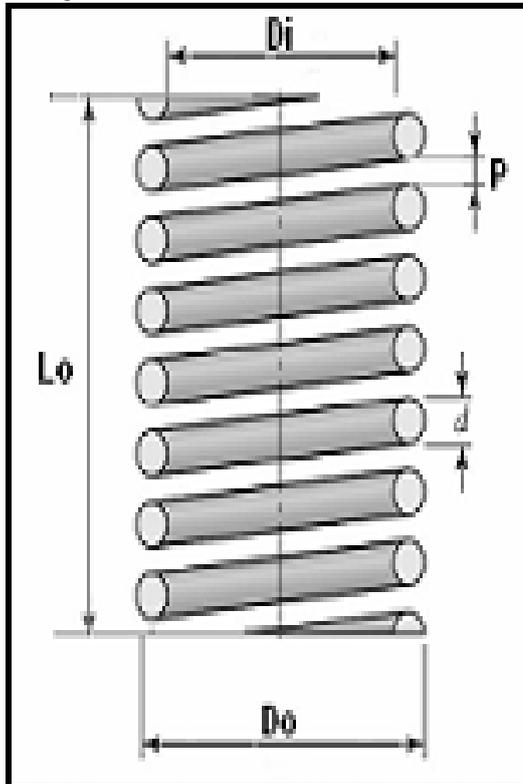
El material con el que están fabricados los muelles es de un acero AISI 6150, que es una aleación de cromo- vanadio. En la **tabla 2.2**,¹⁵ se obtiene datos de los aceros que se emplean en la fabricación de muelles y la aplicación para cada uno.

Tabla 2.2. Aceros al alto carbono y de aleación para resortes.

NOMBRE DEL MATERIAL	ESPECIFICACIONES SIMILARES	DESCRIPCIÓN.
Alambre de piano. 0.80-0.95C	UNS G 10850 AISI 1085 ASTM A228-51	Éste es el mejor, el más tenaz y el más empleado de todos los materiales para fabricar resortes pequeños. Presenta la mayor resistencia a la tensión y puede soportar mayores esfuerzos ante cargas repetidas que cualquier otro material para resorte. Disponible en diámetros de 0,12 a 3 mm (0,0005 a 0,125 pulg). No se emplea a temperaturas mayores a 120 ⁰ C (250 ⁰ F), o temperaturas bajo cero. Módulo de Rigidez: 80 a 82,7 (Gpa)
Alambre templado en aceite. 0.60-0.70C	UNS G 10650 AISI 1065 ASTM 229-41	Éste es un acero para resortes de uso general que se emplea para elaborar muchos tipo de resortes de espiras, cuando el costo del alambre de piano resulta prohibitivo y se necesitan en tamaños más grandes que el alambre de piano disponible. No adecuado para cargas de choque impacto. Disponible en diámetros de 3 a 12 mm (0.125 a 0.5 pulg), pero se consigue con tamaños mayores o menores. No se emplee a más de 180 ⁰ C (350 ⁰ F), o temperaturas bajo cero. Módulo de Rigidez: 77,2 (Gpa)
Alambre estirado duro. 0.60-0.70C	UNS G 10660 AISI 1066 ASTM A227-47	Este acero se usa para fabricar resortes de uso general más barato y se debe utilizar sólo donde la duración, la exactitud y deflexión no sean muy importantes. Disponible en diámetros de 0.8 a 12 mm (0.031 a 0.5pulg). No se emplee a más de 120 ⁰ C (250 ⁰ F), o temperaturas bajo cero. Módulo de Rigidez: 78,6 a 80,7 (Gpa)
Como vanadio	UNS G61 1500 AISI 6150 ASTM 231-41	Ésta es la aleación más popular de acero para construir resortes en condiciones que implican esfuerzos mayores que los que se pueden emplear con los aceros de alto carbono y para usarla cuando son necesarias resistencia a la fatiga y alta durabilidad. También sirve para cargas de choque o impacto. Se utiliza ampliamente para fabricar resortes de válvulas de motores de aviones y para temperaturas de hasta 220 ⁰ C (425 ⁰ F). Disponible en recocido con tamaños de 0.8 a 12 mm (0.031 a 0.5pulg) de diámetro. Módulo de Rigidez: 77,2 (Gpa)
Cromo silicio	UNS G92540 AISI 9254	Esta aleación constituye un material excelente para fabricar resortes sometidos a esfuerzos elevados y cargas de impacto que requieren larga vida. Las durezas Rockwell de C50 a C53 son muy comunes y el material se utiliza hasta temperaturas de 250 ⁰ C (475 ⁰ F). Disponible en 0.8 a 12mm (0.031 a 0.5pulg) de diámetro. Módulo de Rigidez: 77,2 (Gpa)

Asimismo, se cuenta con otros datos de los muelles **figura 2.4**, que van a permitir determinar la fuerza de oposición que estos presentan a la leva durante su empuje. Las medidas que se tienen en los muelles de la bomba de inyección PES6P son:¹⁶

Figura 2.4. Cotas de un muelle helicoidal.



d (Diámetro del alambre) = 4mm
 L_o (Longitud libre) = 53mm
 N_a (Número de espiras) = 7
 P (Paso de espiras) = 4,25mm
 D_o (Diámetro exterior de la espira) = 28,5mm
 D_i (Diámetro interior de la espira) = 20,4mm
 D (Diámetro medio) = $D_o - d = 24,5$ mm
 L_e (Longitud ensamblada) = 48 mm
 L_t (Longitud de trabajo) = 40,75mm

El número total de espiras (N_t) podría o no contribuir de manera activa a la deflexión del resorte, dependiendo del tratamiento dado en los extremos, se determinará el número de espiras activas (N_a). En este caso los extremos de las espiras son rectificadas a escuadra y perpendiculares al eje del resorte **figura 2.5**,¹⁷ por lo tanto de la **tabla 2.3**,¹⁸ se obtiene la siguiente ecuación3:

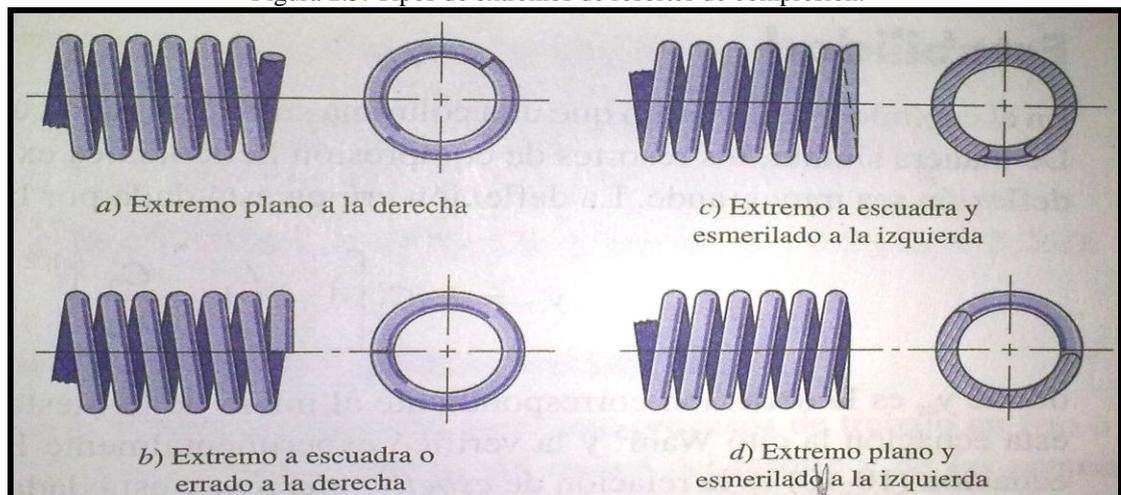
$$N_t = N_a + 2$$

Ecuación 3

¹⁵ BUDYNAS R, NISBETT J, Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley, Octava Edición, México, 2008. McGraw-Hill.

¹⁶ Microficha técnica de la bomba PES6P. Laboratorio Diesel ECUACHILE. Cuenca – Ecuador.

Figura 2.5. Tipos de extremos de resortes de compresión.

Tabla 2.3. Fórmulas para calcular las dimensiones de resortes de compresión.¹⁷

Término	Tipo de extremos de resortes			
	Plano	Plano y esmerilado	A escuadra y cerrado	A escuadra y esmerilado
Espiras de extremo, N_e	0	1	2	2
Espiras totales, N_t	N_a	$N_a + 1$	$N_a + 2$	$N_a + 2$
Longitud libre, l_0	$pN_a + d$	$p(N_a + 1)$	$pN_a + 3d$	$pN_a + 2d$
Longitud sólida, L_s	$d(N_t + 1)$	dN_t	$d(N_t + 1)$	dN_t
Paso, p	$(l_0 - d)/N_a$	$l_0/(N_a + 1)$	$(l_0 - 3d)/N_a$	$(l_0 - 2d)/N_a$

Remplazando los valores en la ecuación 3 se tiene:

$$\begin{aligned} N_t &= 7 + 2 \\ N_t &= 9 \end{aligned}$$

Con el valor de la longitud que tiene el muelle cuando está ensamblado en la bomba de inyección, se tiene como dato la deflexión producida por una fuerza de precarga que va a permitir que el taqué se mantenga en contacto con el eje de levas en todo momento.

Esta deflexión inicial se obtiene de la ecuación 4:

^{17, 18} BUDYNAS R, NISBETT J, Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley, Octava Edición, México, 2008. McGraw-Hill.

$$y_i = L_o - L_e$$

Ecuación 4

En donde:

y_i = Deflexión inicial

L_o = Longitud libre

L_e = Longitud ensamblada

$$\begin{aligned} y_i &= L_o - L_e \\ y_i &= 53mm - 48mm \\ y_i &= 5mm = 0,005m \end{aligned}$$

Para establecer la fuerza de precarga ($F_{mín}$), necesaria de montaje en el muelle se aplica la siguiente ecuación 5:

$$y_i = \frac{8 * F_{min} * D^3 * N_a}{d^4 * G}$$

Ecuación 5

En donde:

y_i = Deflexión inicial del resorte

$F_{mín}$ = Fuerza axial aplicada de precarga

D = Diámetro medio del resorte

N_a = Número de espiras activas

d = Diámetro del alambre

G = Módulo de rigidez (tabla 2.2)

Despejando $F_{mín}$, de la ecuación 5 se obtiene:

$$F_{min} = \frac{y_i * d^4 * G}{8 * D^3 * N_a}$$

Ecuación 6

$$F_{\min} = \frac{(0,005m) * (0,004m)^4 * (7,72^{10} N / m^2)}{8 * (0,0245m)^3 * 7}$$

$$F_{\min} = 119,98N = (26,97 \text{ lb})$$

Por lo tanto, la fuerza de precarga con la que el muelle trabaja en la bomba de inyección (PES6P) es de 119,98N. Que para efectos de cálculo se representará como F_{\min} .

Con la longitud de la carrera total (y_t) del elemento de bombeo, se tiene la deflexión que va a sufrir el muelle, comprimiéndose el mismo (7,25 mm) más, y para estipular la fuerza que se requiere realizar sobre el muelle para comprimirlo durante el accionamiento de la leva sobre el taqué es necesario aplicar la ecuación 7:

$$y_t = \frac{8 * F_{\max} * D^3 * N_a}{d^4 * G}$$

Ecuación 7

En donde:

y_t = Deflexión total del resorte

F_{\max} = Fuerza axial aplicada

D = Diámetro medio del resorte

N_a = Número de espiras activas

d = Diámetro del alambre

G = Módulo de rigidez (tabla 2.2, pág. 11-12)

Despejando la fuerza axial aplicada (F_{\max})¹⁹ de la ecuación 7 se obtiene:

$$F_{\max} = \frac{y_t * d^4 * G}{8 * D^3 * N_a}$$

Ecuación 8

La deflexión total del resorte se puede determinar de la siguiente ecuación 9:

$$y_t = y_i + (L_e - L_t)$$

Ecuación 9

En donde:

y_t = Deflexión total del resorte

y_i = Deflexión inicial del resorte

L_e = Longitud ensamblada del resorte

L_t = Longitud de trabajo del resorte

$$\begin{aligned} y_t &= 5mm + (48mm - 40,75mm) \\ y_t &= 12,25mm = (0,012m) \end{aligned}$$

Sustituyendo los valores conocidos en la ecuación 8 se tiene:

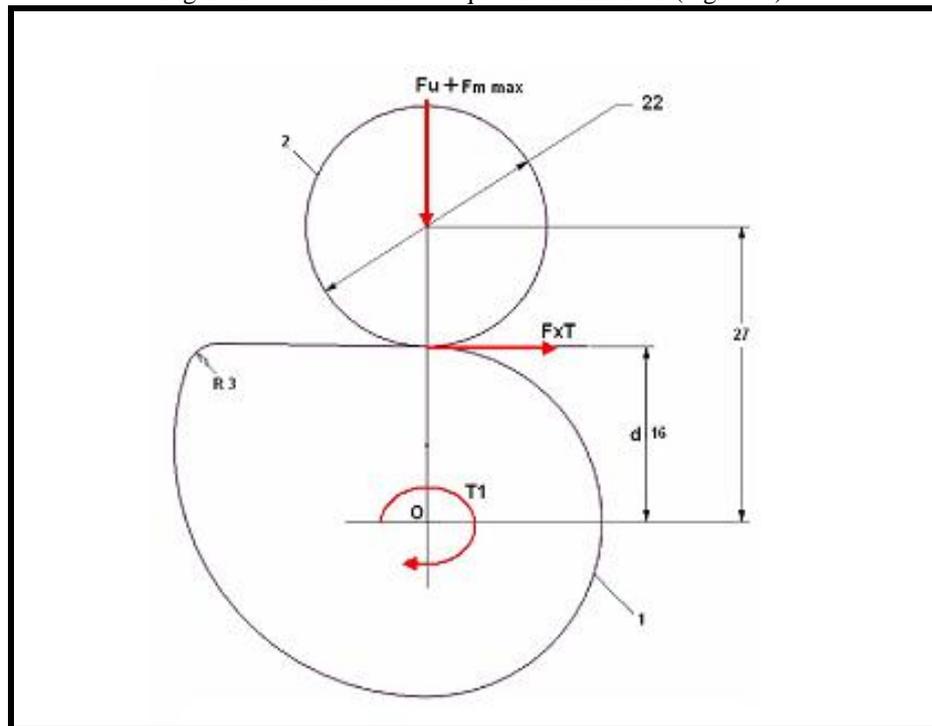
$$\begin{aligned} F_{\max} &= \frac{(0,012m) * (0,004m)^4 * (7,72^{10} N / m^2)}{8 * (0,0245m)^3 * (7)} \\ F_{\max} &= 287,97N = (64,73lb) \end{aligned}$$

Consecuentemente se tiene que la fuerza que la leva necesita para comprimir el muelle del elemento de bombeo durante el trabajo a plena carga es de 287,97 N. Esta fuerza será representada como F_m máx., por efectos de cálculo.

En la **figura 2.6**,²⁰ se representa la leva (1) del eje de levas del cilindro 1 de la bomba de inyección tipo PES6P a los 0 grados, las levas del eje tienen forma asimétrica, las medidas corresponden al eje de levas de dicha bomba que el cálculo fue desmontada; el taqué (2) está en contacto con el eje de levas gracias a la acción del muelle, por esta razón en esta posición el torque que debe generar el motor para iniciar la inyección de combustible debe ser capaz de vencer la presión de apertura de inyección y la resistencia del muelle.

¹⁹ BUDYNAS R, NISBETT J, Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley, Octava Edición, México, 2008. McGraw-Hill.

Figura 2.6. Contacto leva-taqué en el cilindro 1 (0 grados).



En el punto de contacto entre el taqué y la leva, se va a presentar un rozamiento que es igual al producto de la fuerza que en él actúa por el coeficiente de fricción existente entre los materiales en contacto. En la **Tabla 2.4**, se tiene los coeficientes de fricción para estos elementos según su material que es acero con acero en aceite.

Tabla 2.4. Coeficientes de fricción.

(Fuente: BUDYNAS R, NISBETT J, Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley, Octava Edición, México, 2008. McGraw-Hill)

Material 1	Material 2			
	Acero	Bronce	Latón	Hierro
Fundido				
Acero, seco	0.15-0.25	0.15-0.23	0.15-0.19	0.15-0.25
Acero, aceite				
para máquina	0.11-0.17	0.10-0.16	0.10-0.15	0.11-0.27
Bronce	0.080-0.12	0.040-0.06	-	0.06-0.09

²⁰ Autodesk Inventor Profesional 2011, Programa de computadora para dibujo técnico y diseño en 3D.

La fuerza total ecuación 10, que actúa en el punto de contacto entre la leva y el taqué, es igual a la suma de la fuerza útil y la fuerza necesaria para comprimir el muelle durante la carrera total del elemento de bombeo:

$$F_{xT_1} = (F_u + F_{m \max}) * \mu \quad \text{Ecuación 10}$$

En donde:

F_{xT_1} = Fuerza que va a producir el torque (N)

F_u (fuerza producida por la presión de inyección) = 1387.35 N

$F_{m \text{ (máx.)}}$ (fuerza para comprimir el muelle del elemento de bombeo) = 287.97 N

μ (Coeficiente de fricción acero con acero en aceite) = 0,15

$$\begin{aligned} F_{xT_1} &= (1387,35N + 287,97N) * (0,15) \\ F_{xT_1} &= 251,29N(56,49lb) \end{aligned}$$

El torque T1 que se produce en el eje de levas representado en la **figura 2.6**, viene dado por la ecuación 11:

$$\begin{aligned} T &= F * d \\ T1 &= F_{xT_1} * d \end{aligned} \quad \text{Ecuación 11}$$

En donde:

T = Torque (T1)

F (Fuerza F_{xT_1}) = 228,68 N

d (distancia d) = 0,016 m

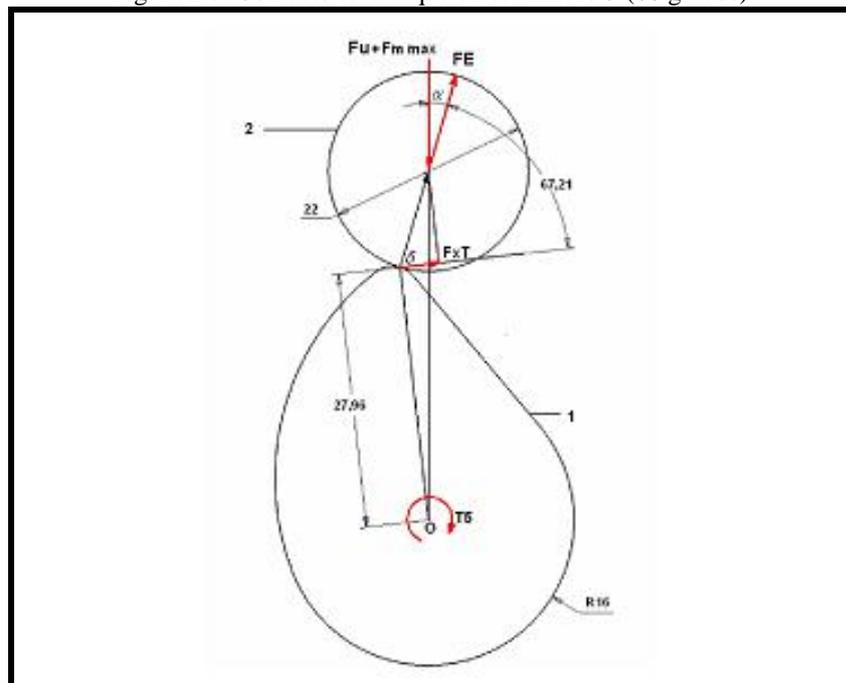
$$\begin{aligned} T1 &= (251,29N) * (0,016m) \\ T1 &= 4,02N.m = (35,53lb.p\ lg) \end{aligned}$$

Como se pudo constatar de esta manera se obtiene el torque uno (T_1), que se produce debido al contacto de los elementos (leva-taqué-muelle) que actúan en el cilindro 1, el valor de dicho torque es de 4,02 N-m.

El torque necesario para accionar los elementos de los otros cilindros de la bomba de inyección va a depender de la posición en la que se halla ubicada cada una de las levas.

En este caso cada leva se encuentra desplazada a 60 grados una respecto a la otra, de acuerdo al orden de encendido (1-5-3-6-2-4). En la **figura 2.7**,²¹ se observa la posición de la leva del cilindro 5, desplazada a 60 grados con respecto a la leva del cilindro 1.

Figura 2.7. Contacto leva-taqué en el cilindro 5 (60 grados).



En esta posición, existe un ángulo de presión (α) formado entre la fuerza útil y la fuerza necesaria para levantar al taqué, al muelle y al elemento de bombeo, que se la ha denominado fuerza de empuje (F_E). El cálculo de dicha fuerza está en función de la fuerza útil (F_u), de la fuerza que se necesita para comprimir al muelle ($F_m \text{ máx.}$) y del valor del ángulo de presión, aplicando la ecuación 12 se tiene:

²¹ Autodesk Inventor Profesional 2011, Programa de computadora para dibujo técnico y diseño en 3D.

$$\boxed{\cos\alpha = \frac{Fu + Fm \max}{FE}} \quad \text{Ecuación 12}$$

En donde:

FE = Fuerza de empuje

α = Ángulo de presión

Fu (fuerza útil producida por la presión de inyección) = 1387.35 N

Fm máx. (fuerza requerida para comprimir al muelle del elemento) = 287.97 N

Por construcción (**Figura 2.7**) se obtiene:

$$\boxed{\begin{aligned} \alpha &= 16,24^\circ \\ \delta &= 67,21^\circ \\ d &= 0,027m \end{aligned}}$$

Despejando FE de la ecuación 12 se obtiene:

$$\boxed{\begin{aligned} FE &= \frac{Fu + Fm \max}{\cos\alpha} \\ FE &= \frac{1387,35N + 287,97N}{\cos 16,24} \\ FE &= 1744,94N = (392,27lb) \end{aligned}}$$

Cálculo de Fx_5 ecuación 13: (fuerza que producirá el torque y que se forma de la fuerza perpendicular al eje de giro de la leva 5)

$$\boxed{\cos\delta = \frac{Fx_5}{FE}} \quad \text{Ecuación 13}$$

Despejando la ecuación 13:

$$\begin{aligned} Fx_5 &= \text{Cos}\delta * FE \\ Fx_5 &= 1744,94N * \text{Cos}\delta.FE \\ Fx_5 &= 675,91N = 151,95lb \end{aligned}$$

Considerando el coeficiente de rozamiento (μ) en el punto de contacto se tiene la ecuación 14:

$$FxT_5 = Fx_5 * \mu \quad \text{Ecuación 14}$$

En donde:

FxT_5 = Fuerza final que actúa perpendicular al eje de levas en el elemento 5

Fx_5 (fuerza que actúa perpendicular la eje de levas en el elemento) = 675.91

N

μ = Coeficiente de rozamiento (acero con acero en aceite. **Figura 2.7**)

$$\begin{aligned} FxT_5 &= (675,91N) * (0,15) \\ FxT_5 &= 101,38N = (22,79lb) \end{aligned}$$

2.2.4.4. Cálculo del torque T5 producido en el cilindro del elemento 5.

Aplicando la ecuación 15 se determinamos el torque T5:²²

$$T5 = T * d \quad \text{Ecuación 14}$$

En donde:

$$T = FxT_5$$

²² SINGER, Resistencia de materiales, Harla, cuarta edición.

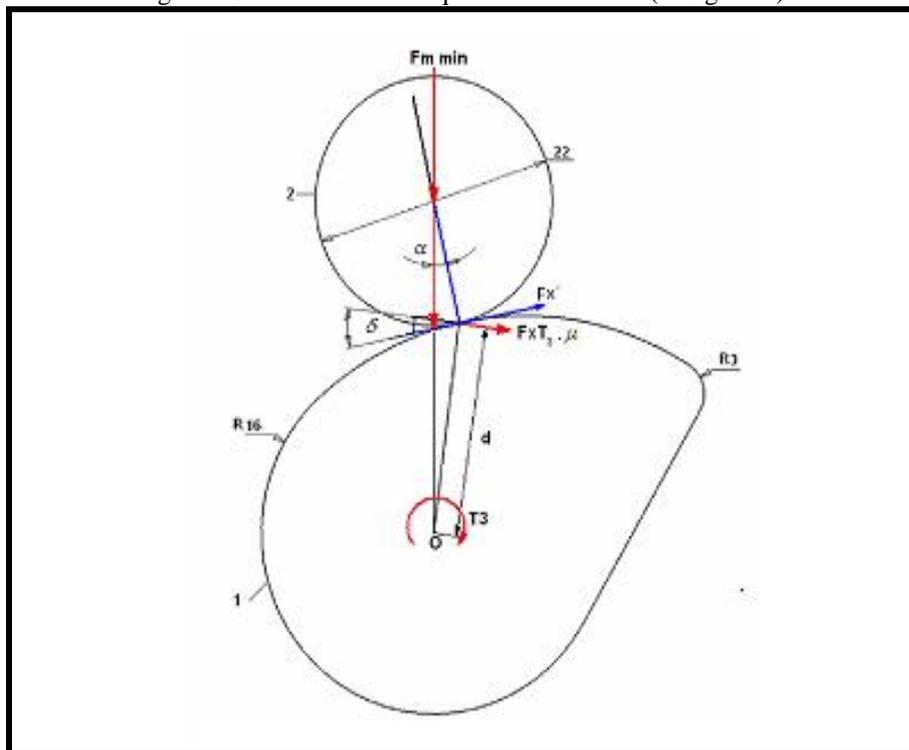
$$T5 = (101,38N) * (0,027m)$$

$$T5 = 2,73N.m = (24,19lb.p\ lg)$$

Por lo tanto, el torque que se produce en el cilindro del elemento de bombeo 5 es de 2,73N.m.

El siguiente elemento de bombeo que se analizará de acuerdo al orden de encendido es el número 3, cuya leva se encuentra desplazada a 120 grados respecto a la leva del elemento de bombeo del cilindro 1. En la **figura 2.8**,²³ se observa la posición en la que se encuentran los elementos del cilindro 3. En esta posición la leva (1) está descendiendo y recibe la fuerza del muelle que se está expandiendo y empujando al taqué (2), en este momento no actúa la fuerza útil (Fu) producto de la presión de inyección debido a que no hay inyección de combustible en el inyector del cilindro 3.

Figura 2.8. Contacto leva-taqué en el cilindro 3 (120 grados).



²³ Autodesk Inventor Profesional 2011, Programa de computadora para dibujo técnico y diseño en 3D.

Así, se tiene que la fuerza que produce rozamiento y torque en los elementos de la bomba de inyección que corresponden al cilindro 3, es la de precarga ($F_{m \text{ min.}}$) con la que trabaja el muelle del elemento de bombeo del mencionado cilindro.

2.2.4.5. Cálculo de la fuerza ($F_{x'}$).

La fuerza $F_{x'}$ es el resultado de la descomposición vectorial de la fuerza de precarga ($F_{m \text{ mín.}}$) del muelle, en donde interviene el ángulo de presión (α). Por construcción **figura 2.8** se tiene:

$$\begin{aligned} \alpha &= 12,22^\circ \\ \delta &= 19,38^\circ \\ d &= 0,018m \end{aligned}$$

Aplicando la siguiente ecuación 15 se obtiene:

$$\text{Sen } \alpha = \frac{F_x}{F_{m \text{ min}}} \quad \text{Ecuación 15}$$

En donde:

$F_{x'}$ = Componente vectorial de la fuerza de precarga ($F_{m \text{ min}}$) del muelle

α (ángulo de presión) = 12.22

$F_{m \text{ min}}$ (Fuerza de precarga con la que actúa el muelle del elemento) = 119.98 N

Despejando la ecuación 15:

$$\begin{aligned} F_{x'} &= (F_{m \text{ min}}) * (\text{Sen } \alpha) \\ F_{x'} &= (119,98N) * (\text{Sen}12,22) \\ F_{x'} &= 25,39N = (5,71lb) \end{aligned}$$

2.2.4.6. Cálculo del torque T3 producido en el cilindro del elemento 3.

Para determinar el torque que efectúa el eje de levas en este cilindro, es necesario calcular la fuerza (F_{x3}) ecuación 16, que actúa en el punto de contacto entre el taqué y la leva, y es perpendicular al eje de giro de la leva del cilindro 3. Así:

$$\boxed{\cos\delta = \frac{F_{x_3}}{F_{x'}}} \quad \text{Ecuación 16}$$

En donde:

F_{x3} = Fuerza perpendicular al eje de giro de la leva

δ (Ángulo de contacto) = 19.38

$F_{x'}$ (componente vectorial de la fuerza de precarga del muelle) = 25.39 N

Despejando F_{x3} la ecuación 16:

$$\begin{aligned} F_{x_3} &= (F_{x'}) * (\cos\delta) \\ F_{x_3} &= (25,39N) * (\cos 19,38) \\ F_{x_3} &= 23,95N = (5,38lb) \end{aligned}$$

Considerando el coeficiente de rozamiento (μ), se obtiene el valor de la fuerza (F_{xT_3}) que finalmente es la que producirá un torque (T3) en el eje de levas. Así, aplicando la ecuación 17 para el elemento 3 se tiene:

$$\boxed{F_{xT_3} = F_{x_3} * \mu} \quad \text{Ecuación 17}$$

En donde:

F_{xT_3} = Fuerza final que actúa perpendicular al eje de levas

F_{x3} (fuerza que actúa perpendicular la eje de levas) = 25.95 N

μ (coeficiente de rozamiento) = 0.15 (acero con acero en aceite. Figura 2.8)

$$FxT_3 = (25,95) * (0,15)$$

$$FxT_3 = 3,59N = (0,81lb)$$

Aplicando la ecuación 18 determinamos el torque T3:²³

$$T3 = T * d \quad \text{Ecuación 18}$$

En donde:

$$T = FxT_3$$

$$T3 = (3,59N) * (0,018m)$$

$$T3 = 0,065N.m = (0,57lb.p\lg)$$

Por lo tanto, el torque que se produce en el cilindro del elemento de bombeo 3 es de 0,065N.m.

Ahora, el elemento de bombeo a ser analizado de acuerdo al orden de encendido es el número 6. En la **figura 2.9**,²⁴ se observa la disposición de la leva (1) y de su taqué (2) del elemento 6, esta leva se encuentra desplazada a 180 grados con respecto a la leva del cilindro 1. El muelle del elemento de bombeo 6 actúa empujando al taqué contra la leva, la fuerza de empuje corresponde a la de precarga (Fm mín.) y la presión de inyección es nula, por lo tanto no existe una fuerza útil producto de la inyección de combustible.

$$T = T * d$$

$$T = FxT_2 * d$$

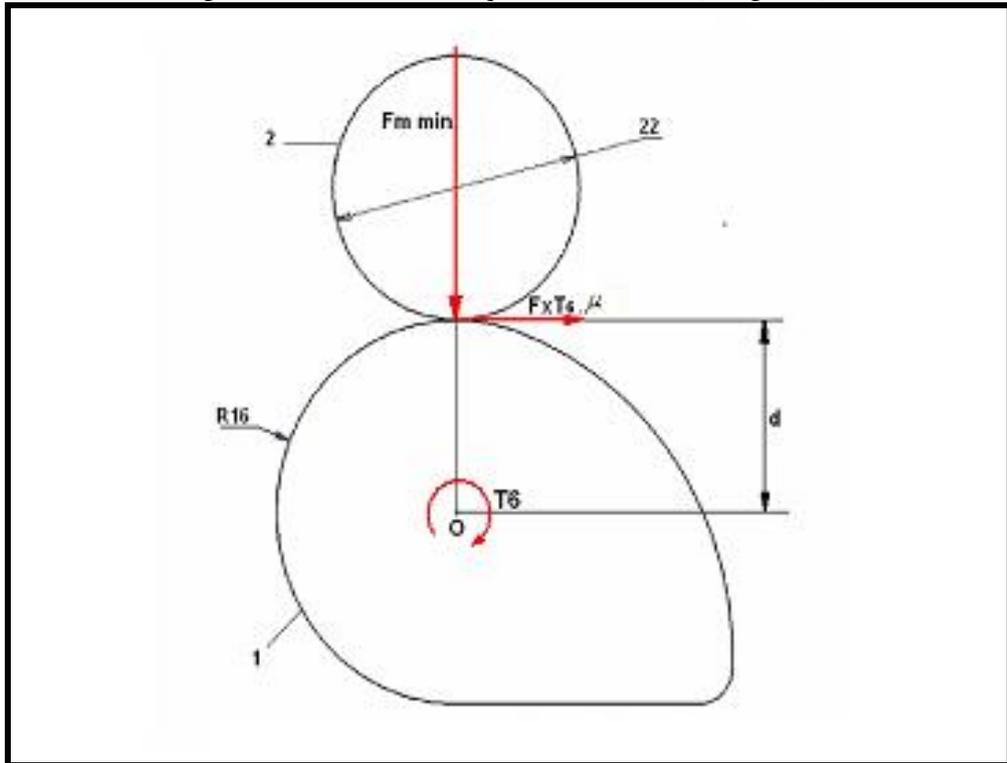
$$T = (17,99N) * (0,016m)$$

$$T = 0,28N.m = (2,52lb.p\lg)$$

²³ SINGER, Resistencia de materiales, Harla, cuarta edición.

²⁴ Autodesk Inventor Profesional 2011, Programa de computadora para dibujo técnico y diseño en 3D.

Figura 2.9. Contacto leva-taqué en el cilindro 6 (180 grados).



2.2.4.7. Cálculo de la fuerza (FxT_6):

Para calcular la fuerza (FxT_6) perpendicular al eje de giro de la leva (1) y determinar el torque que ésta producirá, se debe tomar en cuenta el coeficiente de rozamiento (μ) y la fuerza de pre carga del muelle que actúa sobre el taqué ($Fm \text{ min.}$). Aplicando la siguiente ecuación 19 se tiene:

$$FxT_6 = (Fm \text{ min}) * (\mu)$$

Ecuación 19

En donde:

FxT_6 = Fuerza final que actúa perpendicular al eje de levas

$Fm \text{ min}$ (Fuerza de pre carga del muelle del elemento de bombeo) = 119.98 N

μ (coeficiente de fricción) = 0.15

$$\begin{aligned} FxT_6 &= (119,98N)(0,15) \\ FxT_6 &= 17,99N = (4,04lb) \end{aligned}$$

2.2.4.8. Cálculo del torque T6 producido en el cilindro del elemento 6.

Por construcción **figura 2.9** se tiene:

$$\begin{array}{l} \alpha = 0^0 \\ \delta = 0^0 \\ d = 0,016m \end{array}$$

En este caso al no existir un ángulo de contacto, el torque²⁵ en la leva del cilindro 6 será producido directamente por la fuerza (FxT_6) perpendicular al eje de giro de la leva, y aplicando la ecuación 20 para la leva del cilindro 6 se tiene:

$$T_6 = T * d$$

Ecuación 20

En donde:

T_6 = torque en el elemento 6 (N-m)

FxT_6 (Fuerza final que actúa perpendicular al eje de levas) = 17.99 N

d (distancia) = 0.016 plg

$$\begin{array}{l} T_6 = FxT_6 * d \\ T_6 = (17,99N) * (0,016m) \\ T_6 = 0,28N.m = (2,54lb.p\ lg) \end{array}$$

Por lo tanto, el torque que se produce en el cilindro del elemento de bombeo 6 es de 0,28N.m.

En la **figura 2.9**, se representa a los elementos del cilindro 2 de la bomba de inyección PES6A, en donde la leva se encuentra desplazada a 240 grados con respecto a la posición de la leva del cilindro 1. En este momento, el muelle del

elemento de bombeo se encuentra actuando con su fuerza de precarga sobre el taqué empujándolo contra su leva; la presión de inyección es nula, por lo tanto no existe una fuerza útil (F_u) producida por la inyección.

2.2.4.9. Cálculo de la fuerza F_{xT_2} :

Esta posición **figura 2.10**,²⁵ es similar a la representada en la **figura 2.9**, es decir que para determinar el valor la fuerza perpendicular (F_{xT_2}) al eje de giro de la leva del cilindro 2, únicamente interviene la fuerza de precarga ($F_{m \text{ mín.}}$) del muelle del correspondiente elemento de bombeo y el coeficiente de rozamiento (μ). Por lo tanto, aplicando la ecuación 21 para el cilindro 2 de la bomba de inyección se tiene:

$$F_{xT_2} = (F_{m \text{ mín.}}) * (\mu) \quad \text{Ecuación 21}$$

En donde:

F_{xT_2} = Fuerza final que actúa perpendicular al eje de levas en el elemento 2.

$F_{m \text{ mín.}}$ = Fuerza de precarga del muelle del elemento de bombeo

μ = Coeficiente de fricción (**Figura 2.10**)

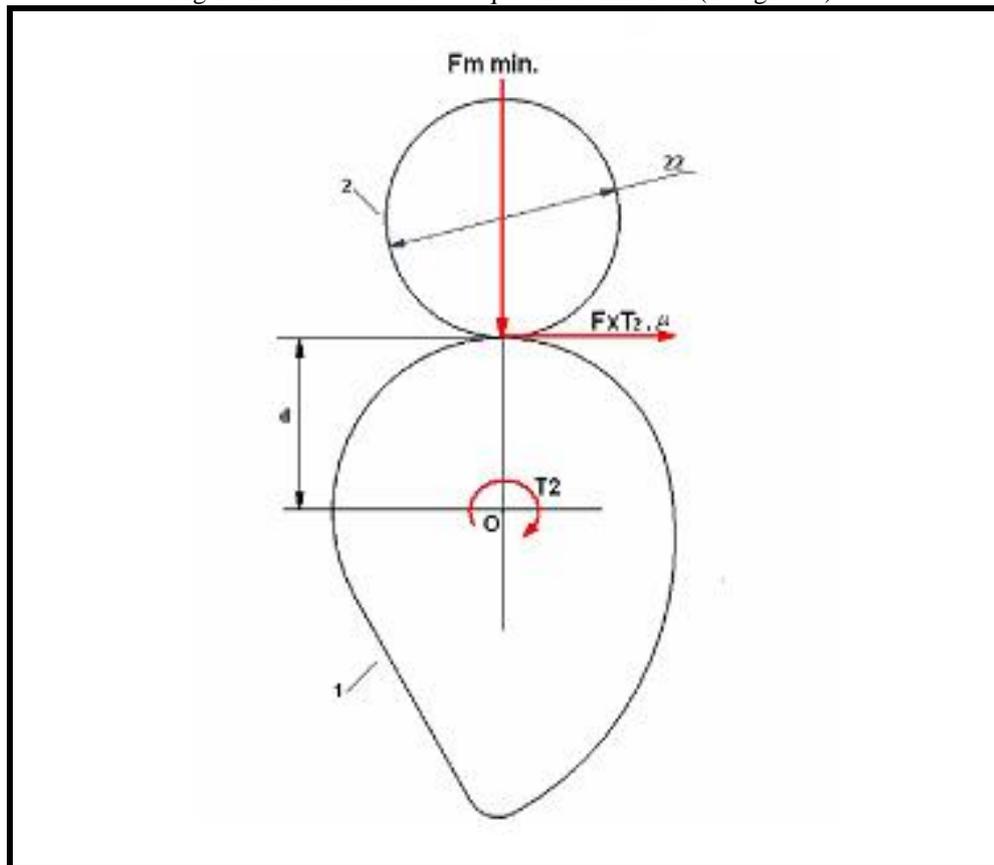
$$F_{xT_2} = (119,98) * (0,15)$$

$$F_{xT_2} = 17,99N = (4,04lb)$$

²⁵ BUDYNAS R, NISBETT J, Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley, Octava Edición, México, 2008. McGraw-Hill.

²⁶ Autodesk Inventor Profesional 2011, Programa de computadora para dibujo técnico y diseño en 3D.

Figura 2.10. Contacto leva-taqué en el cilindro 2 (240 grados).



Por construcción (**Figura 2.10**) se tiene:

$$\begin{aligned} \alpha &= 0^{\circ} \\ \delta &= 0^{\circ} \\ d &= 0,016m \end{aligned}$$

2.2.4.10. Cálculo del torque T2 producido en el cilindro del elemento 2.

De igual manera que en el caso del cilindro 6, no existe un ángulo de contacto entre los elementos del cilindro 2, la fuerza (F_{xT_2}) producirá directamente un torque sobre el eje de levas y aplicando la siguiente ecuación para los elementos de este cilindro se obtiene:

$$\begin{aligned}
 T_2 &= T \cdot d \\
 T_2 &= F_x T_2 \cdot d \\
 T_2 &= (17,99 \text{ N}) \cdot (0,016 \text{ m}) \\
 T_2 &= 0,28 \text{ N} \cdot \text{m} = (2,54 \text{ lb} \cdot \text{p} \cdot \text{lg})
 \end{aligned}$$

Por lo tanto, el torque que se produce en el cilindro del elemento de bombeo 2 es de 0,28N.m.

Finalmente, de acuerdo al orden de encendido, el siguiente elemento de bombeo a ser analizado es el número 4. La leva de este cilindro, se encuentra desplazada a 300 grados con respecto a la leva del cilindro 1, con la cual se cerraría el ciclo de trabajo de 360 grados. En esta posición **figura 2.10**, los elementos del cilindro 4, se encuentran dispuestos de forma que no existe ningún ángulo de contacto y la presión de inyección en este momento es nula; es decir que los cálculos que deben realizarse son similares a los de los elementos de los cilindros 2 y 6.

2.2.4.11. Cálculo de la fuerza $F_x T_4$:

De acuerdo a la **figura 2.11**, se tiene que la fuerza que empuja al taqué (2) contra la leva (1), es la de precarga ($F_m \text{ mín}$) del muelle del elemento de bombeo; consecuentemente la fuerza ($F_x T_4$) que actúa perpendicular al eje de giro de la leva del cilindro 4 resulta del producto de la fuerza de precarga ($F_m \text{ min}$) y del coeficiente de fricción (μ).

Por lo tanto, aplicando la ecuación 22 para el cilindro 4, se obtiene:

$$F_x T_4 = (F_m \text{ min}) \cdot (\mu) \quad \text{Ecuación 22}$$

En donde:

$F_x T_4$ = Fuerza final que actúa perpendicular al eje de levas en el elemento 4

$F_m \text{ min}$ (Fuerza de precarga del muelle del elemento de bombeo) = 119.98 N

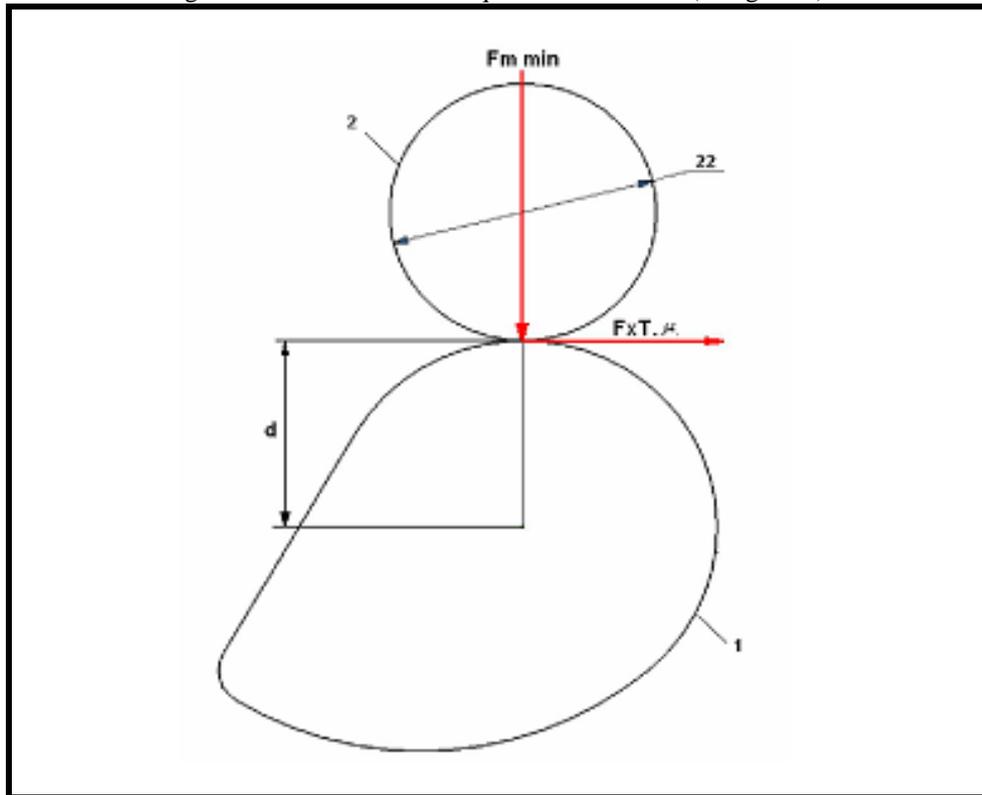
μ (coeficiente de fricción) = 0.15

$$F_{xT_4} = (119,98N)(0,15)$$

$$F_{xT_4} = 17,99N = (4,04lb)$$

2.2.4.12. Cálculo del torque T4 producido en el cilindro del elemento 4.

Figura 2.11. Contacto leva-taqué en el cilindro 4 (300 grados).



Por construcción²⁷ **Figura 2.11** se tiene:

$$\alpha = 0^{\circ}$$

$$\delta = 0^{\circ}$$

$$d = 0,016m$$

La fuerza (F_{xT_4}) producirá directamente un torque sobre el eje de levas del cilindro 4 y aplicando la ecuación 5 para este cilindro se obtiene:

$$T_4 = T \cdot d$$

$$T_4 = F \cdot T_4 \cdot d$$

$$T_4 = (17,99N) \cdot (0,016m)$$

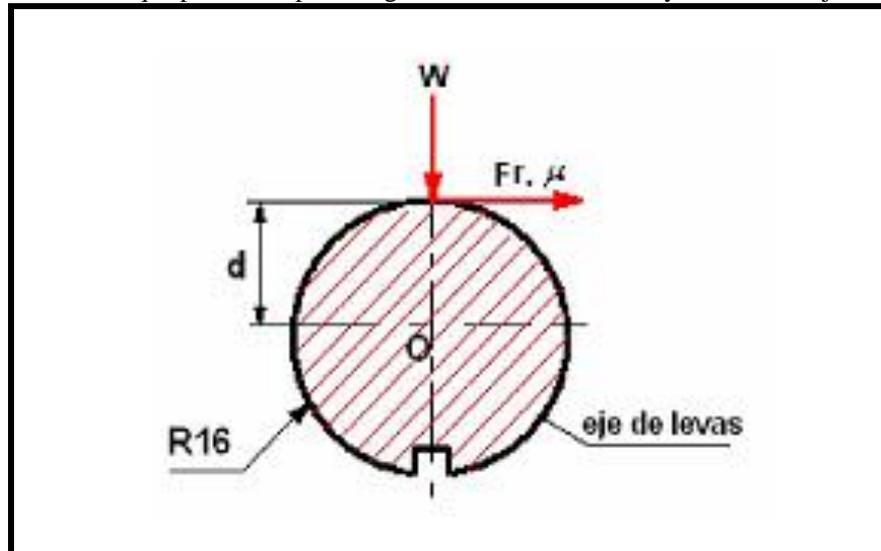
$$T_4 = 0,28N \cdot m = (2,54lb \cdot p \cdot l g)$$

Por lo tanto, el torque que se produce en el cilindro del elemento de bombeo 4 es de 0,28N.m.

2.2.4.13. Torque producido por el regulador de la bomba de inyección (PES6A):

Además de los torques generados por las diferentes levas al eje, existe el torque producido por el peso del regulador mecánico. En la **figura 2.12**²⁷, se observa la disposición de las fuerzas que actúan en el eje de levas.

Figura 2.12. Torque producido por el regulador de la bomba de inyección en el eje de levas.



La masa del regulador mecánico de la bomba de inyección PES6A, es de 2,27 kg (5lb) aproximadamente, para determinar la fuerza (W) que este elemento genera se aplicará la siguiente ecuación 23:

$$W = (m) * (g)$$

Ecuación 23

En donde:

$W = \text{peso}$

$m \text{ (masa)} = 2.27 \text{ kg}$

$g \text{ (gravedad)} = 9.8 \text{ m/s}^2$

$$\begin{aligned} W &= (2,27\text{kg}) * (9,8\text{m} / \text{s}^2) \\ W &= 22,27\text{N} \end{aligned}$$

Considerando el coeficiente de rozamiento (μ) y la fuerza que el peso del regulador produce, se obtiene la fuerza (Fr) ecuación 24 perpendicular al eje de levas, la cual producirá un torque en el mismo. Así:

$$Fr = (W) * (\mu)$$

Ecuación 24

En donde:

$Fr = \text{Fuerza perpendicular al eje de levas}$

$W \text{ (peso del regulador mecánico de la bomba de inyección)} = 2.27 \text{ kg}$

$\mu \text{ (coeficiente de fricción)} = 0.15$

$$\begin{aligned} Fr &= (2,27\text{kg}) * (0,15) \\ Fr &= 3,34\text{N} = (0,75\text{lb}) \end{aligned}$$

La distancia (d) que va desde el punto de contacto entre el regulador y su apoyo y el centro del eje de levas es de 0,016 m, valor que ha sido obtenido mediante la medición del eje de levas desmontado de la bomba de inyección. Aplicamos la ecuación 25 para calcular el torque necesario para mover el regulador mecánico:²⁸

$$To = (Fr) * (d)$$

Ecuación 25

²⁷ Autodesk Inventor Profesional 2011, Programa de computadora para dibujo técnico y diseño en 3D.

²⁸ BUDYNAS R, NISBETT J, Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley, Octava Edición, México, 2008. McGraw-Hill.

En donde:

T_o = Torque necesario para mover al regulador mecánico

F_r (fuerza perpendicular al eje de levas en el punto) = 3.34 N

d (distancia del punto de contacto al centro del eje de levas) = 0.016 m

$$\begin{aligned} T_o &= (3,34N) * (0,016m) \\ T_o &= 0,053N.m = (0,47lb.p\ lg) \end{aligned}$$

De esta manera, se tiene que el torque necesario para mover al regulador mecánico es de 0,053N.m.

2.2.4.14. Cálculo del torque total efectuado por el eje de levas.

El eje de levas, debe realizar un gran esfuerzo (torque), para desplazar a los elementos internos (taqués, muelles, elementos de bombeo, regulador) que constituyen la bomba de inyección y que son movidos por las diferentes levas del eje. Para que el eje de levas pueda efectuar este trabajo, debe recibir la suficiente energía, que durante su funcionamiento la recibe el motor Diesel, pero en el banco de pruebas debe recibir la misma de un motor eléctrico capaz de generar la suficiente potencia para mover al eje de levas a diferentes velocidades de trabajo, por lo tanto es necesario conocer el torque total que el eje de levas necesita para girar los 360 grados y completar un ciclo de su trabajo.

Aplicando la ecuación 26 se suman todos los torques parciales y se obtiene el torque total:

$$T_{TOTAL} = T1 + T2 + T3 + T4 + T5 + T6 + T0 \quad \text{Ecuación 26}$$

$$\begin{aligned} T_{TOTAL} &= (4,02 + 0,28 + 0,065 + 0,028 + 2,73 + 0,28 + 0,053)N.m \\ T_{TOTAL} &= 7,71N.m = (6,68lb.p\ lg) \end{aligned}$$

2.2.4.15. Cálculo de la potencia del motor eléctrico (p), necesaria para mover a la bomba de inyección PES6P.

Para determinar la potencia necesaria y alcanzar el torque calculado a la velocidad de trabajo máxima de la bomba, aplicamos la ecuación 27 para determinar la potencia.

Tabla 2.5. Factores de conversión de potencia.

(Fuente. ROY R, CRAIG Jr, Mecánica de Materiales, Primera Edición en Español, México, 2002)

Potencia (P)	Torque (T)	Velocidad Angular (n)	Factor de convergencia (K)
HP	Lb.plg	Rpm	63025
CV	Kg.cm	Rpm	71600
W	N.m	Rpm	9,55

$$P = \frac{T \cdot n}{k}$$

Ecuación 27

En donde:

P = Potencia (Watts)

T (torque total) = 7,71N.m

n (número de revoluciones por minuto que va a girar la bomba de inyección)
= 1500 rpm, (tabla 2.1)

K (coeficiente de cálculo de potencia) = 9,55 (tabla 2.5)

$$P = \frac{(7,71N) * (1500rpm)}{9,55}$$

$$P = 1210,99W = (1,65Hp)$$

Con el fin de prevenir fallas de funcionamiento se empleará un factor de seguridad (n) de 1,8 para el cálculo de la potencia total.²⁹ Aplicamos la ecuación 28:

$$P_{TOTAL} = (P) * (n) \quad \text{Ecuación 28}$$

En donde:

P_{TOTAL} = Potencia total para la selección del motor eléctrico

P = Potencia parcial (sin el factor de seguridad)

n (Factor de seguridad) = 1.8

$$\begin{aligned} P_{TOTAL} &= (1210,99W) * (1,8) \\ P_{TOTAL} &= 2179,78W = (2,96Hp) \end{aligned}$$

Por lo tanto el motor eléctrico que debe ser empleado en el banco de pruebas será de 2,1Kw ~ 3 Hp.

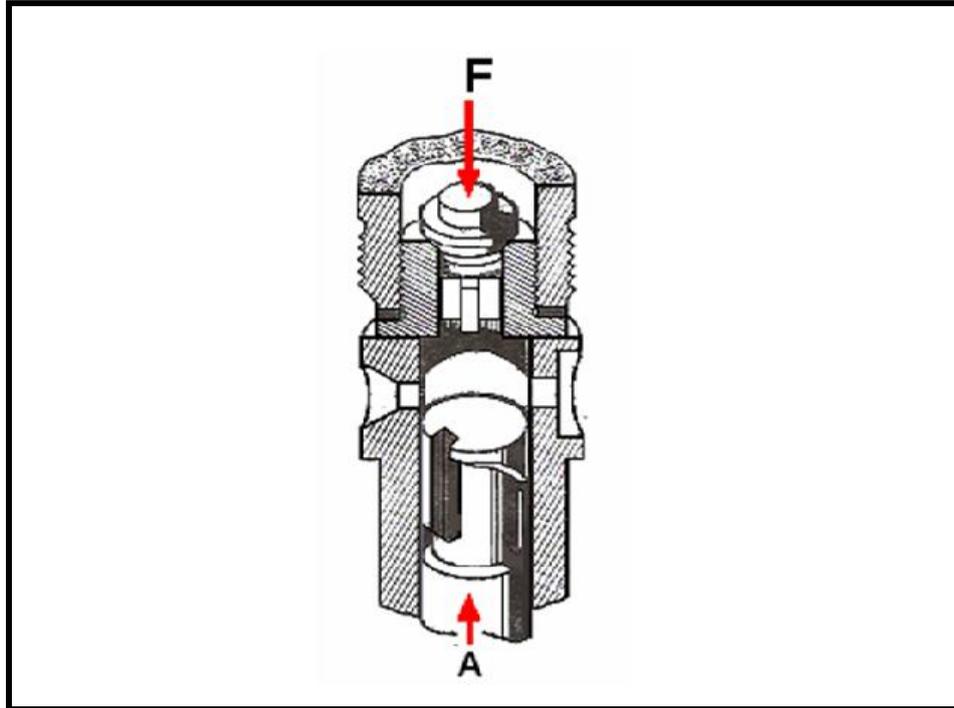
2.2.5. Diseño y selección de los componentes del comprobador de inyectores.

Los cálculos que se elaboraron para la construcción del comprobador de inyectores permiten la construcción de los elementos mecánicos (cilindro, palanca, seguidor, elemento, muelle, pasador, seguro, etc.) y la selección adecuada de otros elementos como por ejemplo el manómetro, cañería de alta presión. Obteniendo como resultado la construcción y selección adecuada de cada elemento para cumplir con el propósito de este proyecto.

2.2.5.1. Cálculo de la fuerza (F) ejercida sobre el elemento del comprobador de inyectores diesel.

El cálculo de la fuerza (F) **figura 2.13**, que actúa sobre el elemento del comprobador de inyectores diesel, es necesario para determinar la fuerza que produce el elemento (vástago) en el período que se produce la inyección del combustible.

Figura 2.13. Fuerza (F) producida por la presión de inyección.
(Fuente: ALONZO PEREZ José Manuel, Técnicas del Automóvil.)



La fuerza (**F**) se obtiene de la mayor presión a la que va a trabajar el comprobador de inyectores (400bars = 5801.5 psi). Aplicando la ecuación 29 determinamos el área del elemento y la ecuación 30 determinamos la fuerza de acción producida por la presión de inyección.³⁰

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

Ecuación 29

En donde:

A = Área del elemento.

π (constante de cálculo Pi.) = 3.1416

d (diámetro del vástago.) = 0.01 m

$$A = \frac{\pi * (0.01m)^2}{4}$$

$$A = 7.85e^{-5} m^2 = 0.12 \text{ plg}^2$$

Ecuación 30 de presión.

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación 30}$$

En donde:

F = Fuerza producida por la presión de inyección.

P (presión de inyección) = 5801.5 psi

A (área del elemento) = 0.12 plg²

Despejando la ecuación 30:

$$\begin{aligned} F &= P * A \\ F &= (5801.5 \text{ lb} / \text{plg}^2) * (0.12 \text{ plg}^2) \\ F &= 696.2 \text{ lb} = 3101.25 \text{ N} \end{aligned}$$

En donde **F** es la fuerza que actúa en la cabeza del elemento.

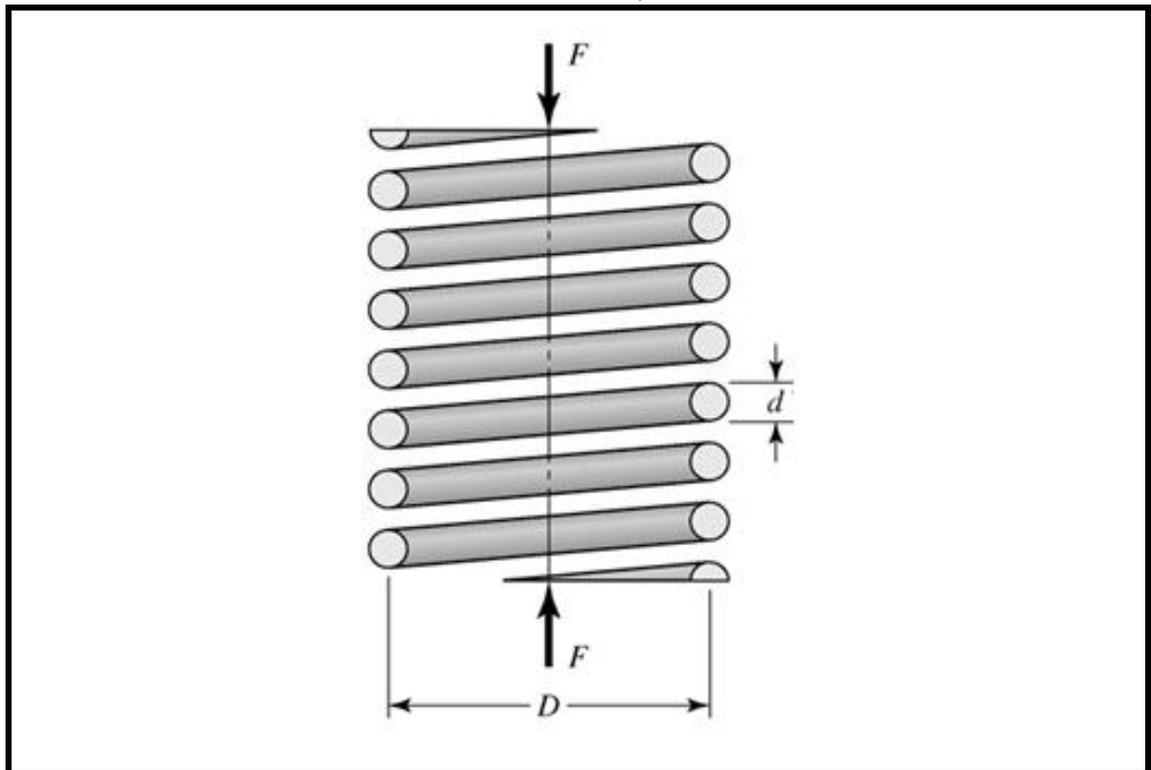
2.2.5.2. Cálculo de la fuerza (**F_{mín}**) y (**F_{máx}**), para vencer la resistencia del muelle del comprobador de inyectores diesel.

El muelle al ser ensamblado en el cilindro del comprobador de inyectores va a sufrir una deformación mínima (**y_i**), después, para ejercer la fuerza máxima (**F_{máx}**) en el muelle se establecerá mediante la carrera total (**y_t**) del elemento de bombeo. El material con el que están fabricados los muelles es de acero AISI 6150, que es una aleación de Cromo - Vanadio. En la **tabla 2.2**, indica los aceros de alto carbono y de aleaciones para resortes y la aplicación para cada uno.

^{29, 30} BUDYNAS R, NISBETT J, Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley, Octava Edición, México, 2008. McGraw-Hill.

Para el cálculo de las fuerzas se cuenta con las dimensiones del muelle **Figura 2.14**, que permite determinar las fuerzas de oposición que estas presentan a la palanca durante su accionamiento. Las medidas que se tienen del muelle son.³¹

Figura 2.14. Resorte helicoidal con carga axial.
(Fuente: BUDYNAS Richard G, NISBETT J Keith, Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley, Octava Edición.)



d (diámetro del alambre) = 3 mm

L_o (longitud libre) = 56 mm

N_a (número de espiras) = 9 completas

D_o (diámetro exterior de la espira) = 28 mm

D_i (diámetro interior de la espira) = 22 mm

L_e (longitud ensamblada) = 46 mm

L_t (longitud de trabajo) = 36 mm

³¹ Datos obtenidos, Laboratorio Diesel de la Universidad Politécnica. Cuenca – Ecuador.

Aplicando la ecuación 31 determinamos el diámetro medio.

$$D = D_o - d \quad \text{Ecuación 31}$$

En donde:

D = diámetro medio

D_o (diámetro exterior de la espira) = 28 mm

d (diámetro del alambre) = 3 mm

$$\begin{aligned} D &= 28\text{mm} - 3\text{mm} \\ D &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

Aplicando la ecuación 32 determinamos el paso³² entre espiras del muelle.

$$p = \frac{(l_o - 2d)}{N_a} \quad \text{Ecuación 32}$$

En donde:

p = paso entre espiras

d (diámetro del alambre) = 3 mm

L_o (longitud libre) = 56 mm

N_a (número de espiras) = 9 completas

$$\begin{aligned} p &= \frac{(56\text{mm} - 2*(3\text{mm}))}{9} \\ p &= 5.55\text{mm} \end{aligned}$$

Con el valor de la longitud que tiene el muelle cuando está ensamblado en el cilindro del comprobador de inyector, se tiene como dato la deflexión producida por una fuerza de precarga que va a permitir que el seguidor se mantenga en contacto con la

palanca en todo momento. Esta deflexión se denomina inicial ecuación 33 se obtiene de:

$$y_i = l_o - l_e$$

Ecuación 33

En donde:

Lo (longitud libre) = 56 mm

Le (longitud ensamblada) = 46 mm

$$y_i = 56\text{mm} - 46\text{mm}$$

$$y_i = 10\text{mm} = 0.01\text{m}$$

Tabla 2.6. Propiedades mecánicas de alambres para resortes.
(Fuente: BUDYNAS Richard G, NISBETT J Keith, Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley, Octava Edición.)

Material	Limite elástico, porcentaje de S_{UT} tensión, torsión		Diámetro d , pulg	E		G	
				Mpsi	GPa	Mpsi	GPa
Alambre de piano A228	65-75	45-60	<0.032	29.5	203.4	12.0	82.7
			0.033-0.063	29.0	200	11.85	81.7
			0.064-0.125	28.5	196.5	11.75	81.0
			>0.125	28.0	193	11.6	80.0
Resorte estirado duro A227	60-70	45-55	<0.032	28.8	198.6	11.7	80.7
			0.033-0.063	28.7	197.9	11.6	80.0
			0.064-0.125	28.6	197.2	11.5	79.3
			>0.125	28.5	196.5	11.4	78.6
Templado en aceite A239	85-90	45-50		28.5	196.5	11.2	77.2
Resorte de válvula A230	85-90	50-60		29.5	203.4	11.2	77.2
Cromo vanadio A231	88-93	65-75		29.5	203.4	11.2	77.2
	A232	88-93		29.5	203.4	11.2	77.2
Cromo silicio A401	85-93	65-75		29.5	203.4	11.2	77.2
Acero inoxidable							
A313*	65-75	45-55		28	193	10	69.0
17-7PH	75-80	55-60		29.5	208.4	11	75.8
414	65-70	42-55		29	200	11.2	77.2
420	65-75	45-55		29	200	11.2	77.2
431	72-76	50-55		30	206	11.5	79.3
Bronce fosforado B159	75-80	45-50		15	103.4	6	41.4
Cobre al berilio B197	70	50		17	117.2	6.5	44.8
	75	50-55		19	131	7.3	50.3
Aleación inconel X-750	65-70	40-45		31	213.7	11.2	77.2

Para establecer la fuerza de precarga se aplica la ecuación 34:

$$y_i = \frac{8 * F_{\min} * D^3 * N_a}{d^4 * G} \quad \text{Ecuación 34}$$

En donde:

F_{\min} = Fuerza de precarga

y_i (deflexión inicial del resorte) = 0.01 m

D (diámetro medio del resorte) = 0.025 m

N_a (número de espiras) = 9 completas

d (diámetro del alambre) = 3 mm

G (módulo de rigidez) = 77.2 GPa (Tabla 2.6)

Despejando la fuerza (F_{\min}) de la ecuación 34 tenemos.

$$F_{\min} = \frac{y_i * d^4 * G}{8 * D^3 * N_a} \quad \text{Ecuación 35}$$

$$F_{\min} = \frac{(0.01m) * (0.003m)^4 * (77.2e^9 Pa)}{8 * (0.025m)^3 * (9)}$$

$$F_{\min} = 55.6 \text{ N} = 12.5 \text{ lb}$$

La fuerza (F_{\min}), es la fuerza de ensamble del muelle en el cilindro.

La altura del muelle cuando se encuentra comprimido por la palanca, se conocer como la deflexión total (y_t) que va a sufrir el muelle en el cilindro, para calcular la fuerza (F_{\max})³² que se aplica sobre el muelle para comprimirlo durante el accionamiento de la palanca sobre el seguidor se aplica la siguiente ecuación 36.

$$y_t = y_i + (l_e - l_t) \quad \text{Ecuación 36}$$

En donde:

y_i (deflexión inicial del resorte) = 0.01 m

l_e (longitud ensamblada) = 46 mm

l_t (longitud de trabajo) = 36 mm

$$\begin{aligned} y_t &= 10\text{mm} + (46\text{mm} - 36\text{mm}) \\ y_t &= 20\text{mm} = 0,02\text{m} \end{aligned}$$

Para establecer la fuerza ($F_{\text{máx}}$) del muelle aplicamos la siguiente ecuación:

$$y_t = \frac{8 * F_{\text{max}} * D^3 * N_a}{d^4 * G} \quad \text{Ecuación 37}$$

Despejando la fuerza ($F_{\text{máx}}$) de la ecuación 37 tenemos.

$$F_{\text{max}} = \frac{y_t * d^4 * G}{8 * D^3 * N_a} \quad \text{Ecuación 38}$$

En donde:

$F_{\text{máx}}$ = Fuerza máxima aplicada

y_t (deflexión inicial del resorte) = 0.02 m

D (diámetro medio del resorte) = 0.025 m

N_a (número de espiras) = 9 completas

d (diámetro del alambre) = 3 mm

G (módulo de rigidez) = 77.2 GPa (Tabla 2.6)

$$\begin{aligned} F_{\text{max}} &= \frac{(0.02\text{m}) * (0.003\text{m})^4 * (77.2e^9 \text{Pa})}{8 * (0.025\text{m})^3 * (9)} \\ F_{\text{max}} &= 111.17 \text{ N} = 25 \text{ lb} \end{aligned}$$

³² BUDYNAS R, NISBETT J, Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley, Octava Edición, México, 2008. McGraw-Hill.

Del cálculo se tiene que la fuerza ($F_{\text{máx}}$) que la palanca necesita para comprimir el muelle del elemento de bombeo durante el accionamiento es de 111.17 N.

2.2.5.3. Cálculo del factor de seguridad del muelle.

El siguiente cálculo se lo realiza para determinar la resistencia del material del muelle³³. Aplicando la ecuación 39 determinamos la fuerza alternante:

$$F_a = \frac{F_{\text{max}} - F_{\text{min}}}{2} \quad \text{Ecuación 39}$$

Para determinar la fuerza alternante se aplicará la fuerza máxima de acción del muelle y la fuerza mínima será igual a cero.

En donde:

F_a = fuerza alternante

$F_{\text{máx}}$ = 111.17 N

$F_{\text{mín}}$ = 0

$$F_a = \frac{111.17N - 0}{2}$$

$$F_a = 55.58N$$

Aplicando la ecuación 40 determinamos la fuerza media:

$$F_m = \frac{F_{\text{max}} + F_{\text{min}}}{2} \quad \text{Ecuación 40}$$

En donde:

$F_{\text{máx}}$ = 111.17 N

$F_{\text{mín}}$ = 0

$$F_m = \frac{111.17N + 0}{2}$$

$$F_m = 55.58N$$

El cálculo de la fuerza alternante y media, sirve para determinar el esfuerzo alternante y medio. Aplicando la ecuación 41 determinamos el índice del resorte:

$$C = \frac{D}{d} \quad \text{Ecuación 41}$$

En donde:

C = índice del resorte

D (diámetro medio del resorte) = 25 mm

d (diámetro del alambre) = 3 mm

$$C = \frac{25mm}{3mm}$$

$$C = 8.33$$

Aplicando la ecuación 42 determinamos el factor de Bergstrasser:

$$K_B = \frac{4C + 2}{4C - 3} \quad \text{Ecuación 42}$$

En donde:

C (índice del resorte) = 8.33

$$K_B = \frac{4 * (8.33) + 2}{4 * (8.33) - 3}$$

$$K_B = 1.16$$

Aplicando la ecuación 43 determinamos el esfuerzo alternante:

$$\tau_a = K_B * \frac{8 * F_a * D}{\pi * d^3}$$

Ecuación 43

En donde:

 τ_a = esfuerzo alternante

C (índice del resorte) = 8.33

 K_B (factor de Bergstrasser) = 1.16

Fa (fuerza alternante) = 55.58 N

D (diámetro medio del resorte) = 0.025 m

d (diámetro del alambre) = 0.003 m

$$\tau_a = 1.16 * \frac{8 * (55.58N) * 0.025m}{\pi * (0.003)^3}$$

$$\tau_a = 152MPa$$

Aplicando la ecuación 44 determinamos el factor concentración directo.

$$K_s = 1 + \frac{0.5}{C}$$

Ecuación 44

En donde:

 K_s = factor concentración directo

C (índice del resorte) = 8.33

$$K_s = 1 + \frac{0.5}{8.33}$$

$$K_s = 1.06$$

Aplicando la ecuación 45 determinamos el esfuerzo medio:

$$\tau_m = K_s * \frac{8 * F_m * D}{\pi * d^3}$$

Ecuación 45

En donde:

τ_m = esfuerzo medio

C (índice del resorte) = 8.33

K_S (factor de concentración directo) = 1.06

F_m (fuerza alternante) = 55.58 N

D (diámetro medio del resorte) = 0.025 m

d (diámetro del alambre) = 0.003 m

$$\tau_m = 1.06 * \frac{8 * (55.58N) * 0.025m}{\pi * (0.003)^3}$$

$$\tau_m = 139MPa$$

El límite de fatiga “ $S_{se} = 310$ MPa” viene determinado para muelles no graneados por lo que no necesita ser calculado.³⁴

Aplicando la ecuación 46 determinamos la resistencia a la tensión del alambre con aleación de cromo – vanadio A232 tabla 2.7:

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m}$$

Ecuación 46

En donde:

S_{ut} = resistencia a la tensión

d (diámetro del alambre) = 3 mm

m (exponente) = 0.168 m (Tabla 2.7)

A (intercepción) = 2005 MPa.mm^m (Tabla 2.7)

^{33, 34} BUDYNAS R, NISBETT J, Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley, Octava Edición, México, 2008. McGraw-Hill.

Tabla 2.7. Constante A y m de $S_{ut} = A/d^m$ para estimar la resistencia de tensión mínima de alambres.
(Fuentes: Design Handbook. Cortesía de Associated Spring.)

Material	ASTM núm.	Exponente <i>m</i>	Diámetro, pulg	<i>A</i> , kpsi · pulg ^{<i>m</i>}	Diámetro, mm	<i>A</i> , MPa · mm ^{<i>m</i>}	Costo relativo del alambre
Alambre de piano*	A228	0.145	0.004-0.256	201	0.10-6.5	2 211	2.6
Alambre T y R en aceite†	A229	0.187	0.020-0.500	147	0.5-12.7	1 855	1.3
Alambre estirado duro‡	A227	0.190	0.028-0.500	140	0.7-12.7	1 783	1.0
Alambre al cromo vanadio§	A232	0.168	0.032-0.437	169	0.8-11.1	2 005	3.1
Alambre al cromo silicio¶	A401	0.108	0.063-0.375	202	1.6-9.5	1 974	4.0
Alambre inoxidable 302*	A313	0.146	0.013-0.10	169	0.3-2.5	1 867	7.6-11
		0.263	0.100-0.20	128	2.5-5	2 065	
		0.478	0.200-0.40	90	5-10	2 911	
Alambre de bronce fosforado**	B159	0	0.004-0.022	145	0.1-0.6	1 000	8.0
		0.028	0.022-0.075	121	0.6-2	913	
		0.064	0.075-0.30	110	2-7.5	932	

$$S_{ut} = \frac{2005 \text{ MPa} \cdot \text{mm}^m}{3 \text{ mm}^{0.168m}}$$

$$S_{ut} = 1667 \text{ MPa}$$

Aplicando la ecuación 47. Según la teoría de Gerber, determinamos el modulo de resistencia torsional de ruptura:

$$S_{su} = 0.67 * S_{ut} \quad \text{Ecuación 47}$$

En donde:

S_{su} = módulo de resistencia torsional de ruptura

S_{ut} (resistencia a la tensión) = 1667 MPa

$$S_{su} = 0.67 * 1667 \text{ MPa}$$

$$S_{su} = 1116.89 \text{ MPa}$$

Aplicando la ecuación 48 determinamos el factor de seguridad utilizando el criterio de Goodman³⁵:

$$n = \frac{S_{se} * S_{su}}{\tau_a * S_{su} + \tau_m * S_{se}}$$

Ecuación 48

En donde:

n = factor de seguridad

S_{su} (módulo de resistencia torsional de ruptura) = 1116.89 MPa

S_{ut} (resistencia a la tensión) = 1667 MPa

τ_m (esfuerzo medio) = 139 MPa

τ_a (esfuerzo alternante) = 152 MPa

$$n = \frac{(310MPa) * (1116.89MPa)}{(152MPa) * (1116.89MPa) + (139MPa) * (310MPa)}$$

$$n = 1.63$$

Obteniendo el valor del factor de seguridad (n = 1.63), determinamos que el muelle va tener una vida útil larga y no se va a deformar ni perder elasticidad.

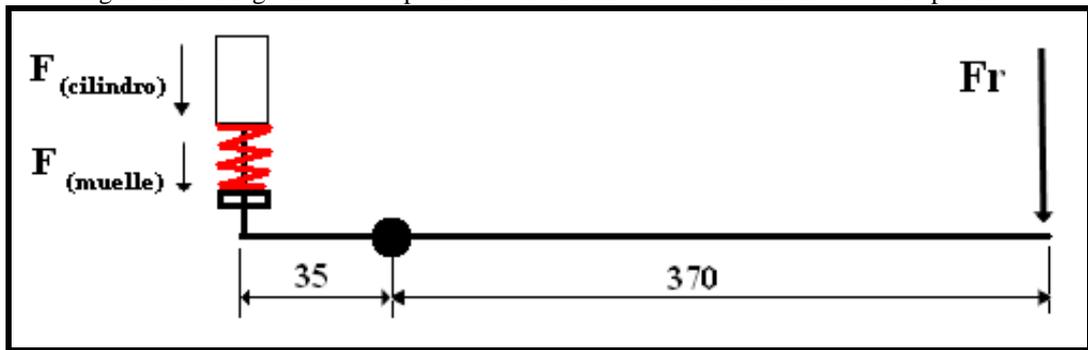
2.2.5.4. Cálculo de la fuerza (Fr) de acción de la palanca.

El cálculo de la fuerza (Fr) ³⁶ **figura 2.15**, que actúa sobre la palanca del comprobador de inyectores diesel es necesario para determinar la fuerza de acción sobre la palanca, para vencer las fuerzas del muelle y la del cilindro. La fuerza (Fr), se obtiene de la longitud de la palanca a la que se aplica la fuerza.

³⁵ BUDYNAS R, NISBETT J, Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley, Octava Edición, México, 2008. McGraw-Hill.

³⁶ SINGER, Resistencia de materiales, Harla, cuarta edición.

Figura 2.15. Diagrama de cuerpo libre de las fuerzas de accionamiento sobre la palanca.



Aplicando la ecuación 49 determinamos la fuerza (Fr) de acción de la palanca:

$$(F_{(cilindro)} + F_{(muelle)}) * 0.04m = 0.37m * Fr \quad \text{Ecuación 49}$$

En donde:

Fr = fuerza de acción de la palanca

$F_{(cilindro)}$ (fuerza del cilindro) = 3101.25 N

$F_{(muelle)}$ (fuerza del muelle) = 111.17 N

$$Fr = \frac{(3101.25N + 111.17N) * 0.035m}{0.37m}$$

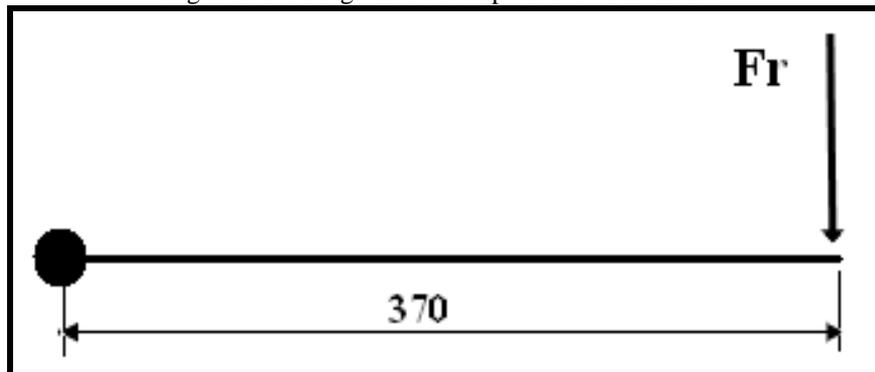
$$Fr = 303.87N = 68.2 \text{ lb}$$

La fuerza ($Fr = 68.2 \text{ lb}$), es la fuerza necesaria para vencer la resistencia de la fuerza del muelle y del cilindro, la cual, se aplicara mediante la acción ejercida por el brazo del instructor del comprobador de inyectores.

2.2.5.5. Cálculo de la palanca sometida a carga de flexión.

El cálculo de la palanca sometida a flexión, es de vital importancia debido a la fuerza de accionamiento a la que está sometida la palanca (**figura 2.16**). Aplicando la ecuación 50 determinamos el momento mediante la fuerza (Fr) y la longitud:

Figura 2.16. Diagrama de cuerpo libre del momento.



$$M = Fr * 0.37m \quad \text{Ecuación 50}$$

En donde:

M = momento

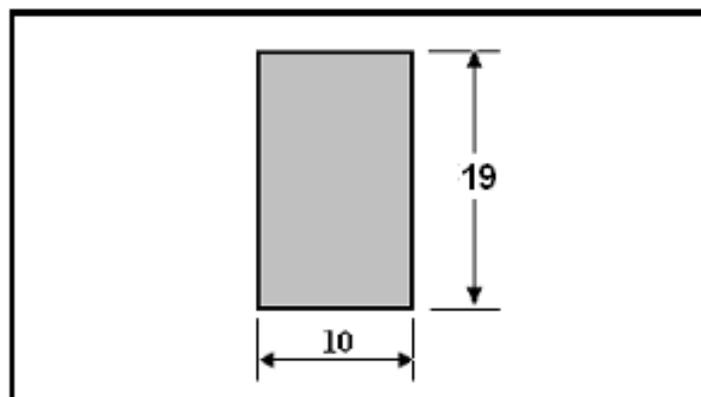
Fr (fuerza de acción de la palanca) = 303.78 N

$$M = (303.87N) * (0.37m)$$

$$M = 112.43N - m$$

Para el cálculo del momento de inercia³⁷ **figura 2.17**, de una sección rectangular utilizamos la ecuación 51:

Figura 2.17. Sección rectangular de la palanca.



³⁷ ROY R, CRAIG Jr, Mecánica de Materiales, Primera Edición en Español, México, 2002.

$$I_x = \frac{b * h^3}{12}$$

Ecuación 51

En donde:

I_x = momento de inercia en el eje x

b (espesor de la palanca) = 0.01 m

h (altura de la palanca) = 0.019 m

$$I_x = \frac{(0.01m) * (0.019m)^3}{12}$$

$$I_x = 5.72e^{-9} m^4$$

Aplicando la ecuación 52 determinamos el esfuerzo flexionante:

$$\sigma_{flex} = \frac{M * c}{I_x}$$

Ecuación 52

En donde:

σ_{flex} = esfuerzo flexionante

I_x (momento de inercia en el eje x) = $5.72e^{-9} m^4$

M (momento) = 112.43 N-m

C (distancia media de la altura) = 0.0095 m

$$\sigma_{flex} = \frac{(112.43N - m) * (0.0095m)}{5.72e^{-9} m^4}$$

$$\sigma_{flex} = 186.73 MPa$$

Aplicando la ecuación 53 determinamos el factor de seguridad, para determinar el factor de seguridad utilizamos el acero 1030 CD, tabla 2.8:

Tabla 2.8. Resistencias mínimas determinadas a la tensión y a la fluencia ASTM de algunos aceros laminados en caliente (HR) y estirados en frío (CD).

(Fuente: SAE Handbook)

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{flex}}$$

Ecuación 53

En donde:

n = factor de seguridad

σ_{flex} (esfuerzo a flexión) = 183.73 MPa

S_y (resistencia a la fluencia) = 440 MPa (tabla 2.8)

$$n = \frac{440MPa}{186.73MPa}$$

$$n = 2.4$$

Obteniendo el valor del factor de seguridad ($n = 3.7$), determinamos que la palanca sometida a esfuerzo de flexión no va a sufrir deformación alguna y siempre va a mantener su forma.

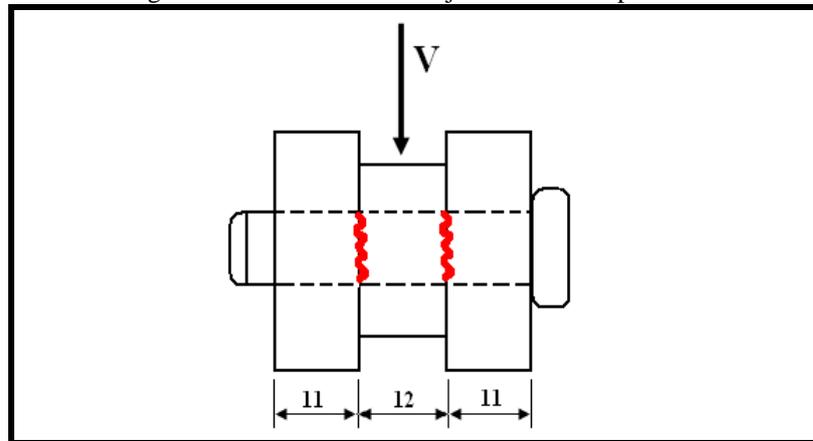
2.2.5.6. Cálculo del pasador a esfuerzo cortante.

El cálculo del esfuerzo cortante en el pasador, es de vital importancia ya que está sometido a esfuerzo cortante y fuerzas de reacción que actúan sobre la palanca **figura 2.18**. El pasador debe oponer mayor resistencia. Aplicando la ecuación 54 determinamos el esfuerzo cortante, el área transversal se multiplica por dos dividido a que son dos superficies de contacto:

$$\tau = \frac{V}{A_t * 2}$$

Ecuación 54

Figura 2.18. Fuerza cortante ejercida sobre el pasador.



Cálculo de la fuerza cortante, mediante la sumatoria de fuerzas que actúan sobre la palanca.

$$\begin{aligned} V &= F_{(\text{cilindro})} + F_{(\text{muelle})} + Fr_{(\text{palanca})} \\ V &= 3101.25N + 111.17N + 303.87N \\ V &= 3516.3N \end{aligned}$$

Aplicando la ecuación 55 determinamos el área transversal del pasador:

$$A_t = \frac{\pi * d^2}{4} \quad \text{Ecuación 55}$$

En donde:

A_t = área transversal del pasador

d (diámetro del pasador) = 0.01 m

π (constante de cálculo Pi.) = 3.1416

$$A_t = \frac{\pi * (0.01\text{m})^2}{4}$$

$$A_t = 7.85e^{-5} \text{ m}^2$$

En donde:

τ = esfuerzo cortante

V (fuerza cortante) = 3516.3 N

A_t (área transversal del pasador) = $7.85e^{-5} \text{ m}^2$

$$\tau = \frac{3516.3\text{N}}{(7.85e^{-5}\text{m}^2) * 2}$$

$$\tau = 22.39\text{MPa}$$

Aplicando la ecuación 56 determinamos el factor de seguridad³⁸ del pasador sometido a esfuerzo cortante, utilizamos acero 1020 HR:

$$n = \frac{0.577 * S_y}{\tau} \quad \text{Ecuación 56}$$

En donde:

n = factor de seguridad

S_y (resistencia a la fluencia) = 210 MPa (tabla 2.8)

τ (esfuerzo cortante) = 22.39 MPa

$$n = \frac{0.577 * 210MPa}{22.39MPa}$$

$$n = 5.4$$

Obteniendo el valor del factor de seguridad de ($n = 5.4$), determinamos que el pasador sometido a esfuerzo cortante va a mantener su forma.

2.2.5.7. Cálculo del elemento sometido a Pandeo.

El cálculo se lo realiza al elemento (vástago) para determinar si la fuerza de presión del cilindro es mayor o menor que la fuerza crítica de pandeo,³⁹ para realizar el cálculo del momento de inercia de la sección circular del elemento aplicamos la ecuación 57.

$$I_x = \frac{\pi * d^4}{64}$$

Ecuación 57

En donde:

I_x = momento de inercia de una sección circular

d (diámetro del elemento) = 0.01 m

π (constante de cálculo Pi.) = 3.1416

$$I_x = \frac{\pi * (0.01m)^4}{64}$$

$$I_x = 4.9e^{-10} m^4$$

³⁸ ROY R, CRAIG Jr, *Mecánica de Materiales, Primera Edición en Español, México, 2002.*

Aplicando la ecuación 58 determinamos el radio de giro:

$$K = \sqrt{\frac{I_x}{A_t}}$$

Ecuación 58

En donde:

K = radio de giro

I_x (momento de inercia de una sección circular) = $4.9 \text{ e}^{-10} \text{ m}^4$

A_t (área transversal del elemento) = $7.85 \text{ e}^{-5} \text{ m}^2$

$$K = \sqrt{\frac{4.9 \text{ e}^{-10} \text{ m}^4}{7.85 \text{ e}^{-5} \text{ m}^2}}$$

$$K = 2.5 \text{ e}^{-3} \text{ m}$$

Aplicando la ecuación 59 determinamos la relación de Esbeltez:

En donde:

L (longitud del vástago) = 85 mm = 0.085m

K (radio de giro) = $2.5 \text{ e}^{-3} \text{ m}$

$$\frac{L}{K} = \frac{0.085 \text{ m}}{2.5 \text{ e}^{-3} \text{ m}}$$

$$\frac{L}{K} = 34$$

Ecuación 59

Aplicando la ecuación 60 determinamos la relación de Esbeltez total, el elemento está construido por acero al carbono **tabla 2.9** y un acero AISI 1030 para la resistencia a la fluencia **tabla 2.8**:

Tabla 2.9. Constante física de materiales.
(Fuente: BUDYNAS Richard G, NISBETT J Keith, Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley, Octava Edición.)

Material	Módulo de elasticidad E		Módulo de rigidez G		Relación de Poisson ν	Peso unitario w		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lb/pulg ³	lb/ft ³	kN/m ³
Aluminio (todas las aleaciones)	10.3	71.0	3.80	26.2	0.334	0.098	169	26.6
Cobre al berilio	18.0	124.0	7.0	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Latón	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Acero al carbono	30.0	207.0	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Fundición de hierro (gris)	14.5	100.0	6.0	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Cobre	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Abeto Douglas	1.6	11.0	0.6	4.1	0.33	0.016	28	4.3
Vidrio	6.7	46.2	2.7	18.6	0.245	0.094	162	25.4
Inconel	31.0	214.0	11.0	75.8	0.290	0.307	530	83.3
Plomo	5.3	36.5	1.9	13.1	0.425	0.411	710	111.5
Magnesio	6.5	44.8	2.4	16.5	0.350	0.065	112	17.6
Molibdeno	48.0	331.0	17.0	117.0	0.307	0.368	636	100.0
Metal Monel	26.0	179.0	9.5	65.5	0.320	0.319	551	86.6
Níquel plata	18.5	127.0	7.0	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Acero al níquel	30.0	207.0	11.5	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Bronce fosforado	16.1	111.0	6.0	41.4	0.349	0.295	510	80.1
Acero inoxidable (18-8)	27.6	190.0	10.6	73.1	0.305	0.280	484	76.0

$$\left(\frac{L}{K}\right)_1 = \sqrt{\frac{2 * C * \pi^2 * E}{S_y}}$$

Ecuación 60

Tabla 2.10. Constante C de condición de extremos.
(Fuente: BUDYNAS Richard G, NISBETT J Keith, Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley, Octava Edición.)

Constante C de condición de extremos			
Condiciones de extremos de columnas	Valor teórico	Valor conservador	Valor recomendado
Empotrado – libre	1/4	1/4	1/4
Articulado – articulado	1	1	1
Empotrado – articulado	2	1	1.2
Empotrado – empotrado	4	1	1.2

En donde:

S_y (resistencia a la fluencia) = 37.5 KPsi (tabla 2.8)

E (módulo de elasticidad) = 30 MPsi (tabla 2.9)

C (constante de condición de extremos) = $\frac{1}{4} = 0.25$ (tabla 2.10)

π (constante de cálculo Pi.) = 3.1416

$$\left(\frac{L}{K}\right)_1 = \sqrt{\frac{2 * 0.25 * \pi^2 * 207e^9}{260e}}$$

$$\left(\frac{L}{K}\right)_1 = 62.87$$

Aplicando la ecuación 61 de relación, determinamos la fórmula que se debe aplicar.

$$\left(\frac{L}{K} < \frac{L}{K}\right)_1$$

$$34 < 62.87$$

Ecuación 61

Determinada la relación, se establece que se debe aplicar la ecuación 62 de Johnson:

39

$$P_{crit} = \left[S_y - \left(\frac{S_y * L}{2 * \pi * K} \right)^2 \frac{1}{C * E} \right] A_t$$

Ecuación 62

En donde:

P_{cri} = fuerza critica aplicada

S_y (resistencia a la fluencia) = 37.5 KPsi (tabla 2.8)

E (módulo de elasticidad) = 30 MPsi (tabla 2.9)

C (constante de condición de extremos) = $\frac{1}{4} = 0.25$ (tabla 2.10)

L (longitud del elemento) = 0.085 m

A_t (área transversal del elemento) = $7.85e^{-5} m^2$

$$P_{crit} = \left[260e^6 - \left(\frac{260e^6 Pa * 0.085m}{2 * \pi * 2.5e^{-3}m} \right)^2 \frac{1}{0.25 * 207e^9 Pa} \right] 7.85e^{-5}m^2$$

$$P_{crit} = 17407.13N = 3907.7lb$$

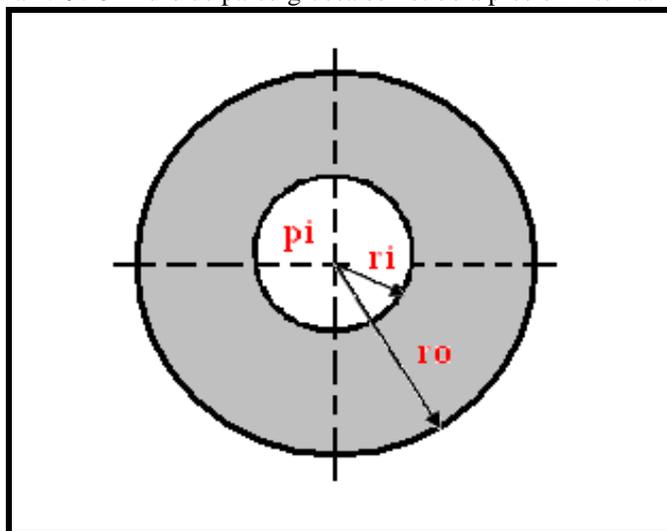
$$P_{crit} > F$$

Obtenido el valor de (P_{crit}) se demuestra que es mayor que la fuerza, por lo que no habrá deformación sometida a pandeo del elemento.

2.2.5.8. Cálculo de los esfuerzos en el cilindro.

Se realizó los cálculos de los esfuerzos tangencial, radial y longitudinal⁴⁰ para determinar las presiones a las que está sometido la pared del cilindro **figura 2.19**, bajo la presión interna de (400 Bar = 5801.5 Psi). Aplicando la ecuación 63 determinamos el esfuerzo transversal (σ_t).

Figura 2.19. Cilindro de pared gruesa sometido a presión interna.



pi = presión interna
ri = radio interno
ro = radio externo

³⁹ ROY R, CRAIG Jr, Mecánica de Materiales, Primera Edición en Español, México, 2002.

$$\sigma_t = pi * \left(\frac{ro^2 + ri^2}{ro^2 - ri^2} \right) \quad \text{Ecuación 63}$$

En donde:

σ_t = esfuerzos tangencial

pi (presión interna) = 5801.5 Psi

ri (radio interno) = 0.35 plg = 8,89mm.

ro (radio externo) = 0.88 plg = 22,352mm.

$$\sigma_t = 5801.5Psi * \left(\frac{(0.88plg)^2 + (0.35plg)^2}{(0.88plg)^2 - (0.35plg)^2} \right)$$

$$\sigma_t = 7981.8Psi$$

Aplicando la ecuación 64 determinamos el esfuerzo radial (σ_r) con una presión interna de 5801.5 Psi.

$$\sigma_r = -pi \quad \text{Ecuación 64}$$

$$\sigma_r = -5801.5Psi$$

Aplicando la ecuación 65 determinamos el esfuerzo longitudinal (σ_l).

$$\sigma_l = \frac{pi * ri^2}{ro^2 - ri^2} \quad \text{Ecuación 65}$$

En donde:

pi (presión interna) = 5801.5 Psi

ri (radio interno) = 0.35 plg = 8,89mm.

ro (radio externo) = 0.88 plg = 22,352mm.

$$\sigma_t = \frac{(5801.5 \text{ Psi}) * (0.35 \text{ plg})^2}{(0.88 \text{ plg})^2 - (0.35 \text{ plg})^2}$$

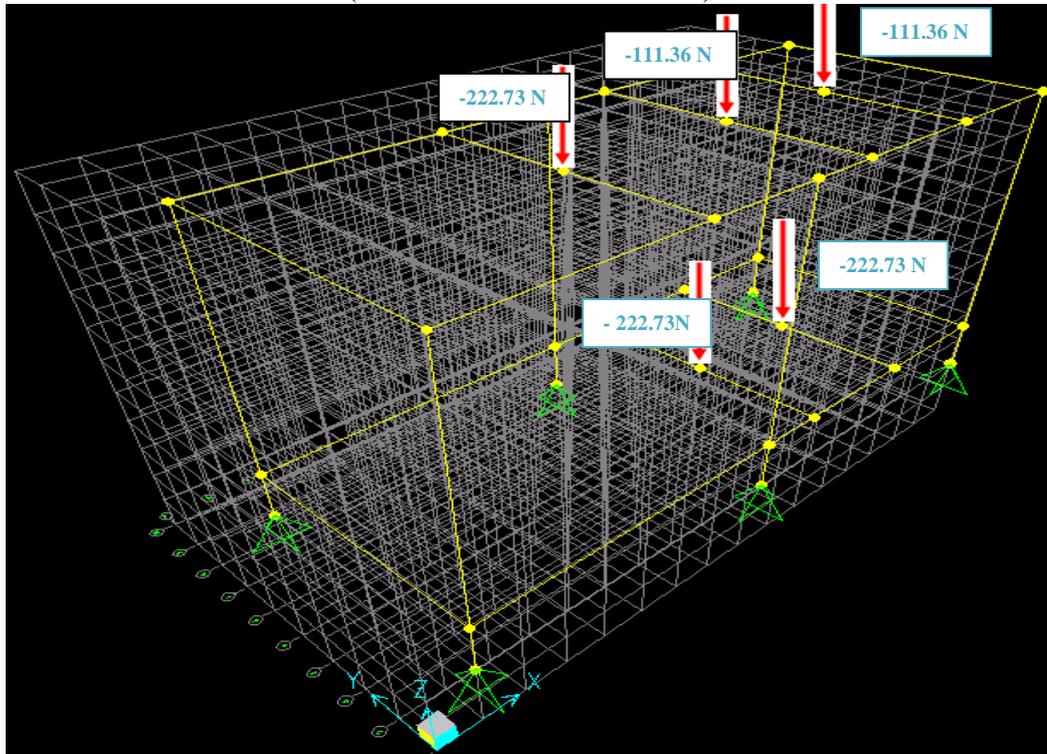
$$\sigma_t = 1090.2 \text{ Psi}$$

El esfuerzo transversal calculado es mayor a la presión interna, por lo cual el cilindro de pared gruesa resistirá a la presión interna a la que está sometido el cilindro a plena carga.

2.2.6. Diseño de la estructura metálica.

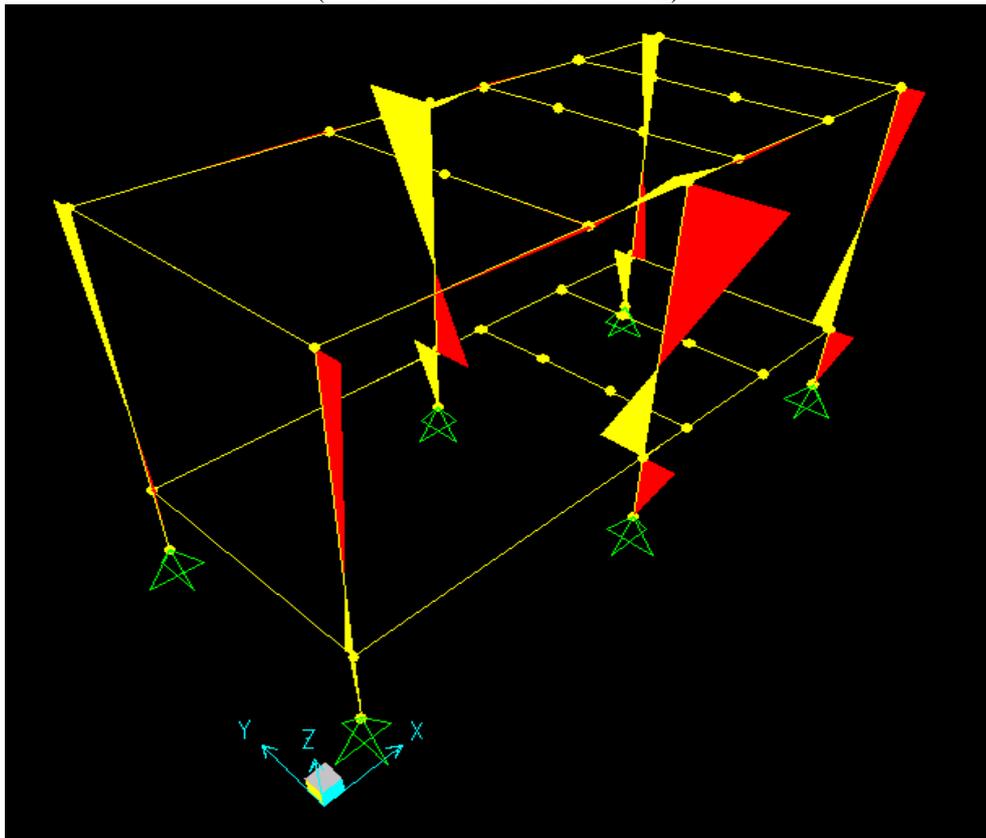
Para el análisis de la estructura se utilizó el software (SAP 2000 V12)⁴¹, el cual proporciona cálculos matemáticos que contribuyen a obtener un factor de seguridad fiable y seguro, además permite simular el comportamiento de la estructura con plena carga. En la **figura 2.20**, se observa el diagrama de cuerpo libre de la estructura en la cual se ha distribuido las fuerzas que actuarán.

Figura 2.20. Diagrama de cuerpo libre de la estructura metálica.
(Fuente: Software SAP2000 V12)



En la **figura 2.21**, se tiene un diagrama de momentos que presenta las zonas en las que se tendrá mayores esfuerzos debido al peso, vibración y fuerzas que actúan sobre la mesa, en este caso en las parantes verticales centrales de la estructura, por esta razón se utilizó un tubo cuadrado cuyas medidas son 5x5cm y 2mm de espesor, existentes en el mercado, las cuales satisfacen la fiabilidad para la construcción.

Figura 2.21. Diagrama momento flector de la estructura metálica.
(Fuente: Software SAP2000 V12)

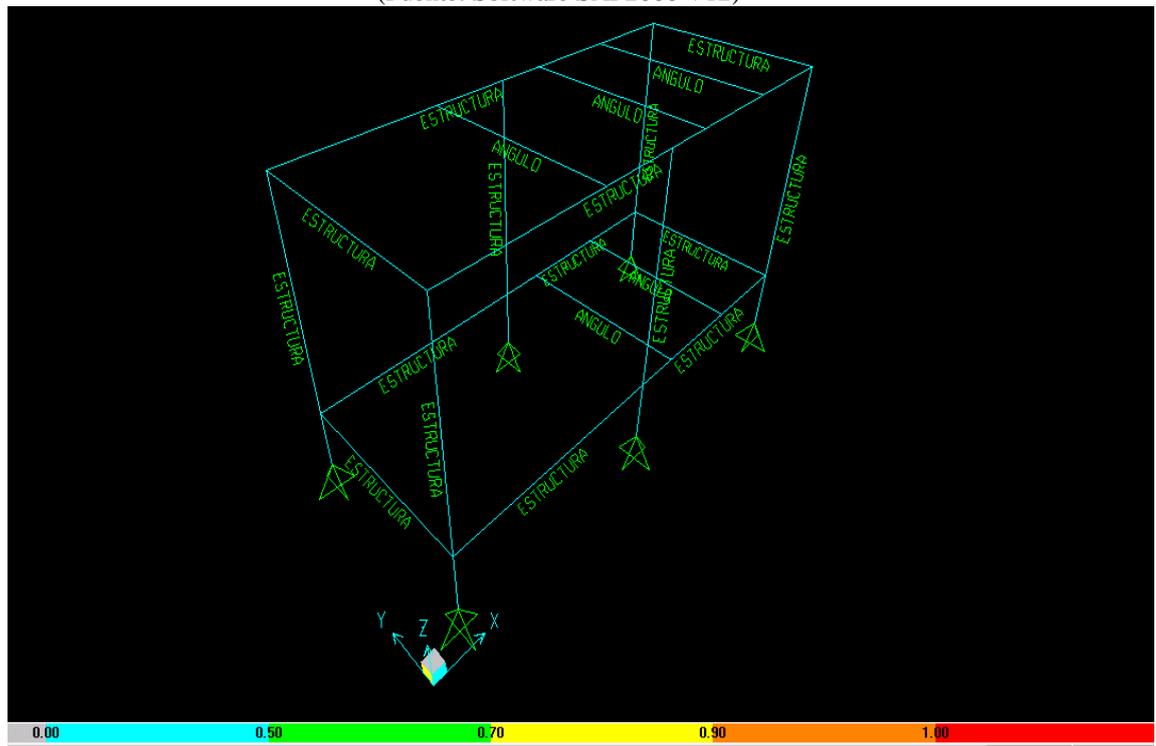


Para satisfacer el factor de seguridad, se puede observar en la **figura 2.22**, que presenta cinco colores distintos los cuales indican el factor de seguridad, para este caso el color fucsia indica que la mesa soportará los esfuerzos a los que esté sometida sin mayores esfuerzos, caso contrario sucedería si presentara un color rojo que indica que la mesa fallará.

⁴⁰ ROY R, CRAIG Jr, *Mecánica de Materiales*, Primera Edición en Español, México, 2002.

⁴¹ SOFTWARE, SAP 2000 V12.

Figura 2.22. Analisis del factor de seguridad por colores.
(Fuente: Software SAP2000 V12)



Como conclusión del análisis de la estructura metálica, se puede notar que las medidas del tubo de sección cuadrada son las adecuadas para el diseño y construcción de la mesa de trabajo, estas satisfacen los esfuerzos a los que van a estar sometidos.

CONCLUSIONES PARCIALES:

Los cálculos realizados en este capítulo tanto para la selección del motor eléctrico en función de la potencia como para la construcción de los dispositivos mecánicos del comprobador de inyectores, permiten demostrar matemáticamente la correcta selección de los mismos, además confirman que el diseño elaborado para la fabricación del banco de pruebas, se encuentra bajo los parámetros de resistencia a los esfuerzos que han sido analizados y que van a producirse durante su funcionamiento, garantizando que los elementos empleados son lo suficientemente fuertes, fiables, ergonómicos y seguros a las condiciones de trabajo a las que deben estar sometidos durante su actividad.

Las medidas para la construcción de la mesa y disposición de los componentes en el banco, han sido ocupadas teniendo en cuenta la ergonomía y fácil acceso que se tenga a estos, partiendo la estatura promedio de una persona en nuestra ciudad y la comodidad que el banco presente para su uso.

CAPITULO III

CONSTRUCCIÓN DEL BANCO

INTRODUCCIÓN.

Una vez diseñado y seleccionado los elementos en el capítulo II, se presenta el detalle de la construcción y el ensamblaje del banco de pruebas para inyectores mecánicos de tetón, espiga, y electrónicos tipo Bosch, para la construcción se tomaron en cuenta la adecuada adaptación de dispositivos, aparatos y mecanismos de accionamiento, lo que permitirá elaborar un banco de pruebas fiable, económico y funcional, capaz de realizar las comprobaciones en los inyectores.

Además dentro del presente capítulo, se incluyen los planos de construcción, en los cuales se detallan las dimensiones y formas de los diferentes componentes mecánicos.

3.1. Construcción del banco de pruebas.

Para la construcción del banco de pruebas, se realizaron cálculos para determinar que éste cumpla y satisfaga el correcto funcionamiento y establecer si el material seleccionado es el adecuado, que no esté expuesto a ningún tipo de deformaciones, sea resistente, seguro y ergonómico. Su diseño se realizó en base a la disposición de los elementos que lo constituyen. **(Figura 3.1)**

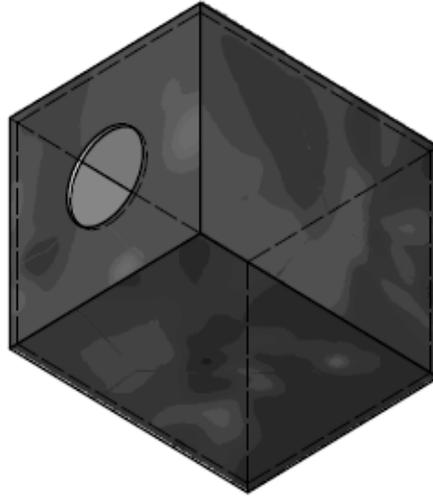
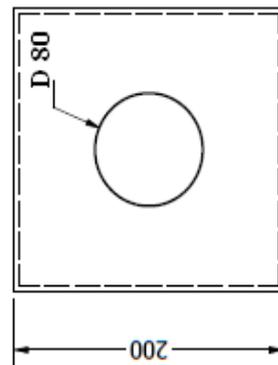
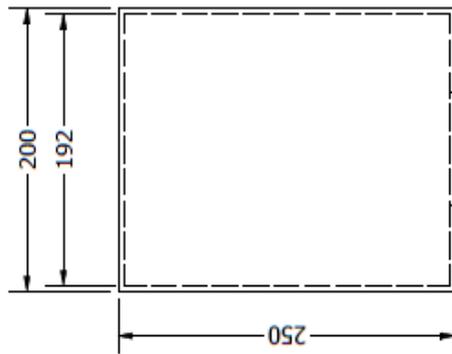
Figura 3.1. Esquema general.
(Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco.)



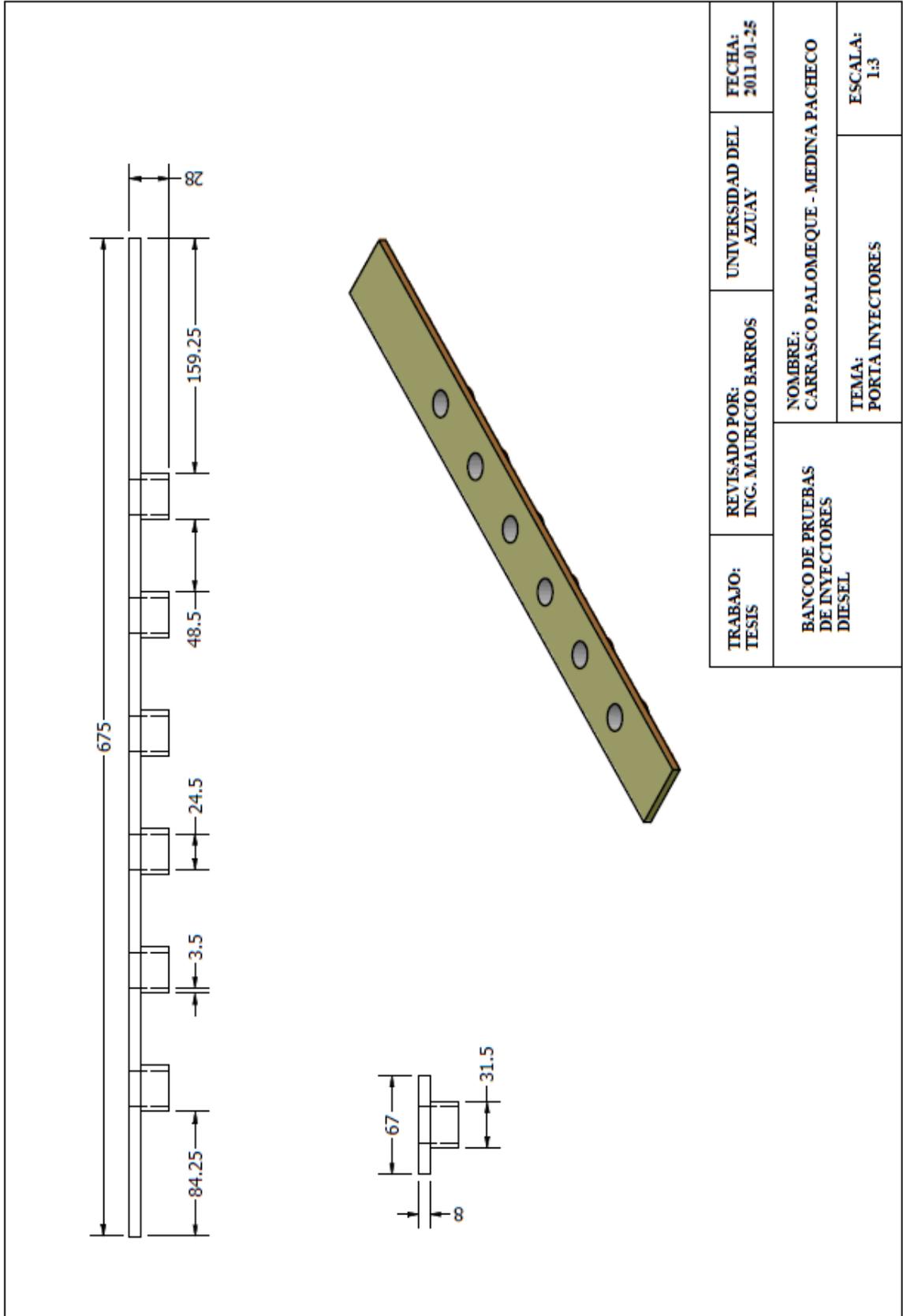
3.2. Planos de construcción del banco y sus elementos.

En este apartado se podrá observar las formas, detalles y el diseño de la parte estructural del banco de pruebas y sus elementos por medio de planos de construcción realizados con la ayuda de un software de dibujo⁴². También, se hacen constar los planos y dibujos de los elementos necesarios para la conformación del banco, los mismos que permiten proyectar su construcción y efectuar el acoplamiento adecuado de los dispositivos de trabajo. Los planos de construcción muestran básicamente las dimensiones a diferente escala, vistas y perspectivas de los principales elementos diseñados y construidos:

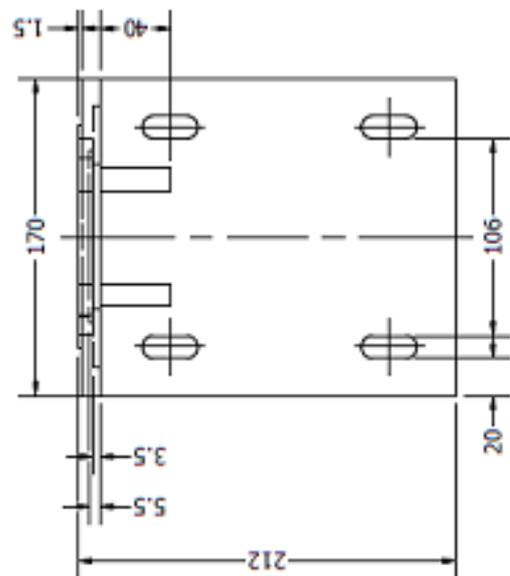
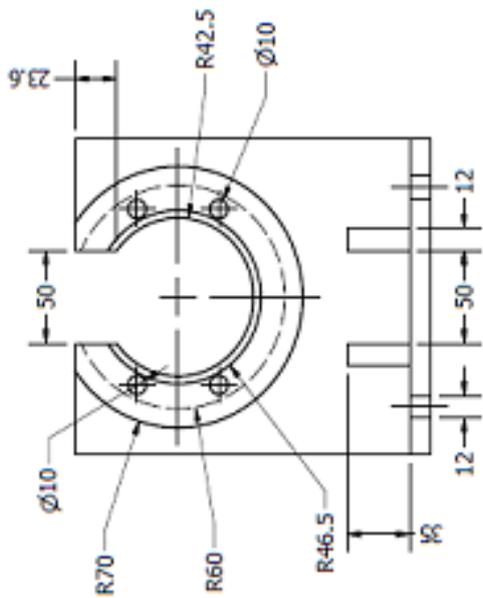
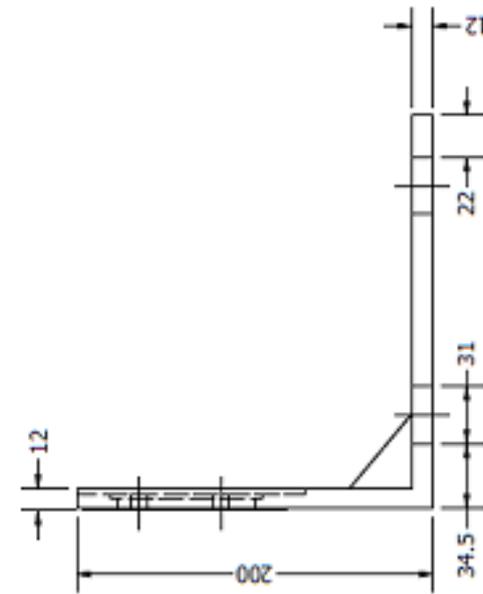
⁴² Autodesk Inventor 2011.



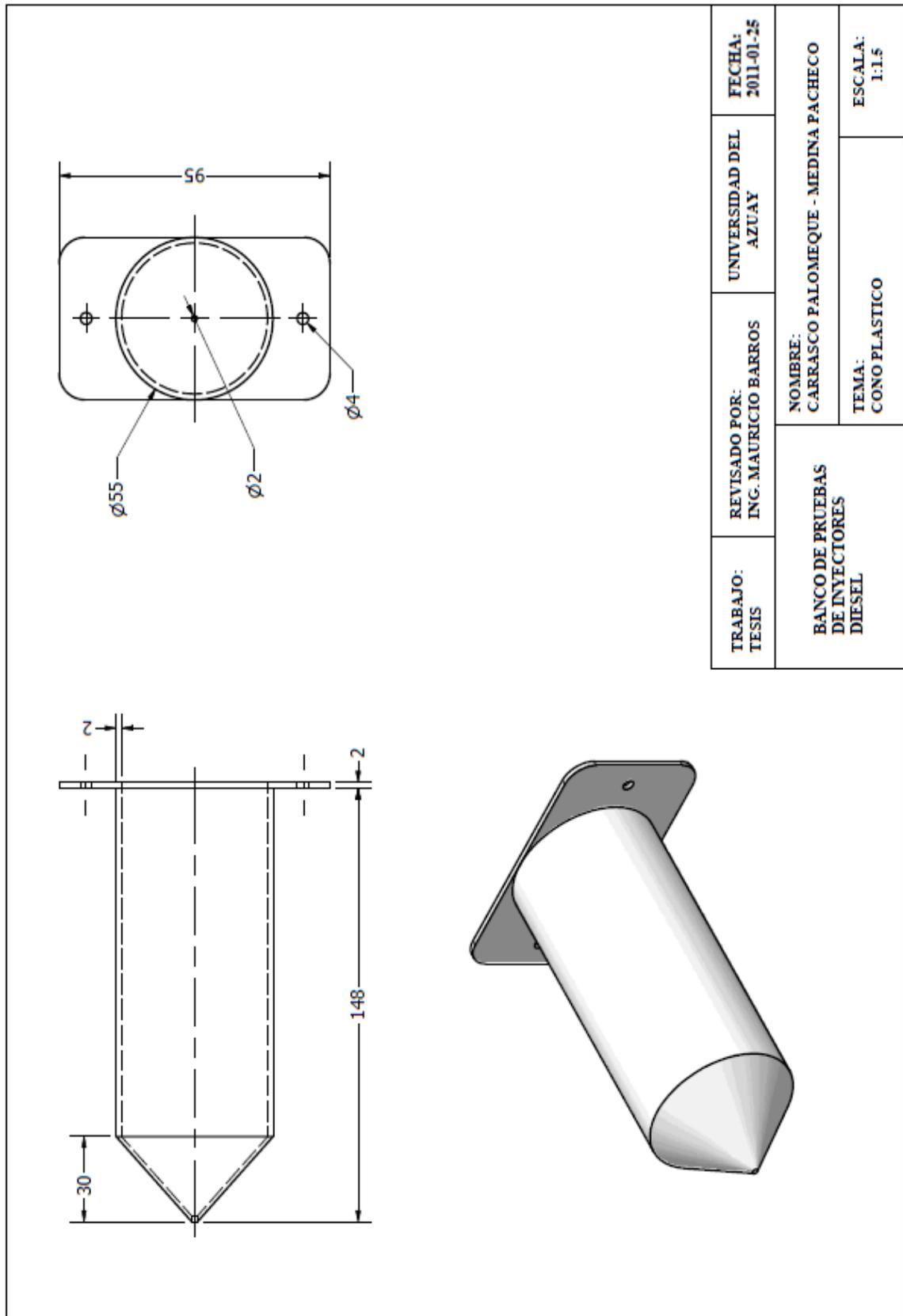
TRABAJO: TESIS	REVISADO POR: ING. MAURICIO BARROS	UNIVERSIDAD DEL AZUAY	FECHA: 2011-01-25
BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES DIESEL		NOMBRE: CARRASCO PALOMEQUE - MEDINA PACHECO	
		TEMA: RECIPIENTE DE CRISTAL	ESCALA: 1:4

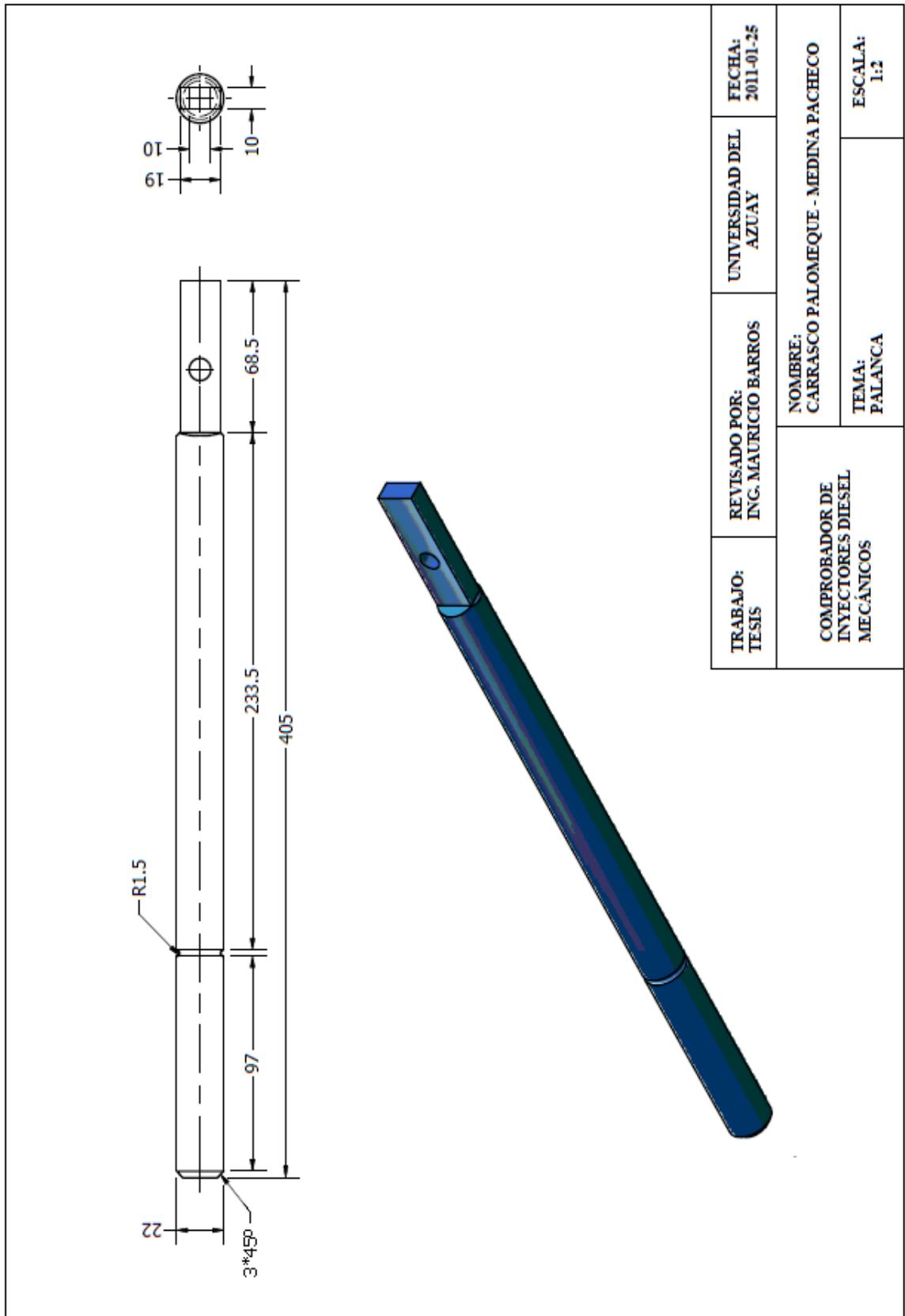


TRABAJO: TESIS	REVISADO POR: ING. MAURICIO BARROS	UNIVERSIDAD DEL AZUAY	FECHA: 2011-01-25
BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES DIESEL		NOMBRE: CARRASCO PALOMEQUE - MEDINA PACHECO	
		TEMA: PORTA INYECTORES	ESCALA: 1:3

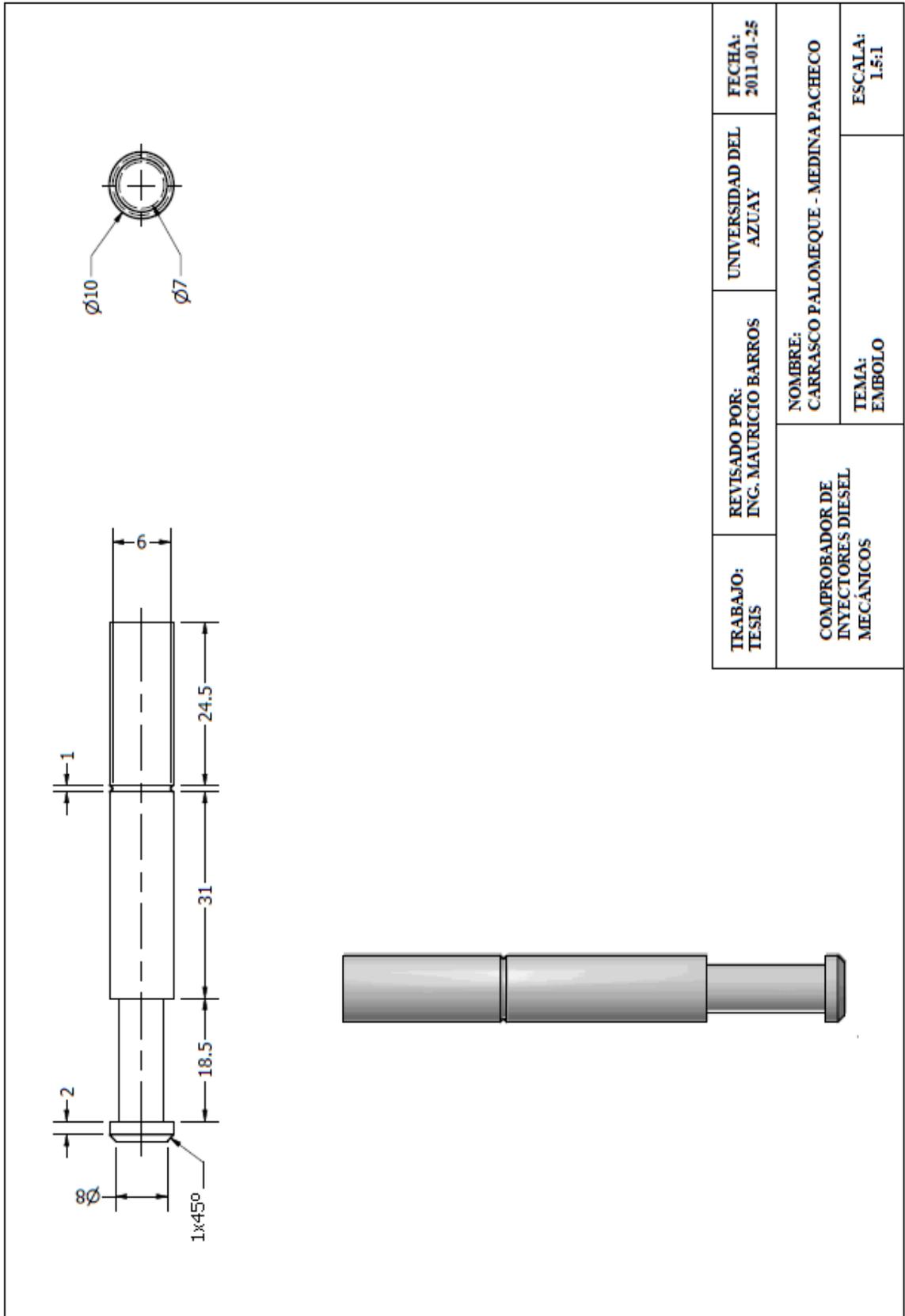


TRABAJO: TESIS	REVISADO POR: ING. MAURICIO BARROS	UNIVERSIDAD DEL AZUAY	FECHA: 2011-01-25
BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES DIESEL		NOMBRE: CARRASCO PALOMEQUE - MEDINA PACHECO	ESCALA: 1:3
		TEMA: SOPORTE BOMBA DE INYECCION	

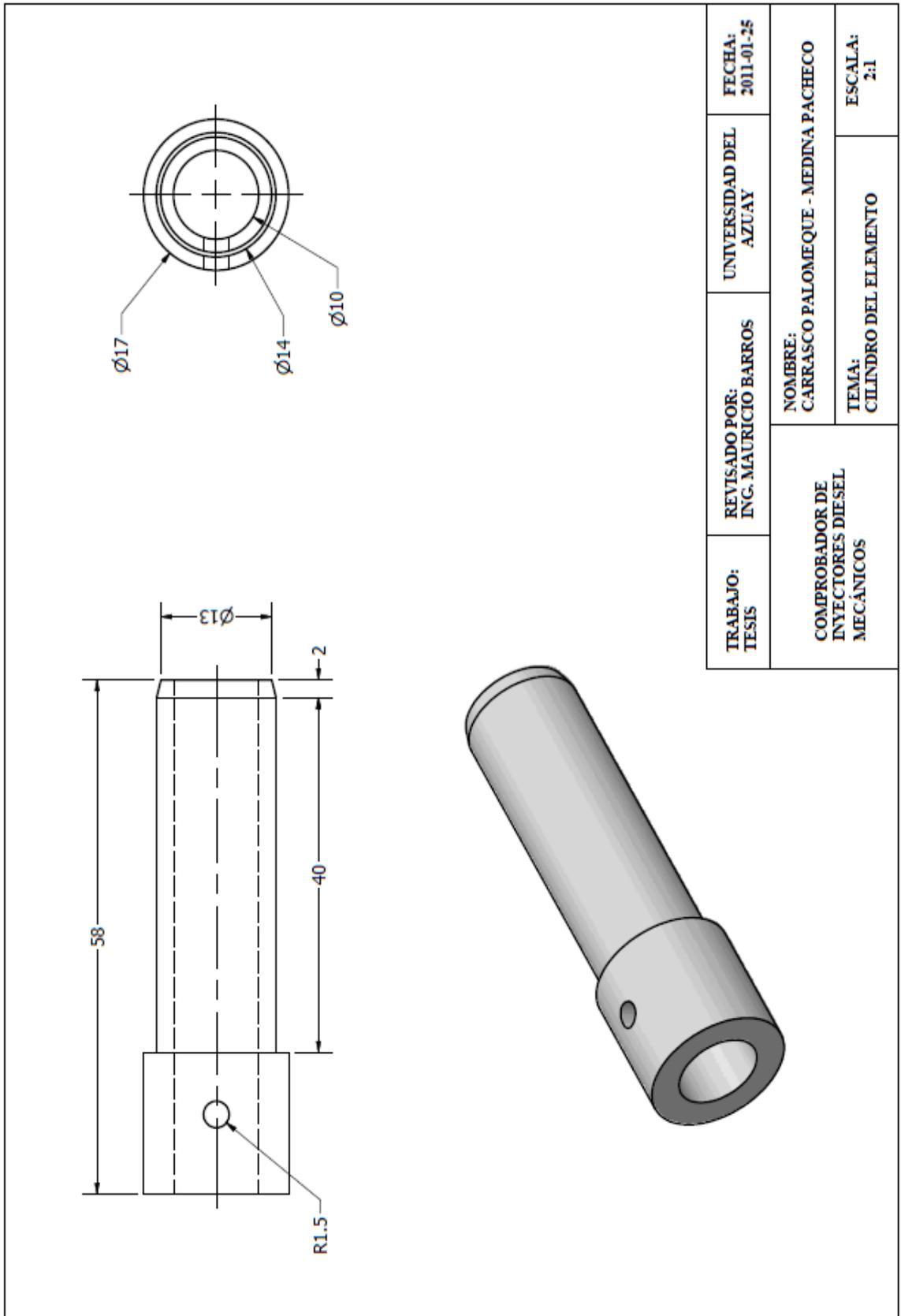




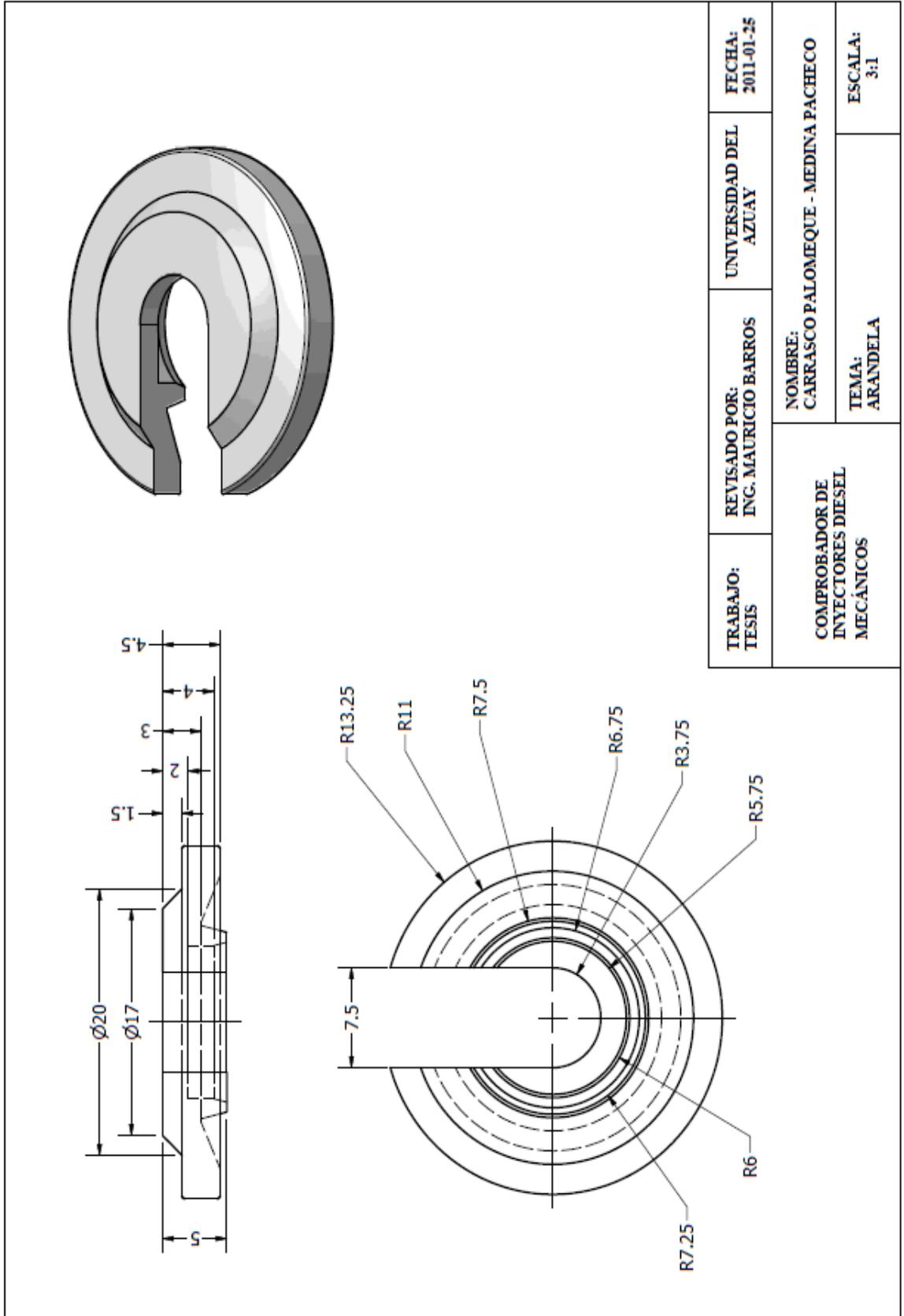
TRABAJO: TESIS	REVISADO POR: ING. MAURICIO BARROS	UNIVERSIDAD DEL AZUAY	FECHA: 2011-01-25
COMPROBADOR DE INYECTORES DIESEL MECÁNICOS		NOMBRE: CARRASCO PALOMEQUE - MEDINA PACHECO	
		TEMA: PALANCA	ESCALA: 1:2



TRABAJO: TESIS	REVISADO POR: ING. MAURICIO BARROS	UNIVERSIDAD DEL AZUAY	FECHA: 2011-01-25
COMPROBADOR DE INYECTORES DIESEL MECANICOS		NOMBRE: CARRASCO PALOMEQUE - MEDINA PACHECO	ESCALA: 1.5:1
		TEMA: EMBOLO	

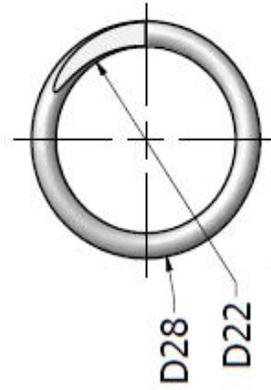
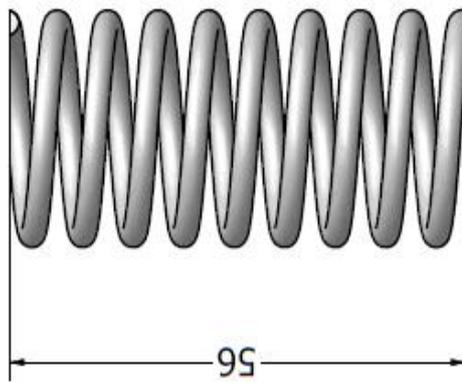


TRABAJO: TESIS	REVISADO POR: ING. MAURICIO BARROS	UNIVERSIDAD DEL AZUAY	FECHA: 2011-01-25
COMPROBADOR DE INYECTORES DIESEL MECÁNICOS		NOMBRE: CARRASCO PALOMEQUE - MEDINA PACHECO	ESCALA: 2:1
		TEMA: CILINDRO DEL ELEMENTO	

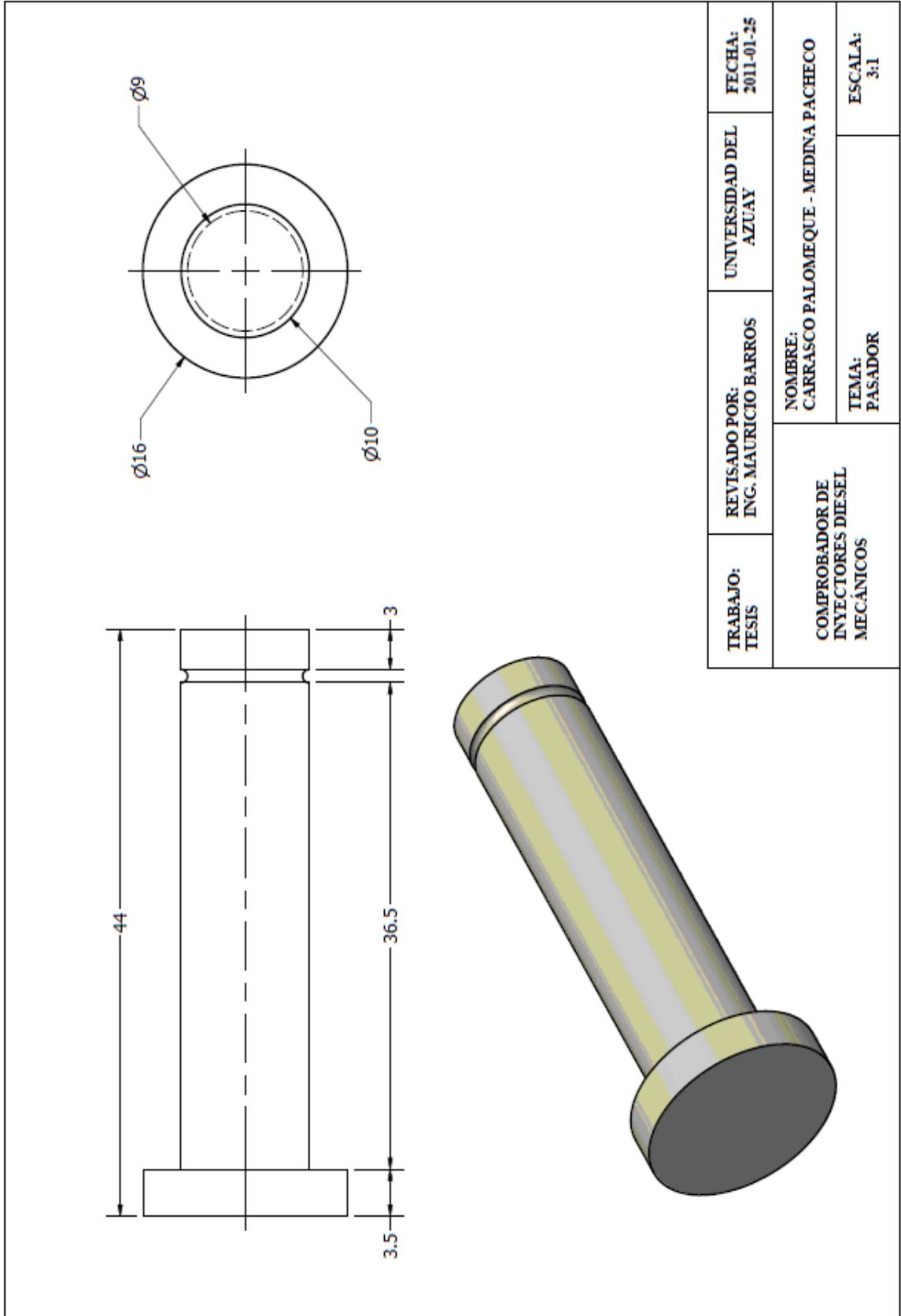


TRABAJO: TESIS	REVISADO POR: ING. MAURICIO BARROS	UNIVERSIDAD DEL AZUAY	FECHA: 2011-01-25
COMPROBADOR DE INYECTORES DIESEL MECANICOS		NOMBRE: CARRASCO PALOMEQUE - MEDINA PACHECO	
		TEMA: ARANDELA	ESCALA: 3:1

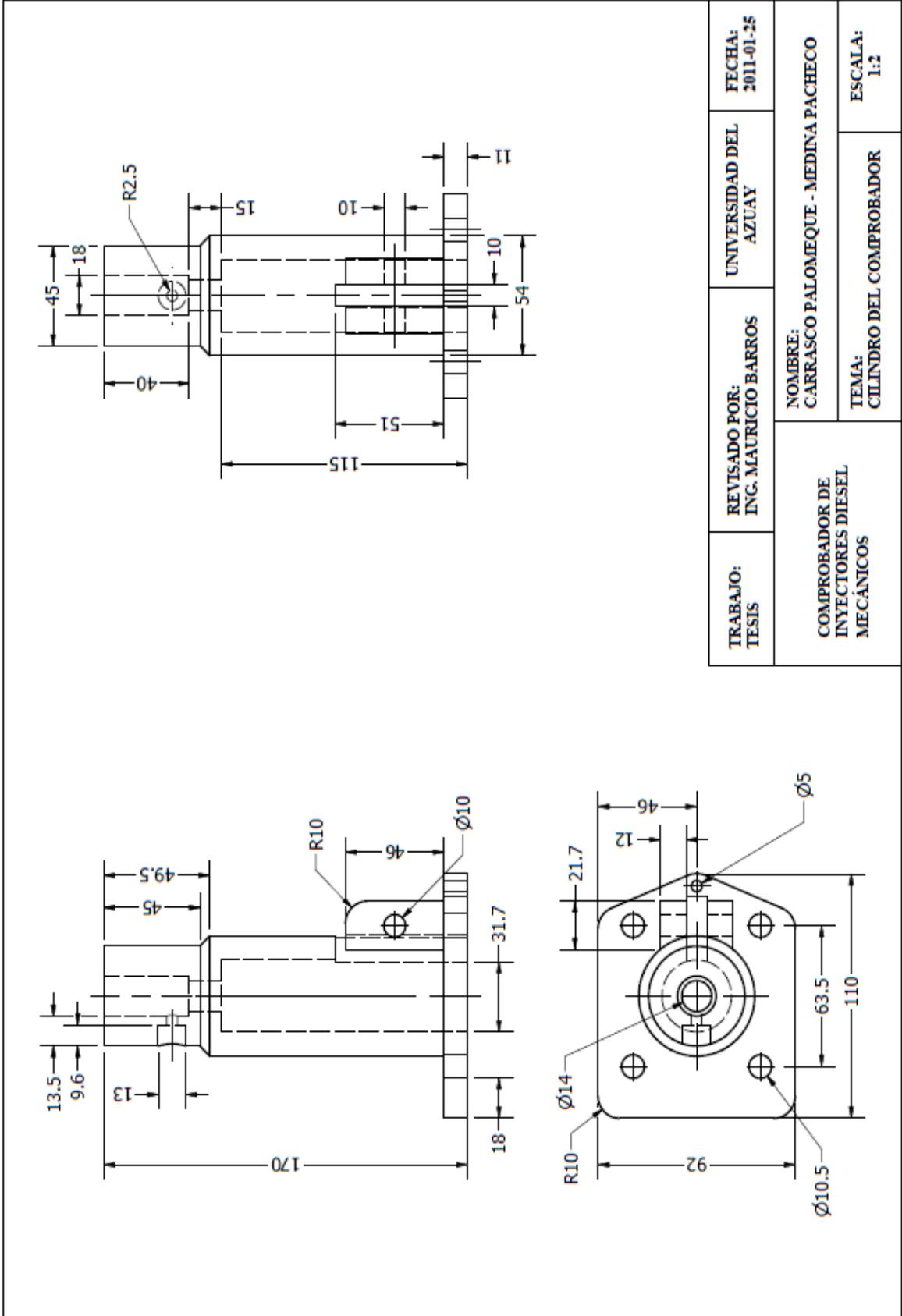
NÚMERO DE ESPIRAS: 9
 PASO: 5.55

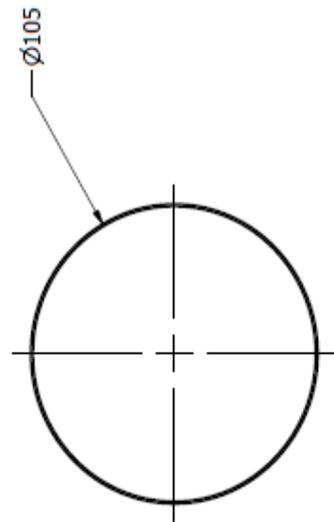
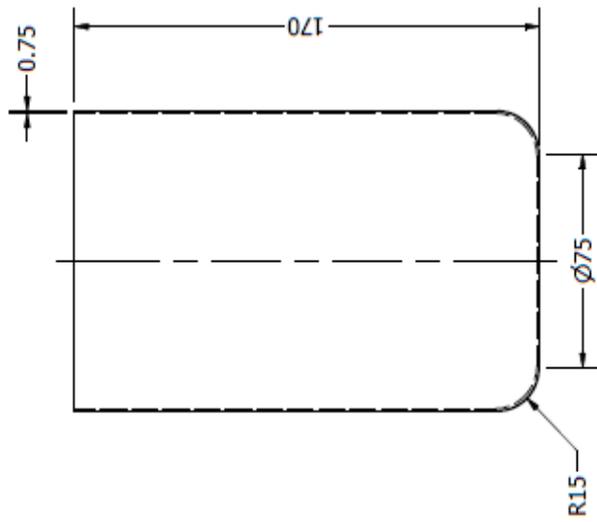


TRABAJO: TESIS	REVISADO POR: ING. MAURICIO BARROS	UNIVERSIDAD DEL AZUAY	FECHA: 2011-01-25
COMPROBADOR DE INYECTORES DIESEL MECÁNICOS		NOMBRE: CARRASCO PALOMEQUE - MEDINA PACHECO	
		TEMA: MUELLE	ESCALA: 1:5:1



TRABAJO: TESIS	REVISADO POR: ING. MAURICIO BARROS	UNIVERSIDAD DEL AZUAY	FECHA: 2011-01-25
COMPROBADOR DE INYECTORES DIESEL MECANICOS		NOMBRE: CARRASCO PALOMEQUE - MEDINA PACHECO TEMA: PASADOR ESCALA: 3:1	





TRABAJO: TESIS	REVISADO POR: ING. MAURICIO BARROS	UNIVERSIDAD DEL AZUAY	FECHA: 2011-01-25
COMPROBADOR DE INYECTORES DIESEL MECÁNICOS		NOMBRE: CARRASCO PALOMEQUE - MEDINA PACHECO	ESCALA: 1:2
		TEMA: DEPOSITO	

3.3. Construcción de la mesa del banco.

3.3.1. Estructura metálica.

Para la construcción de la estructura **figura 3.2**, se utilizó tubo estructural cuadrado cuyas medidas son 5x5 cm y 2 mm de espesor, el mismo que como se calculó en el capítulo II satisface los esfuerzos a los que va a ser sometido, este tubo viene con un largo de 6 metros para lo cual se procedió a realizar cortes en el mismo de manera que se pueda dar la forma a la estructura.

Una vez cortado los tubos necesarios para la construcción se procedió a unir mediante soldadura eléctrica para lo cual se utilizó electrodos (E6011) permitiendo así darle la forma a la estructura.

Figura 3.2. Estructura de la mesa del banco de pruebas.
Fuente: Carrasco Palomeque, Medina Pacheco.



3.3.2. Cubierta.

Para la cubierta se utilizó planchas de acero cuyas medidas fueron 2.40x1.22 metros y 2 mm de espesor y de 2.40x1.22 metros y 0.70 mm de espesor.

La plancha cuyo espesor es de 2 mm se utilizó en la parte superior de la mesa (1) para lo cual fue cortada y doblada, la plancha de 0,70 mm de espesor se la utilizará como cubierta (2) y puertas (3) es decir en la periferia de la mesa incluyendo puertas, así mismo fue cortada y doblada para su montaje en la estructura. **(Figura 3.3)**

Figura 3.3. Mesa del banco de pruebas.
Fuente: Carrasco Palomeque, Medina Pacheco.

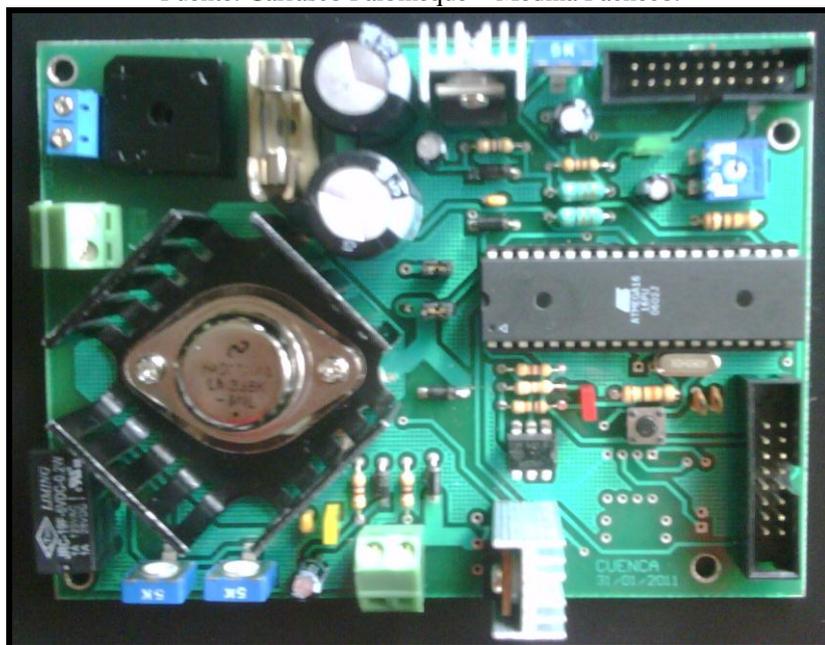


3.4. Tarjeta electrónica.

La programación del micro-procesador permite variar la frecuencia de inyección (ancho de pulso), así como también el número de inyecciones en la unidad de tiempo. Consta con un teclado, para poder por medio de este elemento introducir las operaciones de control que en este caso han sido diseñado (**figura 3.4**) de acuerdo a las necesidades de programación y de las operaciones de manejo necesarias para el funcionamiento del banco diseñado.

Para la visualización y control de los datos del proceso de trabajo durante el funcionamiento del banco, se ha empleado una pantalla de visualización de textos de dos líneas de 16 caracteres cada una y se comunica de forma directa con micro-procesador de la tarjeta electrónica.

Figura 3.4. Tarjeta electrónica.
Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco.



3.4.1. Display LCD.

El Display que se utilizó es para aplicaciones con microcontroladores, que permite visualizar 32 caracteres alfanuméricos en dos líneas de 16 caracteres.

Opciones de alimentación: 5V, 12V o dual.

Protecciones contra inversión de polaridad y picos de tensión.

Posee incorporado una tabla completa de caracteres ASCII (códigos 32 a 127) y además acepta códigos especiales de comando como ser: borrado de display, cambio de línea.

Figura 3.5. Display LCD.



3.4.2. Teclado.

Un teclado matricial es un simple arreglo de botones conectados en filas y columnas, de modo que se pueden leer varios botones con el mínimo número de pines requeridos. Un teclado matricial 4×4 solamente ocupa 4 líneas de un puerto para las filas y otras 4 líneas para las columnas, de este modo se pueden leer 16 teclas utilizando solamente 8 líneas de un microcontrolador. Si asumimos que todas las columnas y filas inicialmente están en alto (1 lógico), la pulsación de un botón se puede detectar al poner cada fila a en bajo (0 lógico) y comprobar cada columna en busca de un cero, si ninguna columna está en bajo entonces el 0 de las filas se recorre hacia la siguiente y así secuencialmente.

Figura 3.6. Teclado.



3.5. Comprobador de inyectores diesel.

El comprobador de inyectores es el encargado de realizar las pruebas de calibración y reglaje en los inyectores diesel mecánicos, basa su funcionamiento en la alta presión que genera mediante bombeo gracias a la ayuda de la palanca de mano.

El material utilizado para el comprobador de inyectores **figura 3.7** fue aluminio laminado al cual se mecanizó (torneó y freso) para darle los detalles y acabado final, el proceso de mecanizado fue muy cuidadoso debido a que el material es débil y además a la precisión que debe tener el probador para no dejar escapar la presión.

Además para su construcción se utilizó suelda especial para aluminio, para ello hay que tener la pericia necesaria de tal modo que en el momento de soldar no se produzca grietas que llegarían a dañar la exactitud del probador.

Figura 3.7. Comprobador de inyectores.
Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco.



3.5.1. Émbolo.

El émbolo del comprobador fue mecanizado en un acero de transmisión 1040, de diámetro 10mm, el proceso de mecanizado fue el siguiente:

- Cortar el acero.
- Torneado (refrentado y cilindrado).
- Fresado.
- Pulido de la superficie.
- Temple.

Figura 3.8. Émbolo.

Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco.



3.5.2. Cilindro del émbolo.

El cilindro del émbolo es uno de los elementos de más precisión, para lo cual su mecanizado fue muy juicioso en un acero de transmisión 1040 de 17mm de diámetro.

- Cortar el material (acero).
- Torneado (refrentado y cilindrado).
- Fresado.
- Taladrado.
- Pulido de la superficie.
- Temple.

Figura 3.9. Cilindro del émbolo.

Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco.



3.5.3. Cilindro del comprobador.

El cilindro del comprobador es el elemento que más precisión debe tener, pues debe ser hermético y no tener fugas, para ello este fue mecanizado en aluminio laminado de la siguiente forma:

- Se cortó el cilindro de aluminio laminado.
- Se torneó y pulió la parte interna y externa del cilindro, teniendo en cuenta los detalles que podrían dar lugar a la falla.
- Se freso la base del comprobador y se taladró los agujeros para los pernos.
- Se unió éstas dos piezas con suelda para aluminio.
- Finalmente se pulieron las superficies externas.

Figura 3.10. Cilindro del comprobador.
Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco.



3.5.4. Depósito de combustible.

Para el depósito de combustible se recicló un filtro de combustible de un tractor-camión, se sacó el papel filtrante, y en la base se taladró un agujero y con suelda (autógena) se soldó un acople para que permita el paso del combustible desde el depósito hacia el cilindro del comprobador.

Figura 3.11. Depósito de combustible del comprobador.
Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco.



3.5.5. Palanca de mano.

Para realizar la construcción de la palanca (**figura 3.12**) se utilizó un acero de transmisión SAE 1020 de 19mm de diámetro, cuyas características de alta resistencia y durabilidad brindan la fiabilidad del diseño y la construcción a la que va a ser sometido el material. Además para realizar la construcción el material fue fresado, torneado y taladrado, además consta en su un extremo con moleteado que permite que en el momento de las pruebas no se resbale de la mano, en el otro extremo cuenta

con un agujero que servirá para colocar el pasador que lo liga al cilindro del comprobador.

Figura 3.12. Palanca de mano del Comprobador de inyectores.
Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco.



3.5.6. Pasador.

El pasador (**figura 3.13**) se utiliza para unir a la palanca de mano con el cilindro, fue mecanizado (torneado) en acero SAE 1035 de diámetro (19mm) cuyas características a la fricción son elevadas, además tiene una dureza idónea para el tipo de trabajo a flexión y torsión que va realizar.

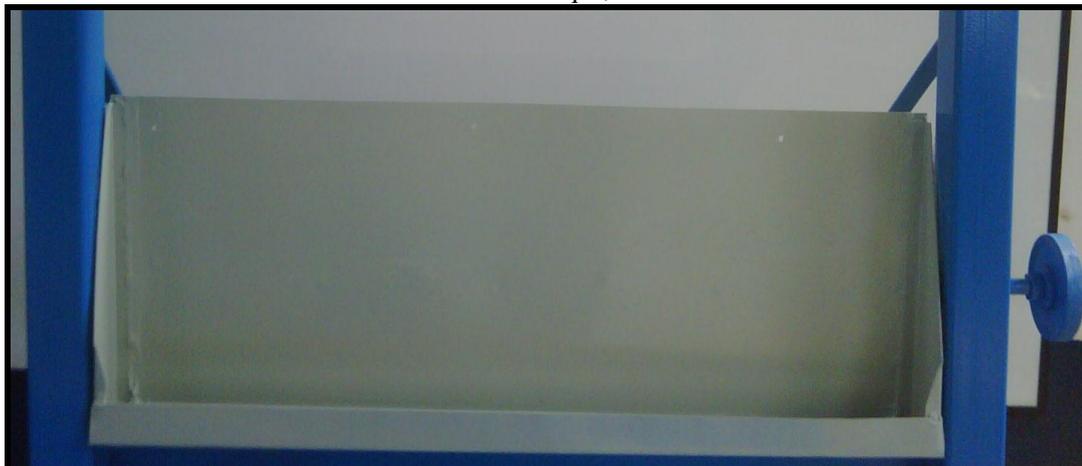
Figura 3.13. Pasador del Comprobador de inyectores.
Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco.



3.6. Porta probetas.

En la **figura 3.14**, se presenta el porta-probetas donde se asentarán las probetas en forma vertical, de manera que el líquido (diesel) inyectado por la bomba de inyección a través de los inyectores caiga directamente en éstas, está diseñado en plancha de acero de 0.7mm, la misma que fue cortada y doblada, además consta de un eje (eje porta-probetas) que permite girar a todo el mecanismo de tal forma que el líquido pueda ser vaciado sin necesidad de desmontar las probetas.

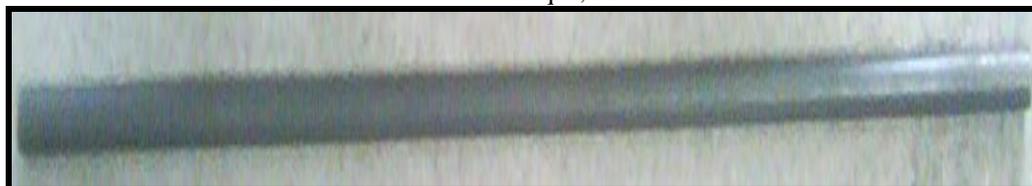
Figura 3.14. Porta-probetas.
Fuente: Carrasco Palomeque, Medina Pacheco.



3.6.1. Eje porta-probetas.

Permite girar el porta-probetas para que el líquido pueda ser vaciado, está mecanizado en acero de transmisión de diámetro 12 mm y longitud 850 mm.

Figura 3.15. Eje del porta-probetas.
Fuente: Carrasco Palomeque, Medina Pacheco.



Para el alojamiento del eje porta-probetas se mecanizó en acero de transmisión orificios (**figura 3.16**) para que en estos el eje pueda tener el movimiento giratorio.

Además en éste se aloja el eje del porta probetas, para ello se utilizó acero de transmisión de 25mm, el mismo que fue torneado y taladrado a medida para que el eje gire en el agujero taladrado sin ninguna dificultad.

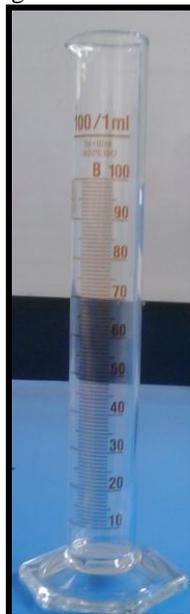
Figura 3.16. Porta Eje del porta-probetas.
Fuente: Carrasco Palomeque, Medina Pacheco.



3.7. Probetas.

Las probetas (**figura 3.17**), están ubicadas en el porta probetas, sujetadas a una plancha metálica (0.7mm) por medio de agarraderas y de bases. Su función es la de medir el caudal inyectado en cada prueba de verificación de la bomba de inyección montada en el banco. Las probetas montadas, tienen una capacidad de 100ml.

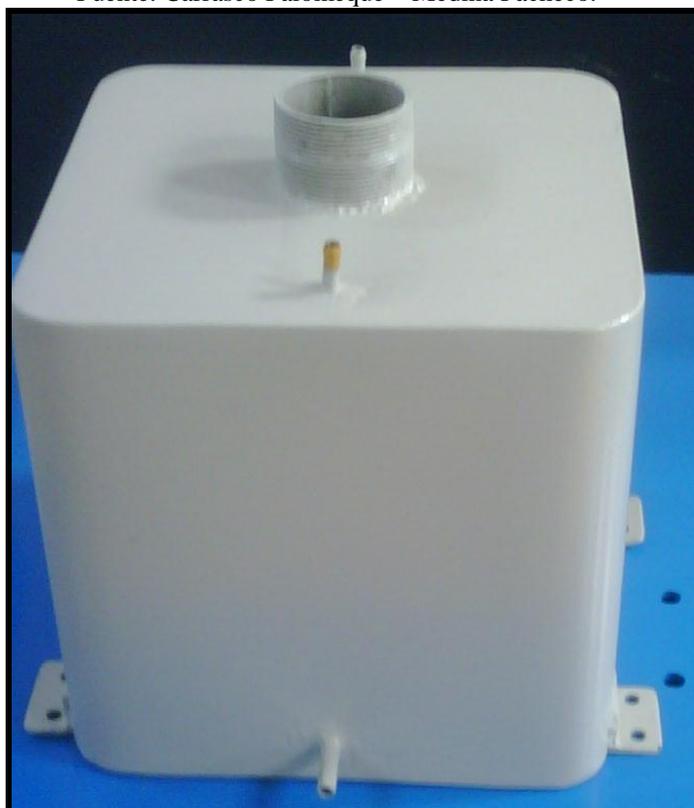
Figura 3.17. Probeta.



3.8. Construcción Depósito de combustible.

El depósito de combustible tiene la función de almacenar el líquido de ensayo (diesel), debe tener el suficiente tamaño (25x25x25cm) para mantener en su interior un nivel de combustible adecuado y pueda ser tomado por la bomba de alimentación, para enviarlo a través de las cañerías, permitiendo proveer siempre del líquido a la bomba de inyección y evitar que el sistema de alimentación se quede sin caudal e ingrese aire, afectando las comprobaciones del inyector que se encuentre probando en el banco de pruebas.

Figura 3.18. Depósito de combustible.
Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco.

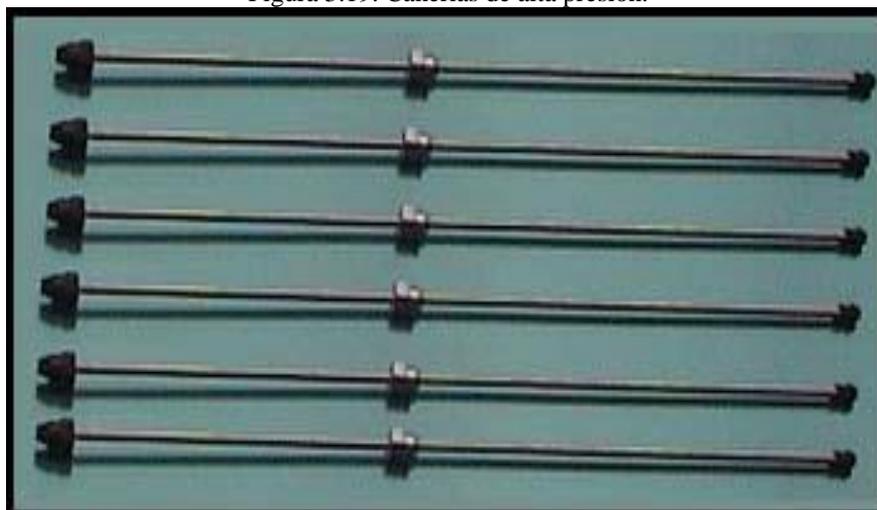


Para cumplir con este propósito se ha construido un tanque con la suficiente capacidad de abastecimiento 12.5 litros aproximadamente. En la **figura 3.18**, se observa el diseño del tanque de combustible.

3.9. Cañerías de combustible.

Las cañerías empleadas en el banco (**figura 3.19**), son de iguales características a las que se utilizan en los laboratorios diesel; por lo tanto, son resistentes a la presión que está sometido el combustible y no se deforman con la presión de trabajo (400 Bar), caso contrario se alteraría el caudal.

Figura 3.19. Cañerías de alta presión.



Las medidas del juego de cañerías para las bombas tipo A son: 2mm (diámetro interno) x 6mm (diámetro exterior) x 750mm (longitud).

3.10. Recolector de combustible.

El combustible (diesel) acumulado en las probetas, es recogido en una bandeja (recolector) (**figura 3.20**) que tiene como función enviar todo el Diesel por medio de un conducto al tanque para que vuelva a ser usado y recircule nuevamente por todo el sistema de inyección, permitiendo mantener la alimentación de combustible a un nivel adecuado de abastecimiento para continuar con las comprobaciones.

Figura 3.20. Recolector de combustible.
Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco.



3.11. Poleas

La **figura 3.21**, muestra las poleas que se emplearon para transmitir el movimiento desde el motor eléctrico hacia el eje de la bomba de inyección.

Se utilizaron dos poleas una ubicada en el eje del motor con un diámetro de 3 pulgadas (**figura 3.21b**) y la segunda ubicada en el extremo del eje de la bomba de inyección con un diámetro de 10 pulgadas (**figura 3.21a**). Ambas poleas poseen dos ranuras para transmitir el movimiento por medio de bandas tipo A, por la diferencia de tamaños de las poleas se produce una relación de transmisión de 3,33:1.

La polea de 10 pulgadas consta con un acople de acero de transmisión 1020 el mismo que permite acoplar al eje (cónico) de levas de la bomba de inyección dicho acople fue mecanizado de la siguiente manera:

- Cortar el material.
- Torneado.
- Taladrado.
- Fresado del chavetero.

Figura 3.21. Poleas.

Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco.



a) Polea 10 pulgadas



b) Polea de 3 pulgadas.

3.12. Extractor de polea.

Debido a que en el montaje de la polea en el eje de la bomba de inyección y luego del funcionamiento ésta tiende a ajustarse, se hace indispensable contar con el extractor (**figura 3.22**) que facilita la separación de la polea del eje de la bomba de alimentación.

El extractor fue torneado, fresado y roscado en un acero 1020 de transmisión.

Figura 3.22. Extractor de poleas.

Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco.



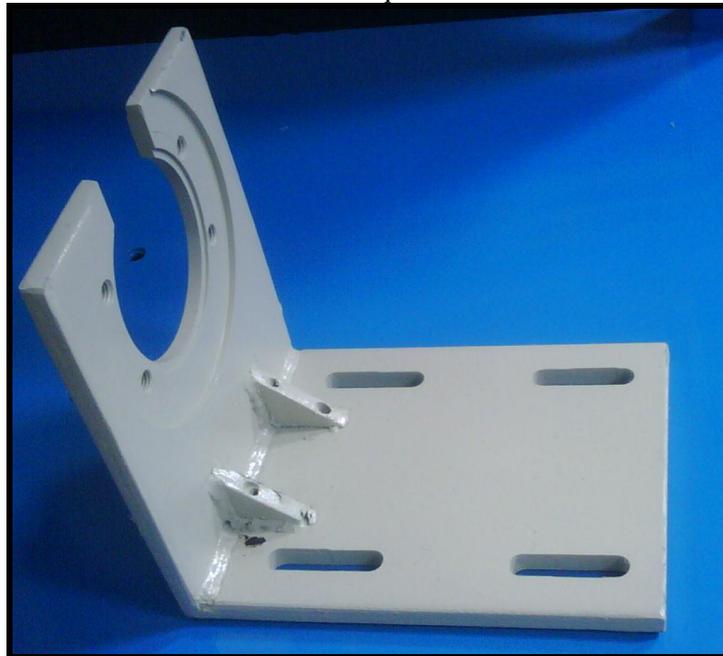
3.13. Bases de sujeción para las bombas de inyección tipo A.

Para la construcción del soporte de la bomba de inyección se utilizó plancha de acero de 12mm de espesor, en el mismo que se realizó los siguientes mecanizados:

- Cortar la plancha de acero.
- Cortado de las dos placas de soporte.
- Fresado de las superficies y agujeros para los pernos de sujeción contra la estructura.
- Taladrado y roscado para el alojamiento de los pernos de sujeción de la bomba.

La **figura 3.23**, muestra el aspecto de la base de sujeción construida para el montaje de las bombas de inyección tipo A.

Figura 3.23. Bases de sujeción para las bombas de inyección tipo A.
Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco.



3.14. Porta inyectores.

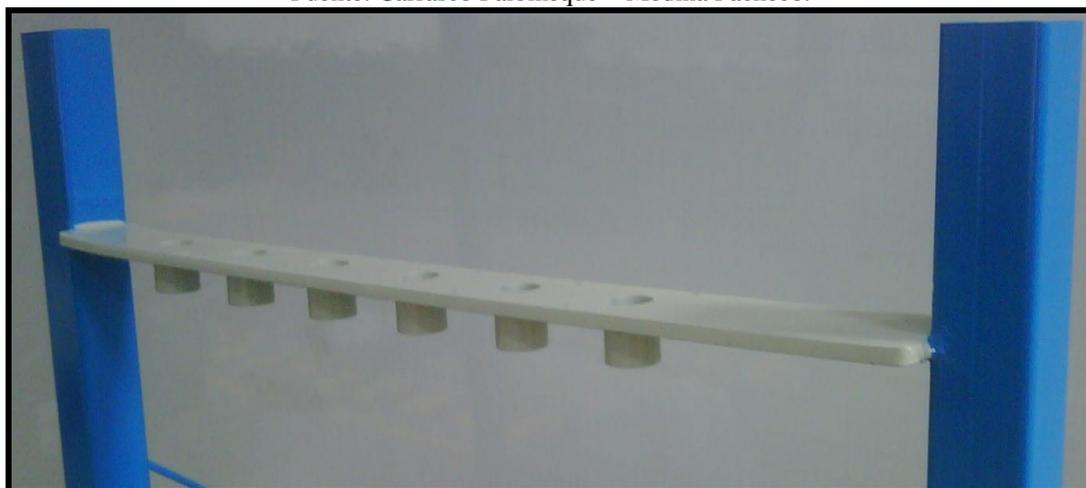
Para la construcción del porta inyectores se utilizó plancha de acero 1020, el proceso de mecanizado fue el siguiente:

- Cortado a las medidas de la lámina.
- Fresado de las superficies.
- Taladrado de los agujeros.
- Torneado de los aros de acero de transmisión 1070.

- Soldado de los aros de acero de transmisión a la plancha de acero.
- Pulida de las superficies soldadas.

La **figura 3.24**, muestran el aspecto del porta-inyectores, el mismo que va sujetado entre los parantes de la mesa.

Figura 3.24. Porta inyectores.
Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco.

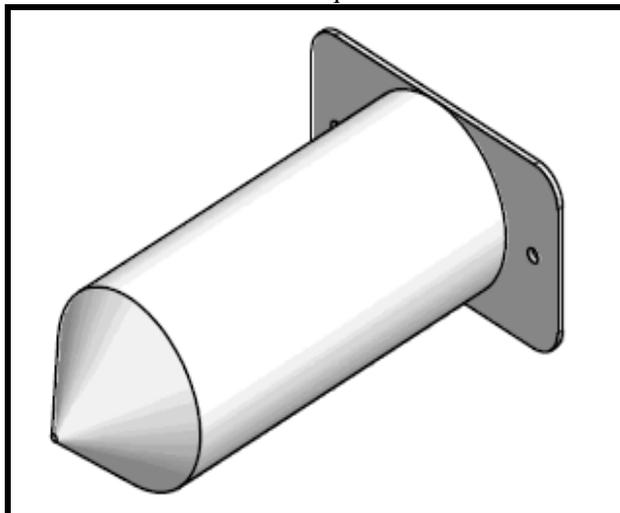


3.15. Conos plásticos.

La **figura 3.25**, muestra los conos porta inyector que van acoplados en la parte superior del porta inyector que alojan en su interior a los inyectores. Estos elementos se sujetan en la parte superior interna por medio de tornillos y tuercas; tienen la función de presurizar el combustible inyectado y enviarlo hacia la parte inferior en donde se encuentran las probetas.

Para su construcción se utilizó mica, la misma que da firmeza al material, para darle la forma final al cono fue necesario realizar moldes de madera, para a continuación calentar la mica y darle la forma del molde y pegar con silicona para plásticos, finalmente se procedió a pulir las uniones y a realizar el agujero en su punta con una broca de 2mm.

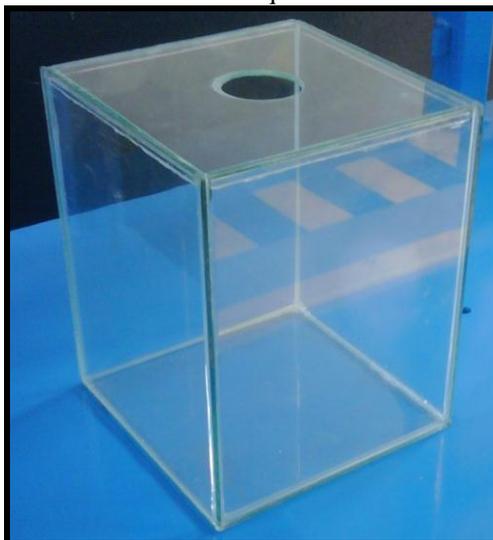
Figura 3.25. Conos porta-inyectores.
Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco.



3.16. Cubeta de cristal.

Para ello se utilizó vidrio transparente de 4mm de espesor el mismo que fue cortado a las medidas de la lámina (25x25x30cm), para el orificio ubicado en la tapa del recipiente se utilizó una broca propia para cristales de 4.5mm de diámetro. Una vez cortados todos los pedazos se los unió con silicona de tal manera que el recipiente quede hermético.

Figura 3.26. Cubeta de cristal.
Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco.



Conclusiones parciales:

La construcción del banco se basó estrictamente en el diseño del mismo, que se encuentra bajo los parámetros de resistencia de los materiales, esfuerzos que han sido analizados y que van a producirse durante su funcionamiento, garantizando que los elementos empleados son lo suficientemente fuertes, fiables y seguros a las condiciones de trabajo a las que van a estar sometidos durante su actividad. Además se tuvo en cuenta todos los detalles de funcionalidad, ergonomía, como peso, dimensiones (largo, ancho y alto) de manera que sea de fácil acceso y manejo de los elementos que componen el banco de pruebas.

CAPÍTULO IV

MANUAL OPERATIVO.

INTRODUCCIÓN.

Antes de operar éste comprobador, es recomendable leer atentamente todas las sugerencias que se dan a conocer en este capítulo. Aquí se dio énfasis a las operaciones y cuidados necesarios que deben realizarse para que los sistemas que conforman el banco de pruebas puedan seguir funcionando adecuadamente. Los cuidados que debe recibir el banco son los mismos que recibiría una máquina industrial, con la adición de ciertas recomendaciones específicas dadas por sus constructores; lo que ayuda a prolongar la vida útil de todos sus componentes, siendo fundamental para el óptimo rendimiento y confiabilidad durante su funcionamiento.

Además dentro del mantenimiento, está prevista la seguridad que es muy importante, a la hora de operar el banco de pruebas, no se debe dejar de informar sobre cualquier anomalía durante la puesta en marcha o funcionamiento de la máquina; informar si se escucha golpes, olores extraños, metal caliente, si se sienten cambios en el funcionamiento del banco, si se ven problemas en las conexiones y los cables del sistema eléctrico, fugas en el sistema hidráulico o anomalías en los otros componentes.

4.1. Operación.

Es necesario e indispensable saber acerca del uso y operación del banco, saber donde se encuentran ubicados sus elementos y en sí saber acerca del funcionamiento, debido a que si se desconoce del mismo se podría ocasionar serios daños físicos en la persona que manipula el mismo y materiales en el banco de pruebas o daños en los componentes del banco.

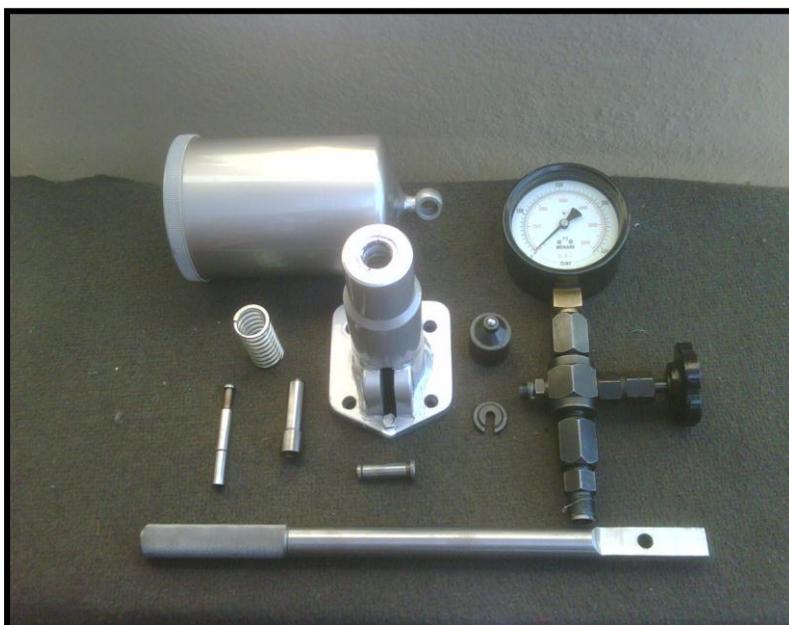
El banco consta de dos aplicaciones, la primera es la parte didáctica que sirve para observar el funcionamiento de un inyector, el orden de encendido y el caudal inyectado, la segunda es el comprobador del correcto funcionamiento y calibración de inyectores mecánicos (tetón y espiga) y electrónicos tipo BOSCH, el cual sirve para realizar las pruebas de comprobación en los inyectores mencionados.

4.1.1. Operación del comprobador de inyectores.

Figura 4.1. Piezas del Comprobador.
Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco

El comprobador del inyector consiste de:

La bomba de inyección con la palanca de mano, pistón 10 mm, recipiente para el combustible de prueba (Diesel) con el filtro, medida de presión con el



manómetro; de 0-400 bar (0-6000 PSI), 2 cañerías de presión con la unión M 12 x 1,5 y M 14 x 1,5.

- Lo primero que debemos hacer es asentar y fijar bien la base de sujeción del comprobador sobre la mesa de trabajo (**figura 4.2**), para ello se ha dispuesto de cuatro agujeros los cuales servirán para la sujeción en la mesa mediante pernos y tuercas.

Figura 4.2. Comprobador fijo en la mesa de trabajo.



Figura 4.3. Purga del comprobador.

- A continuación llenar el recipiente de combustible con el líquido de prueba limpio (Diesel). Abrir el tornillo de purga y operar la palanca de mano del comprobador de inyectores hasta que comience a salir burbujas (presencia de aire en la cañería) del flujo de aceite. Apretar el tornillo de purga y continuar bombeando hasta que el líquido de ensayo sin las burbujas salga por la válvula de entrega. Una vez purgado el comprobador se puede conectar el inyector al verificador por medio de la cañería de alta presión apropiada.



- La medida de presión comenzará a aumentar conforme se dan las emboladas mediante la palanca manual, para ello el tornillo de depresión debe ser ajustado de tal manera que evite que el líquido de prueba retorne al depósito, para apretar dicho tornillo girar el tornillo en sentido de las agujas del reloj.

Figura 4.4. Medida de presión con el manómetro.



Advertencia:

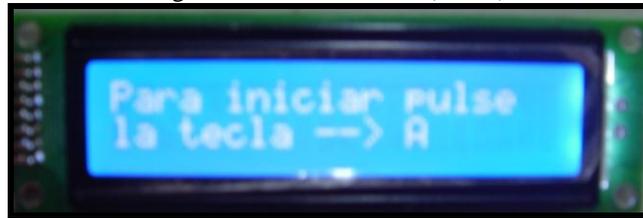
Cuando se prueban los inyectores es necesario e indispensable tener precaución, pues la presión de inyección es alta (400 bar) razón por la cual podría llegar a perforar la piel, además inspeccionar que el inyector no se encuentre trabado (al bombear con la palanca no aumenta la presión) pues esto podría ocasionar una explosión en el cilindro del comprobador debido a que el líquido se sobrecalienta al no tener un desfogue. En ningún caso se deberá utilizar gasolina para las pruebas, debido a que esta por su alto grado de inflamabilidad puede ocasionar una explosión, provocando serios daños físicos y materiales.

4.1.2. Tarjeta electrónica.

Para el uso de la tarjeta electrónica se ha dispuesto de un teclado y una pantalla LCD, en esta última se mostrará los pasos que debemos seguir:

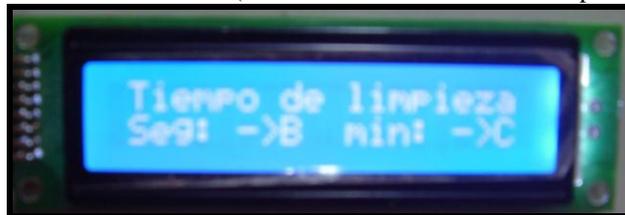
- Primero para empezar debemos pulsar la tecla A.

Figura 4.5. Pantalla LCD (Inicio).



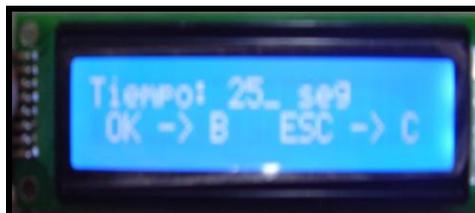
- A continuación seleccionamos la unidad del tiempo de la prueba, es decir, en minutos o en segundos.

Figura 4.6. Pantalla LCD (Selección de la unidad de Tiempo de Prueba).

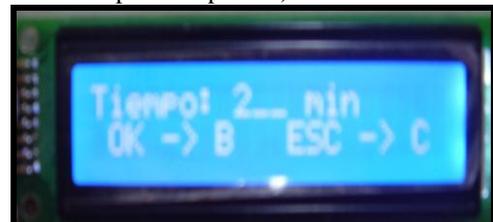


- Colocamos el tiempo que deseamos en la prueba.

Figura 4.7. Pantalla LCD (Selección tiempo de la prueba).



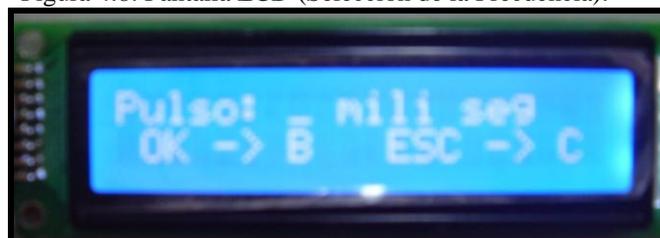
A. En segundos.



B. En minutos.

- Elegimos la frecuencia del pulso de inyección (milisegundos).

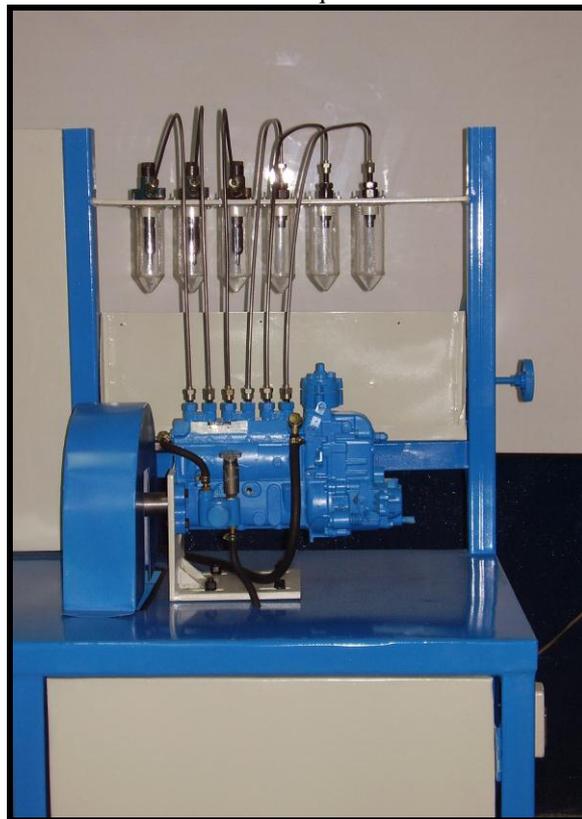
Figura 4.8. Pantalla LCD (Selección de la Frecuencia).



4.1.3. Operación de la parte didáctica.

Para poder operar la parte didáctica (**figura 4.9**) es necesario contar corriente trifásica (220V), la misma que alimentará al motor eléctrico (3HP), para ello el banco consta de un interruptor el cual permite o no el paso de la corriente de alimentación, el motor eléctrico mediante poleas y correas de transmisión transmiten el movimiento y transforman el movimiento rotatorio del motor eléctrico en movimiento lineal de los elementos de la bomba de alimentación, éstos últimos son los encargados de elevar la presión en el líquido de ensayo (Diesel) que alimentará a los inyectores para su final pulverización (175 Bar).

Figura 4.9. Parte didáctica.
Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco



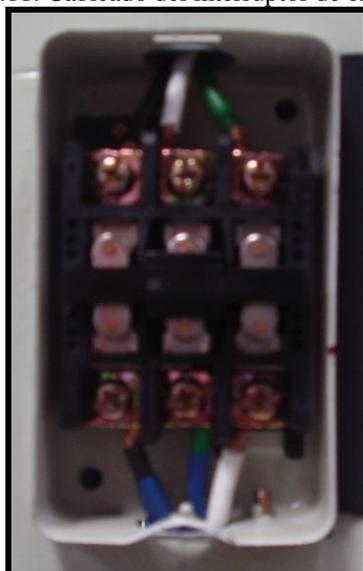
El interruptor (**figura 4.6**) consta con dos pulsantes, el uno es el de arranque o paso de corriente y el otro sirve para cortar la alimentación es decir detener el motor eléctrico.

Figura 4.10. Interruptor de encendido.



El motor trifásico puede girar en ambos sentidos, dependiendo del giro de la bomba de alimentación se verificará el giro en el motor, para invertir el giro solo basta cambiar la posición de los cables negro y verde (**figura 4.7**) en el interruptor, esto invierte el sentido de la corriente lo cual permite al motor cambiar su sentido de giro.

Figura 4.11. Cableado del interruptor de encendido.



Antes de operar esta parte del banco, es necesario asegurarse y fijar correctamente los elementos que se utilizarán como el motor eléctrico en la base de sujeción, ajustar

bien las poleas con sus chavetas en los ejes de la bomba de alimentación y motor eléctrico respectivamente (**Figura 4.12**).

Figura 4.12. Tensado de las bandas.



Es necesario tensar correctamente las correas de transmisión, para ello se consta de una platina (**figura 4.13**) la cual se la deberá mover y ajustar mediante el perno y tuercas de calibración para el correcto tensado de las correas.

Figura 4.13. Platinas para tensar las correas de transmisión.
Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco



Fijar y asegurar las cañerías de alta presión tanto en la bomba de alimentación como en los inyectores, además asegurarnos que los conos plásticos (**figura 4.14**) estén bien sujetos en el porta inyectores. Las probetas deberán estar bien asentadas en su alojamiento de manera que cuando se gire este último las probetas no tengan peligro de caer.

Figura 4.14: Conos plásticos y cañerías.
Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco



Finalmente asegurarse que no existan fugas en el sistema al momento de la operación, en caso de que existieran, se hace necesario suspender la operación del motor eléctrico; por tanto del sistema y verificar la zona donde existe la fuga y corregir el problema.

4.2. Mantenimiento.

El banco de pruebas está constituido en su gran mayoría por elementos mecánicos, los mismos que al estar expuestos al ambiente pueden sufrir corrosión. La primera recomendación que se puede citar es la de preservarla contra la intemperie siempre que sea posible.

El banco debe ser ubicado en un lugar lo más plano posible, sin la presencia de humedad, protegido bajo un techo y de ser factible luego de su utilización guarnecerlo bajo un cobertor propio para el banco. También es necesario limpiar la máquina regularmente para evitar que agentes externos como el polvo se adhieran a la estructura y cubiertas.

Otras recomendaciones importantes para dar un buen mantenimiento a la parte mecánica del banco construido son las siguientes:

4.2.1. Mesa de trabajo.

Las cubiertas de la mesa de trabajo se sujetan a la estructura del banco por medio de puntos de suelda, por lo que es necesario verificar y controlar que estos no se despeguen para evitar ruidos por vibración durante el funcionamiento del banco.

Además, hay que subrayar que todos los elementos mecánicos del banco de pruebas (**figura 4.15**), requieren de una inspección visual y limpieza.

Figura 4.15. Mesa de trabajo.
Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco.



4.2.2. Poleas.

Las poleas (**figura 4.16**) son los elementos de transmisión de movimiento, razón por la cual están exentas a desgaste, por lo que se hace necesaria una inspección visual para descartar cualquier anomalía o deformación que se presente.

Figura 4.16. Poleas.
Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco



4.2.3. Bandas o correas de transmisión.

Se debe realizar una inspección visual (antes de cada prueba), para determinar cualquier tipo de desgaste interno o externo de la misma, tener presente que no se deslice sola dentro de la polea, es decir, que no patine y además no debe presentar fisuras que puedan perjudicar el funcionamiento tanto del motor eléctrico como de la bomba de alimentación.

Figura 4.17. Correas de transmisión.



4.2.4. Soporte de la bomba de alimentación.

Debe estar libre de corrosión y sin grietas que pueden producir que la placa se rompa, debe ser revisada periódicamente y asegurarse que los pernos de sujeción se encuentren ajustados a la estructura metálica.

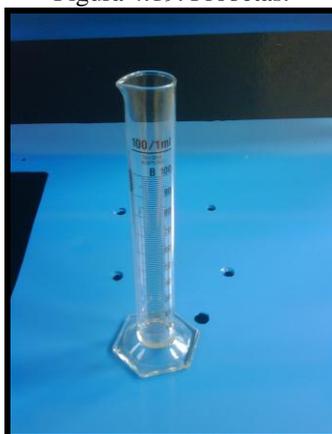
Figura 4.18. Soporte de la Bomba de inyección.
Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco



4.2.5. Probetas.

Son elementos de cristal y frágiles, por esta razón debe procurarse no someterlas a golpes que producirían que se rompan, deben estar bien sujetas al porta-probetas y ser limpiadas después de su uso para evitar que el combustible de pruebas deje una mancha en las mismas.

Figura 4.19. Probetas.

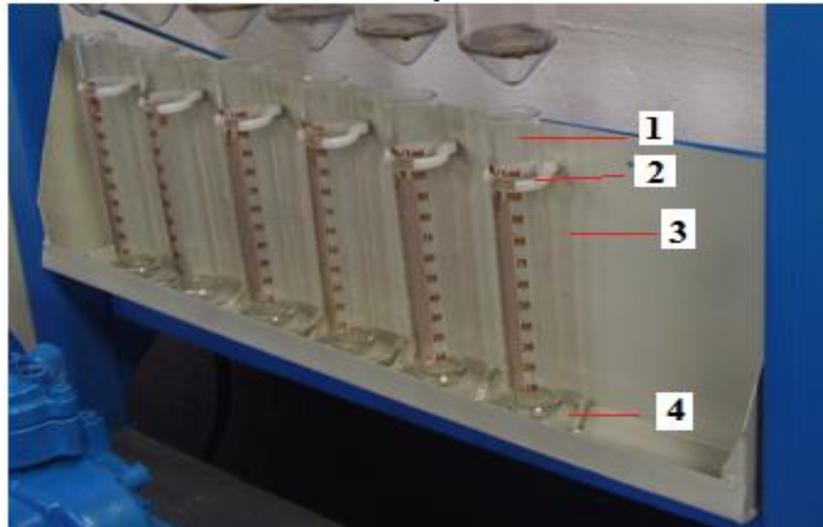


4.2.6. Verificación de las bases de sujeción de las probetas.

En la **figura 4.20**, se observa que las probetas (1) se sujetan a la placa (3) por medio de dos tipo de bases, las superiores (2) que tienen forma de abrazaderas y evitan que las probetas se desplacen hacia los lados y las inferiores (4) que incluyen en la

probeta, que sirve para asentarle en la base y se evita que las mismas se caigan cuando se gira la placa (3). Se recomienda revisar periódicamente estas bases para prevenir una caída de las probetas, pues las bases de sujeción pueden aflojarse y deben ser ajustadas por medio de los tornillos que las sujetan en la parte superior.

Figura 4.20. Bases de sujeción de las probetas.
Fuente: Carrasco Palomeque – Medina Pacheco.



4.2.7. Cubeta de cristal.

Deberá tener un especial cuidado, libre de golpes pues estos ocasionan trizaduras e incluso que estas se rompan, deberá ser inspeccionada que no existan trizaduras ni fisuras y que las paredes estén bien selladas con el pegamento, además debe ser limpiada periódicamente de manera que el líquido de ensayo que se ocupa no percuda el cristal y provoque poca visibilidad en las pruebas.

4.2.8. Mantenimiento de los elementos eléctricos y electrónicos.

El banco de pruebas construido basa su control de funcionamiento en el sistema eléctrico-electrónico, por lo tanto el mantenimiento de este sistema es muy importante y se deben considerar todas las recomendaciones de operación y precauciones de seguridad.

Una de las principales recomendaciones es la de asegurarse de que los cables de alimentación tengan una conexión adecuada a tierra. Es importante tener en cuenta que se está trabajando con instrumentos eléctricos en un ambiente húmedo (diesel), la conexión a tierra adecuada disminuye el peligro de recibir una descarga eléctrica. Inspeccionar frecuentemente los cables de alimentación para asegurarse de que no estén dañados. Los componentes que estén dañados deben ser reemplazados o reparados.

No mover los instrumentos eléctricos tirando de sus cables.

Figura 4.21. Inspección del circuito eléctrico.



4.2.9. Control del motor eléctrico.

El motor eléctrico **figura 4.22**, es el elemento que da movimiento a las poleas y por lo tanto a la bomba de alimentación respectivamente.

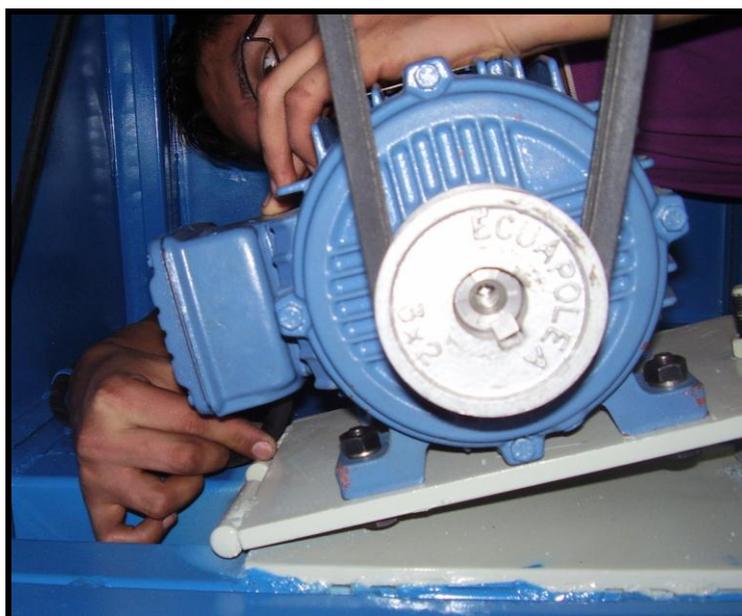
El motor se sujeta por medio de tornillos sobre unas placas, las cuales permiten tensar las bandas de transmisión, cuyo apriete debe ser verificado periódicamente para evitar la vibración durante su funcionamiento.

Figura 4.22. Motor Eléctrico (3HP).



Además, se debe controlar las conexiones de alimentación de la fuente al motor, las cuales están ubicadas en la parte posterior del motor. Como las condiciones de servicio son tan variadas, los periodos de inspección dependen del sitio de instalación; sin embargo, el banco de pruebas se recomienda verificarlo cada 20 pruebas que en éste se realice.

Figura 4.23. Inspección motor eléctrico.



Si el motor se encuentran durante este periodo en buen estado, se debe seguir con los mantenimientos de rutina y operando normalmente. En el caso que se detecten fallos de funcionamiento en periodos anteriores a los descritos es necesario dar una solución inmediata al problema que se presente. Para ello la ubicación del motor presenta una fácil accesibilidad que permite realizar su desmontaje si es necesario.

4.2.10. Verificación del arrancador del motor eléctrico.

El arrancador consta de un interruptor, el cual deberá estar libre de suciedad y alejado de la humedad, está ubicado en una caja metálica la cual en lo posible aísla a estos elementos de golpes y de lo antes mencionado.

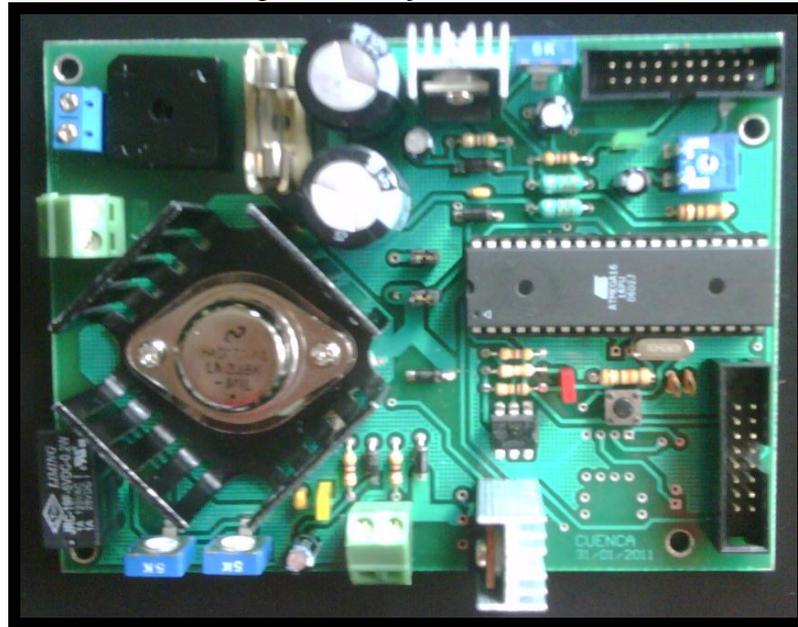
Figura 4.24. Inspección Arrancador.



4.2.11. Verificación de la tarjeta electrónica.

La tarjeta electrónica del banco de pruebas está ubicada en un tablero dispuesto en el la parte posterior de la mesa de trabajo (**figura 4.25**). Siempre que se efectúen los controles periódicos de mantenimiento se debe verificar las conexiones de alimentación y salida de cada elemento, que no hayan cables con el aislante roto, que no exista la presencia de suciedad y humedad en el interior de la caja que pueda provocar daños y cortocircuitos en estos elementos.

Figura 4.25. Tarjeta Electrónica.



4.2.12. Mantenimiento de los elementos del sistema hidráulico.

El banco de pruebas está constituido por diversos elementos que conforman el sistema de alimentación hidráulico, como son: depósito de combustible, mangueras y cañerías de alta presión e inyectores. El mantenimiento adecuado de este sistema asegura una buena alimentación a la bomba de inyección para efectuar sus comprobaciones.

Cuando se realicen intervenciones de verificación en el sistema hidráulico del banco de pruebas, deben tomarse una serie de consideraciones y precauciones como:

- El líquido de ensayo es perjudicial para la piel, por lo cual es aconsejable no permanecer en contacto con el mismo durante tiempos prolongados.
- Antes de desmontar cualquier componente del sistema deben revisarse las conexiones de los mismos y las zonas circundantes para evitar que penetre suciedad en el circuito.
- El líquido de ensayo puede deteriorar los componentes de goma y correas, por lo que debe evitarse todo tipo de derrame sobre ellos.
- Durante la revisión del sistema hidráulico, debe comprobarse la ausencia de fugas de combustible, así como el estado y calidad del mismo.

4.2.13. Verificación del combustible (Diesel).

El líquido de ensayo empleado en el banco es el diesel, que por efectos de trabajo llega a deteriorarse; la recomendación que se hace en este sentido es la de sustituir el combustible de todo el circuito (parte didáctica) cada 100 pruebas que se realice y para el caso del comprobador de inyectores el combustible no deberá ser reutilizado debido a las impurezas que se generan en cada prueba.

Figura 4.26. Control de nivel de combustible.



4.2.14. Comprobador manual.

La limpieza externa es esencial después de cada comprobación que se realice. El área de trabajo debe estar libre de polvo, grasa y humedad. El combustible que se usa en las comprobaciones debe estar totalmente libre de impurezas que puedan llegar a desgastar e incluso causar ralladuras en los elementos internos como: cilindro, émbolo, arandela de ajuste, muelle y seguidor, además pueden provocar la obstrucción interna en el comprobador, causando daños severos internamente.

Hacer funcionar el comprobador periódicamente, para evitar que sus elementos internos se traben por falta de uso y resequedad.

No es recomendable accionar la palanca manual cuando el nivel de combustible es bajo peor aun cuando no existe, pues en estas condiciones se produce ingreso de aire lo cual produce que el comprobador de una medida falsa, errónea o que no funcione.

El depósito de combustible del comprobador manual, también debe someterse a limpiezas periódicas, para evitar así que el combustible que se usa en la comprobación esté sucio o en malas condiciones. Además el filtro (**figura 4.16**) que se encuentra alojado en el interior del depósito deberá ser sustituido luego de un período de 2 meses.

Figura 4.27. Filtro del Comprobador.



Conclusiones Parciales:

Se han descrito todas las operaciones que desarrollan los elementos mecánicos y eléctricos que constituyen el banco de pruebas, además, todos los trabajos realizados de la forma sugerida garantizan un óptimo rendimiento y aumentan la vida útil de cada elemento, así como también, ayuda a prevenir accidentes de trabajo por no cumplir con el programa establecido de mantenimiento y precaución de accidentes.

Las operaciones que deben realizarse para cada elemento han sido sugeridas durante el desarrollo de este capítulo, por tal motivo al visualizar un elemento con alguna anomalía es importante informarse antes de realizar cualquier intervención de funcionalidad, así como, el técnico automotriz que esté al frente conozca y determine la capacidad de esta herramienta de comprobación y diagnóstico pueda efectuar todas las pruebas de forma simple y con los conocimientos necesarios para la operación del banco diseñado.

Capítulo V

PRUEBAS Y COMPROBACIONES EN LOS INYECTORES.

INTRODUCCIÓN.

En el capítulo V, se describen las pruebas principales que se elaboran durante la comprobación de los inyectores mecánicos diesel. Para tal efecto, es fundamental realizar las pruebas de verificación en los tipos de inyectores para los cuales ha sido diseñado el banco, estos son inyectores mecánicos de tetón y orificios y electrónicos tipo Bosch. Las pruebas de comprobación de los inyectores mencionados deben efectuarse primero en un banco de un laboratorio diesel y luego bajo las mismas condiciones en el banco construido. Los resultados de las pruebas obtenidas en el laboratorio van a servir como patrón de medición para los datos que se obtengan finalmente; debiendo en ambos bancos ser semejantes los datos obtenidos, de esta forma se argumentara su valides y por tanto quedarían comprobados y verificados los resultados del proyecto de tesis.

5.1. Pruebas y comprobaciones en los inyectores diesel mecánicos y electrónicos.

Para efectuar las pruebas de los inyectores mecánicos y electrónicos diesel en el banco de pruebas, es esencial tener un ambiente que reúna las condiciones necesarias como por ejemplo que esté libre de polvo y suciedad, poseer las herramientas y útiles especiales, información y datos precisos, así como la experiencia y conocimientos, antes de realizar cualquier intervención sobre un inyector.

De acuerdo al diseño del banco construido, éste está en la capacidad de efectuar las pruebas de verificación en los inyectores diesel mecánicos de tetón, orificios y electrónicos tipo Bosch. Cada inyector debe ser sometido a una verificación preliminar, cuyo objetivo principal es determinar el estado de desgaste de cada elemento y a continuación se efectúan una serie de pruebas de los inyectores que permiten establecer el estado del inyector. También se procede al desarmado y reparación de los componentes defectuosos, realizando después el armado y las pruebas, antes de volver a probar el inyector en el banco, donde se verificará:

- Síntomas de mal funcionamiento.
- Limpieza del inyector.
- Verificación de los componentes.

5.1.1. Síntomas de mal funcionamiento

La comprobación de los inyectores se debe hacer cuando se detecte un funcionamiento deficiente de los mismos. Los síntomas de mal funcionamiento de los inyectores son:

- La emisión de humos negros por el escape.
- La falta de potencia del motor.
- Calentamiento excesivo.
- Aumento del consumo de combustible.
- Ruido de golpeteo del motor.

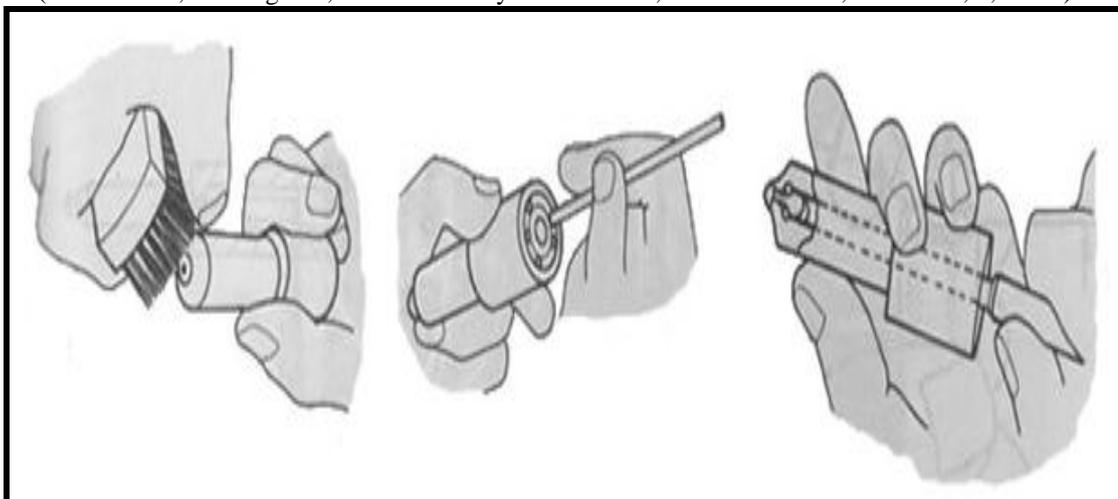
Puede localizarse el inyector defectuoso haciendo la prueba al desconectar el conducto de llegada de combustible mientras el motor está en funcionamiento. En

éstas condiciones se observa si el humo del escape ya no es negro, cesa el golpeteo, etc., en cuyo caso, el inyector que se ha desconectado es el defectuoso. Hay que tener en cuenta que si desconectamos un inyector el motor disminuye su funcionamiento, esto demuestra, que el inyector sí está funcionando.

5.1.2. Limpieza del inyector.

Si sabemos que el inyector tiene algún tipo de problema en su funcionamiento, deberá procederse al desmontaje del mismo para verificar el estado de sus componentes y realizar la oportuna limpieza de los mismos, la cual se efectúa con varillas de latón con punta afilada y cepillas de alambre, también de latón como se muestra en la **figura 5.1**. Con estos útiles se limpian las superficies externas e internas de la tobera y la aguja, para retirar las partículas de carbonilla depositadas en ellas, sin producir ralladuras que posteriormente dificultarían el funcionamiento.

Figura 5.1. Limpieza de los elementos del inyector.
(Fuente: GIL, Hermogenes, Sistemas de Inyección Diesel, Editorial CEAC, Barcelona, b, 2002.)



Las incrustaciones fuertes en lugares poco accesibles, como el taladro de la tobera, pueden ablandarse sumergiéndola en agua mezclada con sosa cáustica y detergente. Posteriormente debe ser limpiada y secada, para sumergirla a continuación en combustible hasta el momento del montaje.

5.1.3. Verificación de los componentes.

Para la verificación de los componentes, deberán inspeccionarse las caras de unión del soporte de la tobera y de el porta-inyector. Si existen ralladuras, corrosión o deformaciones, deberán ser sustituidas los elementos. También se examinarán las superficies de acoplamiento de la aguja del inyector y la tobera. Un tono azulado de estas superficies indica que han funcionado a temperaturas excesivas, a las cuales, pueden producirse el destemplado del material, por cuya causa deben ser sustituidas ambas piezas. El asiento de la aguja debe presentar un buen acabado mate en las zonas de contacto, sin escalón indicativo de desgaste excesivo. Si se encuentran ralladuras en estas zonas, deberán ser sustituidos estos componentes, teniendo en cuenta el ajuste entre la aguja y su tobera.

Se comprobará igualmente que la aguja se desliza fácilmente en el interior de la tobera, sin agarrotamiento ni holguras. Colocada la tobera en posición vertical como se indica en la **figura 5.2**, la aguja debe caer hasta el fondo del asiento por su propio peso. Apretándola ligeramente con la mano contra su asiento, al invertir la posición de la tobera, la aguja debe mantenerse sobre su asiento, si ambos están impregnados de combustible y, al golpearla ligeramente con los dedos, deberá caer libremente. En caso de que esto no ocurra, deberá efectuarse nuevamente la limpieza y si esto no fuese suficiente, se sustituirá el conjunto.

Figura 5.2. Verificación de la aguja y tobera.

(Fuente: GIL, Hermogenes, Sistemas de Inyección Diesel, Editorial CEAC, Barcelona, b, 2002.)



En el porta-inyector deberá comprobarse la varilla de empuje, que no debe estar deformada ni presentar señales de golpes o deformaciones, prestando especial atención a su estado de desgaste. También debe comprobarse el estado del muelle y el dispositivo de reglaje.

5.2. Pruebas y reglaje a las que se someten los inyectores.

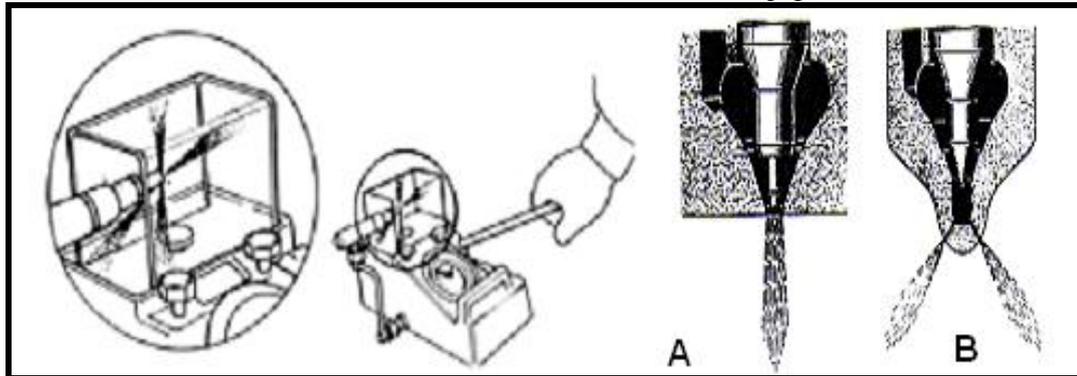
1. Prueba de pulverización o de la forma del chorro que permite determinar si el conjunto inyector: tobera y aguja está sucio o dañado.
2. Comprobación de la presión de apertura del inyector que permite comprobar si la aguja se levanta de su asiento de la tobera al alcanzar el combustible la presión correcta de inyección.
3. Prueba de fugas de retorno por el inyector que permite determinar si el conjunto del inyector tobera y válvula de aguja es estanco.
4. Prueba de fugas internas en el inyector permite averiguar el grado de desgaste interno del conjunto debido a falta de estanqueidad entre las dos partes del cuerpo del inyector o a desgaste entre la aguja y su alojamiento.

Antes de llevar a cabo una de las pruebas indicadas a continuación se monta el inyector en el banco de pruebas utilizando el adaptador adecuado. Purgue el probador manual y la tubería de combustible y mueva rápidamente la palanca del comprobador de forma que se produzca la inyección dos o tres veces a fin de desalojar cualquier partícula de suciedad o depósito de carbonilla que pueda haber en el inyector.

5.2.1. Verificación de la pulverización.

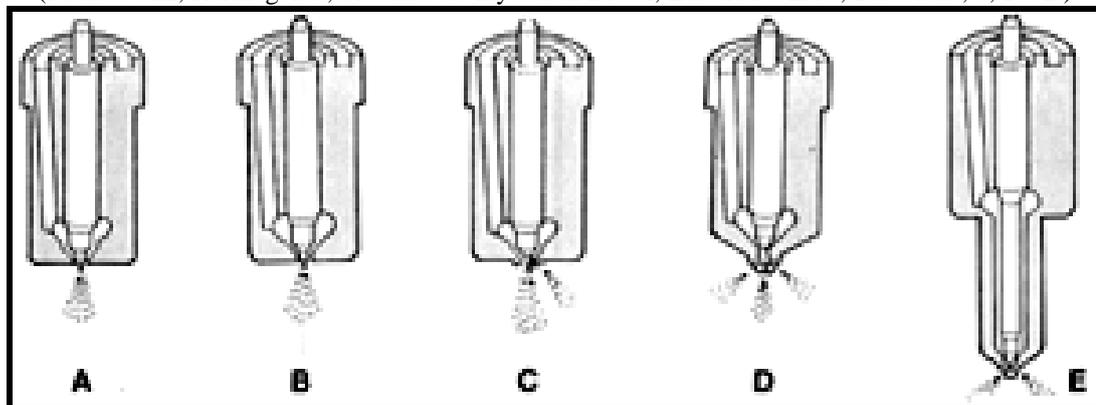
Un chorro no uniforme, de aspecto estriado o fragmentado indica que el inyector está sucio o presenta algún tipo de daño. Las formas de chorro deseables en la mayoría de los tipos de inyectores son las que se indican en las **figuras 5.3**. El chorro proyectado por el inyector debe ser regular, en forma de abanico, centrado con respecto al eje del inyector, sin interrupciones ni estrías y sin goteo.

Figura 5.3. Pulverización de inyección.
(Fuente: LAFORA, Ma José, Motores Diesel, Madrid, 198pags, 2 da Edición)



Si el chorro sale del inyector oblicuamente, formando estrías o con interrupciones ello indica que está sucio o dañado. Téngase en cuenta no obstante que algunos inyectores de orificios múltiples comúnmente utilizados en motores de inyección directa producen varios chorros finos en abanico (D o E) **figura 5.4**. En este caso la forma del chorro deberá comprobarse de la misma manera pero sin tener en cuenta los huecos entre los diferentes chorros.

Figura 5.4. Pulverización de inyección de inyectores tipo tetón y orificios.
(Fuente: GIL, Hermogenes, Sistemas de Inyección Diesel, Editorial CEAC, Barcelona, b, 2002.)



Además el inyector C, de la **figura 5.4**, tiene un orificio auxiliar a un lado del central, que produce un chorro adicional descentrado. Bombeando más despacio con la palanca del comprobador de inyectores se conseguirá que la inyección se produzca únicamente por ese orificio auxiliar del inyector. Ante cualquier irregularidad en la forma del chorro deberá desarmarse, limpiarse y examinarse el conjunto inyector.

5.2.1.1. Reglaje.

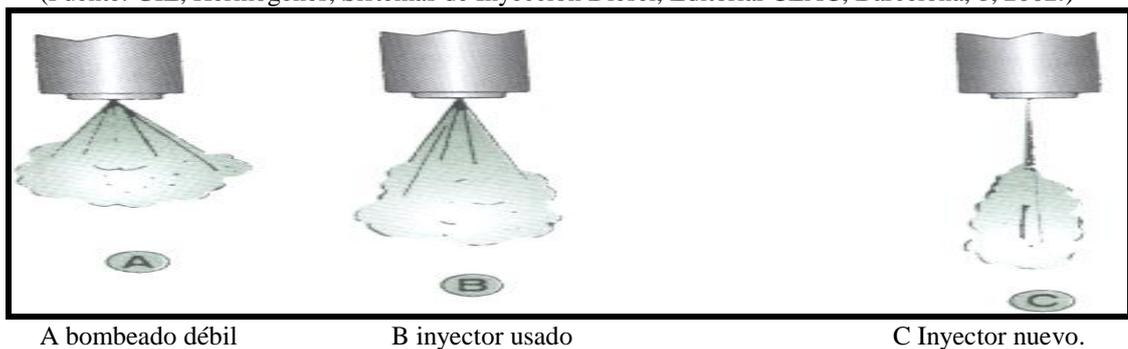
Para comprobar la forma del chorro el manómetro deberá estar cerrado. Para realizar esta verificación la bomba debe ser accionada y observar el chorro de combustible que debe ser fino y homogéneamente pulverizado **figura 5.5**. Si existe un chorro continuo, goteo o pérdidas buscamos la avería en las siguientes causas:

- Goteo por el orificio u orificios pulverizadores. Se debe a la suciedad en el asiento de la válvula.
- Goteo por la unión con el porta-inyector. Indica suciedad en la zona de asiento en la tobera con el porta-inyector, mal acoplamiento de las partes o apriete inadecuado.
- Si el chorro de combustible es continuo. Existe una falta de ajuste en la válvula sobre la tobera o rotura del muelle de presión.

Nota: Se recomienda en estos casos desmontar al inyector y limpiar sus elementos sustituyendo los elementos que se encuentran en mal estado. No colocar las manos cerca de la pulverización del combustible porque puede ocasionar daños a la salud.

Figura 5.5. Pulverización de inyección.

(Fuente: GIL, Hermogenes, Sistemas de Inyección Diesel, Editorial CEAC, Barcelona, b, 2002.)



5.2.2. Presión de apertura del inyector.

Al alcanzar la presión determinada por el fabricante el inyector deberá abrirse, sin ningún goteo previo. La presión de apertura de los inyectores es especificada en los datos técnicos de cada motor. Se verifica bombeando con la palanca del

comprobador de inyectores a razón de una embolada por segundo aproximadamente “salvo otra indicación” y observando la lectura de presión del manómetro al comienzo del suministro de combustible, instante en que la aguja del instrumento oscila ligeramente.

Si la presión de apertura es superior a la prescrita puede obedecer a:

- Al pegado de la espiga de presión,
- A una obstrucción parcial de uno o varios orificios de la tobera
- A una precarga incorrecta del muelle de presión.

Si por lo contrario la presión es inferior a la prescrita puede deberse a:

- La válvula de aguja esté pegada en posición abierta,
- El muelle roto
- La precarga en el muelle es incorrecta.

En los inyectores con tornillo de ajuste de la precarga el muelle pueden calibrarse correctamente actuando sobre el tornillo, mientras que los que llevan arandelas de reglaje de precarga encima del muelle puede cambiarse la arandela por otra de espesor adecuado. Es normal tener que reajustar la presión de apertura de los inyectores a los 70.000 km.

5.2.2.1. Reglaje.

- Se debe calibrar a los inyector con una presión de 175 bar.
- En esta prueba es necesario abrir la válvula del manómetro del comprobador manual. Para realizar la prueba de presión de inyección se actúa sobre la palanca del banco comprobador, que deberá corresponder a las presiones indicadas por el fabricante. Se permite una tolerancia de ± 5 Bar.

- Si la presión no es la correcta ésta se corrige actuando sobre el tornillo indicado en la **figura 5.6**, que regula la presión del muelle situado sobre el porta inyector roscándolo para aumentar la presión y desenroscándolo para disminuir la presión, mientras que los inyectores que llevan arandelas de calibración de precarga encima del muelle puede cambiarse la arandela por otra de espesor adecuado. Se debe volver a realizar la comprobación una vez que se haya calibrado el inyector.

Figura 5.6. Calibración de la presión de inyectores.



5.2.3. Prueba de goteo.

Para la prueba de goteo de los inyectores, el inyector deberá mantener la presión prescrita durante el tiempo estipulado sin que se produzcan fugas de combustible durante las pruebas. La manera de detectar fugas es colocando un pedazo de papel absorbente debajo del inyector durante la prueba. Si el inyector gotea después de limpiar la tobera y la válvula de aguja, deberá sustituirse por uno nuevo.

5.2.3.1. Reglaje.

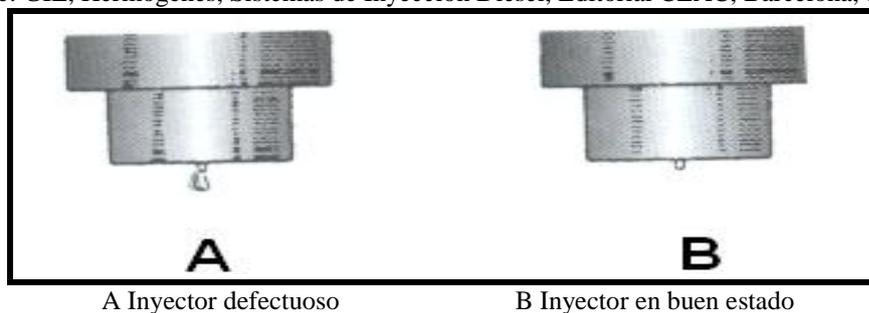
- Para esta prueba el inyector debe estar completamente seco. Actuar sobre la palanca del comprobador hasta conseguir 100 Bar. Observando que no haya

pérdidas de combustible por el orificio u orificios de la tobera que debe permanecer seca **figura 5.7.**

- Si se nota humedad, mantener la presión durante 60 segundos y colocar un papel secante sobre el orificio u orificios de la tobera, la mancha generada no debe exceder los 13 mm de diámetro, en caso contrario se debe desmontar el inyector y lapear su asiento sobre la tobera

Figura 5.7. Pulverización de inyección.

(Fuente: GIL, Hermogenes, Sistemas de Inyección Diesel, Editorial CEAC, Barcelona, b, 2002.)



5.2.4. Fugas internas en el inyector.

La prueba de fugas internas consiste en medir el tiempo que tarda en producirse una caída sostenida de la presión del combustible desde un valor de presión por debajo de la presión de apertura de inyección hasta un valor inferior especificado. Al efectuar esta prueba es importante asegurarse de que el inyector no presente goteo por el orificio u orificios de inyección.

Una caída de presión demasiado rápida indica la existencia de una holgura excesiva entre el vástago de la aguja y su alojamiento en el cuerpo del inyector (por lo que hace necesario sustituir el conjunto inyector por uno nuevo) o falta de estanqueidad entre las dos partes principales del cuerpo del inyector normalmente va montada entre ellas una arandela de cobre.

5.2.4.1. Reglaje.

- El inyector debe estar ajustado sobre el comprobador del banco y se debe actuar sobre la palanca del mismo hasta conseguir una presión de 100 Bar y controlar el

tiempo que tarda en bajar la presión a 50 Bar en inyectores nuevos o en buen estado este tiempo no debe ser superior a 30 segundos, ni inferior a 5 segundos.⁴³

Nota: De no darse estos límites se debe sustituir la aguja y la tobera.

5.3. Pruebas a las que se someten los inyectores electrónicos tipo Bosch.

Para efectuar las pruebas de los inyectores diesel electrónicos tipo Bosch en el banco de pruebas, es esencial tener un ambiente que esté libre de polvo y suciedad, poseer las herramientas y útiles especiales, información, así como la experiencia y conocimientos, antes de realizar cualquier intervención sobre un inyector. A estos inyectores se les realiza las mismas pruebas a las que son sometidos los inyectores mecánicos diesel como son la de pulverización, retorno y presión de apertura, además podemos realizar las pruebas de resistencia y aislamiento del inyector para comprobar al inyector.

5.3.1. Resistencia.

Conectar el ohmímetro a los terminales correspondientes del módulo o al conector del inyector. La lectura debe estar especificada entre los valores descritos en la ficha de diagnóstico.⁴⁴

Nota: Si el inyector presenta algún tipo de falla en alguna de las pruebas se debe reemplazar en su totalidad el inyector por otro ya que estos no se puede reemplazar las piezas.

5.4. Recambio o reparación.

- La duración de los inyectores depende principalmente de las condiciones en que trabaja el motor.
- Los intervalos normales para el cambio están entre 100000 y 150000 Km

⁴³ GIL, Hermogenes, *Sistemas de Inyección Diesel*, Editorial CEAC, Barcelona, b, 2002.

⁴⁴ www.cise.com.

- Después de desenroscar la tuerca de unión, se puede sacar y cambiar el inyector.
- Para armar los inyectores se los suministra engrasados.
- Antes del montaje deben lavarse con diesel limpio.

Al efectuar el montaje, colocar el inyector céntricamente sobre el porta-inyector sin ladearlo, y apretar la tuerca de unión primero con la mano y luego con una llave dinamométrica.

5.5. Pruebas de homologación del banco.

Acoplado el inyector en el comprobador se procederá a realizar las pruebas de funcionamiento en el banco de pruebas construido. Con el objeto de verificar el correcto funcionamiento del banco de pruebas diseñado, se va a comprobar los inyectores mecánicos diesel; tipo tetón, orificios y electrónico Bosch. Se realizarán las pruebas en el banco de un laboratorio y luego en el banco construido. Los objetivos finales son poder efectuar todas las pruebas de verificación y obtener resultados similares en los dos bancos de ensayo.

5.5.1. Pruebas realizadas en los inyectores.

Cuando se ha determinado las correspondientes pruebas de diagnóstico para los inyectores, deberá procederse a su verificación individual con el fin de determinar cual es el elemento defectuoso y proceder posteriormente a su reparación, sustitución o reglaje. Son muchos los síntomas de un mal funcionamiento del motor producidos por averías imputables al inyector; entre ellos se tiene: la disminución de potencia del motor, los consumos excesivos de combustible, abundancia de humos negros, etc. Cada uno de los inyectores está provisto de un mecanismo diferente, que deberá verificarse especialmente, realizando las pruebas. Las especificaciones de verificación y calibración para cada inyector vienen dadas por el fabricante.

Las diferentes comprobaciones y ajustes del inyector diesel mecánico y electrónico, que van a ser realizadas en el banco de pruebas construido son:

5.5.1.1. Verificación del estado de los elementos

Mediante esta prueba se puede conocer el estado en el que se encuentran los elementos de los inyectores, antes de realizar las diferentes pruebas. Los procesos de trabajo de esta prueba fueron:

- Revisión de las caras de unión del soporte de la tobera y de el porta-inyector encontrando corrosión y ralladura en la cara de unión, no existe deformación alguna.
- Comprobación de las superficies de acoplamiento de la aguja del inyector y la tobera encontrando desgaste en los elementos por funcionamiento, también se encontró corrosión en las partes externas de los elementos **figura 5.8**.
- Comprobación de que la aguja se deslice fácilmente en el interior de la tobera sin agarrotamiento ni holguras **figura 5.9**, también presenta un tono azulado y amarillento de lo que han trabajado a temperaturas elevadas.
- Comprobación de la varilla de empuje y muelle, no presentan deformación, golpes o ralladuras, además presentan corrosión del combustible **figura 5.10**.

Figura 5.8. Verificación del estado de los elementos de los inyectores.



Figura 5.9. Verificación de la aguja y tobera



Figura 5.10. Comprobación de los muelles y varilla de empuje.



5.5.1.2. Prueba de pulverización.

Mediante esta prueba se realiza la verificación del estado de la pulverización “forma del chorro” del combustible de inyección mediante los inyectores. Esta prueba se realiza de la siguiente manera:

- Se acopla el inyector al comprobador.
- La válvula del comprobador debe de estar cerrada.
- Accionar la palanca del comprobador secuencialmente hasta obtener la pulverización del combustible diesel.
- Observar el chorro del combustible que debe ser fino y homogéneo la pulverización **figura 5.11.**

Figura 5.11. Pulverización de la inyección.



inyector electrónico:

- Se conecta el inyector electrónico al comprobador, a la fuente de alimentación del tester y al retorno de combustible.
- Ingreso de datos en el tester: tiempo de inyección 160 micro segundos, y tiempo medido 40 segundos, presión 100 Bar.^{45 46}
- Observar la pulverización del inyector **figura 5.12**, si no es la adecuada el inyector esta en mal estado y por lo tanto se determinaría que el inyector no vale.

Nota: La prueba de pulverización se realizó en cinco inyectores diesel mecánicos; dos de tipo tetón y tres de orificios, además, de un inyector electrónico tipo Bosch.

Figura 5.12. Prueba de pulverización del inyector electrónico.

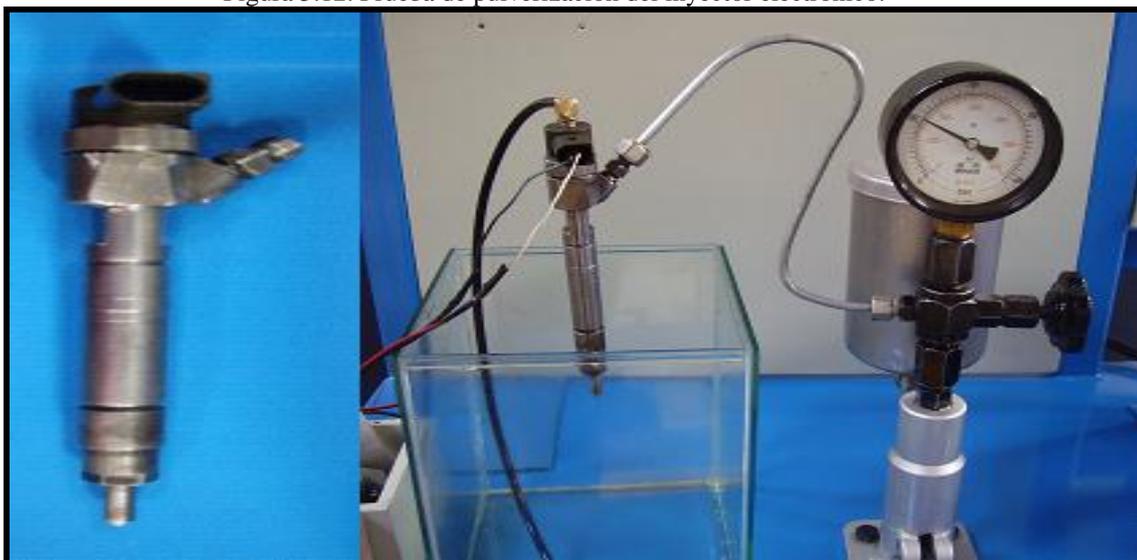


Tabla 5.1. Resultados obtenidos en la prueba de pulverización.

Tipo de inyector	Prueba de pulverización	
	Buena	Mala
1. Tetón	X	
2. Tetón	X	
3. Orificio		X
4. Orificio		X
5. Orificio		X
6. Electrónico	X	

⁴⁵ Laboratorio automotriz Reina del Cisne, Loja – Ecuador.

⁴⁶ Turbocar Cuenca – Ecuador.

5.5.1.3. Prueba de goteo o estanqueidad.

Esta prueba consiste en verificar la estanqueidad del inyector a una determinada presión. Esta prueba se realiza de la siguiente manera:

- Se conecta el inyector al comprobador.
- La válvula del comprobador debe estar abierta para aumentar la presión.
- Accionar la palanca del comprobador hasta alcanzar la presión de inyección, manteniendo la presión hasta que baje.⁴⁷
- Observar que en el inyector no gotee combustible ni se haya humedecido la punta del mismo **figura 5.13**.

Figura 5.13. Prueba de goteo.



Inyector electrónico:

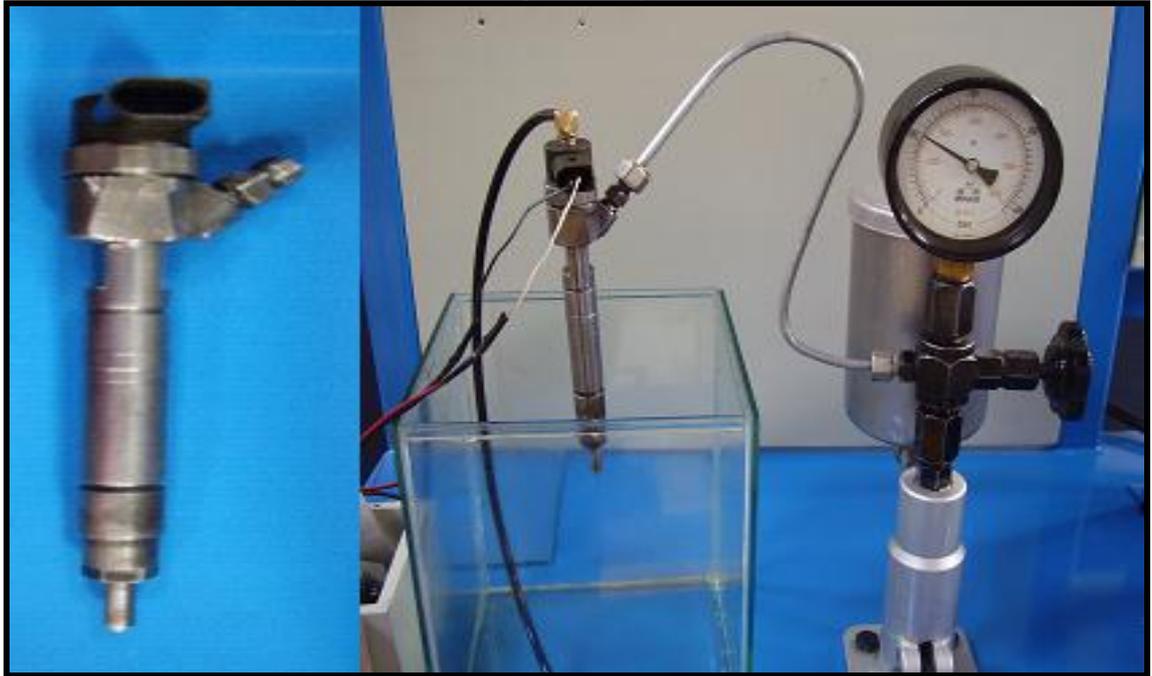
- Se conecta el inyector electrónico al comprobador, la fuente de alimentación del tester y también al retorno de combustible.
- Ingreso de datos en el tester: tiempo medido 120 s y una presión 200 Bar.^{48 49}
- Observar si se produce el goteo de combustible diesel del inyector, se establece que el inyector no vale **figura 5.14**.

⁴⁷ Laboratorio diesel, Vías del austro, Cuenca – Ecuador.

⁴⁸ Laboratorio automotriz Reina del Cisne, Loja – Ecuador.

⁴⁹ Turbocar Cuenca – Ecuador.

Figura 5.14. Prueba de goteo en inyector electrónico.



Nota: La prueba de goteo se realizó en cinco inyectores diesel mecánicos; dos tipo tetón y tres de orificio, además, de un inyector electrónico tipo Bosch.

Tabla 5.2. Resultados obtenidos en la prueba de goteo.

Tipo de inyector	Prueba de goteo	
	Buena	Mala
1. Tetón	X	
2. Tetón	X	
3. Orificio	X	
4. Orificio		X
5. Orificio		X
6. Electrónico	X	

5.5.1.4. Prueba de presión de retorno.

Esta prueba consiste en verificar la caída de presión del combustible en un tiempo determinado. Esta prueba se realiza de la siguiente manera:

- Se conecta el inyector al comprobador.
- La válvula del comprobador debe estar abierta para aumentar la presión.

- Accionar la palanca del comprobador hasta alcanzar la presión de inyección 170 Bar para inyectores de orificios y 110 Bar⁵⁰ para inyectores de tetón con una tolerancia de ± 5 Bar. Mantener la palanca accionada durante 5 segundos y tomar la lectura de la caída de presión.
- Observar la caída de presión en el manómetro en el tiempo determinado **figura 5.15**.

Figura 5.15. Prueba de presión de retorno.



Nota: La prueba de presión de retorno se realizó en cinco inyectores diesel mecánicos; dos tipo tetón y tres de orificios.

Tabla 5.3. Resultados obtenidos en la prueba de presión de retorno.

Tipo de inyector	Prueba de presión de retorno	
	Tolerancia ± 5 Bar	
	Presión (Bar)	Tiempo
1. Tetón	20	5 segundos
2. Tetón	30	5 segundos
3. Orificio	60	5 segundos
4. Orificio	55	5 segundos
5. Orificio	50	5 segundos

5.5.1.5. Prueba de presión de inyección.

Esta prueba se realiza a la presión de inyección establecida por el fabricante, que es la que va a abrir la aguja para la pulverización del combustible diesel. Esta prueba se realiza de la siguiente manera:

- Se conecta el inyector al comprobador.
- La válvula del comprobador debe estar abierta para aumentar la presión.
- Accionar la palanca del comprobador hasta alcanzar la máxima presión a la que está el inyector.
- Se debe calibrar el inyector de orificios a 170 Bar, de tetón a 120 Bar, además, tienen una tolerancia de ± 5 Bar.⁵¹
- Para la calibración del inyector de orificios se debe realizar en el tornillo de calibración y en los inyectores de tetón se calibra mediante arandelas de calibración **figura 5.16**.

Figura 5.16. Prueba de presión de inyección.



Inyector electrónico:

- Se conecta el inyector electrónico al comprobador, la fuente de alimentación del tester y retorno de combustible.
- Ingreso de datos en el tester: tiempo de inyección 700 μ s, tiempo medido 40 segundos y una presión 250 Bar, y una tolerancia de ± 5 Bar, **figura 5.17**.^{52 53}
- Los inyectores electrónicos no tienen calibración de presión por lo tanto no se calibran. Si no alcanza la presión adecuada y la pulverización del combustible se determina que el inyector esta en mal estado.

^{50 51} Laboratorio diesel, Vías del austro, Cuenca – Ecuador.

⁵² Laboratorio automotriz Reina del Cisne, Loja – Ecuador.

⁵³ Turbocar Cuenca – Ecuador.

Figura 5.17. Prueba presión de inyección.



Nota: La prueba de presión de inyección se realizó en seis inyectores diesel mecánicos; dos tipo tetón y cuatro de orificios, además, de un inyector electrónico tipo Bosch.

Tabla 5.4. Resultados obtenidos en la prueba de presión de inyección.

Tipo de inyector	Prueba de presión de inyección
	Presión (Bar)
	Tolerancia ± 5 Bar
1. Tetón	120
2. Tetón	115
3. Orificio	170
4. Orificio	175
5. Orificio	170
6. Electrónico	250

5.6. Tablas de comparación entre los resultados de las pruebas realizadas en los inyectores mecánicos diesel tipo tetón, orificios y electrónico Bosch. Obtenidos en el banco construido y el banco de pruebas del laboratorio.

Se colocó a los inyectores en el banco construido, para efectuar las mismas comprobaciones y en condiciones similares a las realizadas en el laboratorio diesel.

Los resultados de comparación entre los dos bancos de prueba se exponen en las siguientes tablas:

Tabla 5.5. Homologación de los resultados obtenidos durante la verificación del estado de los elementos.

1^{era} Prueba: Verificación del estado de los elementos.	
Resultados finales Banco de pruebas del laboratorio	Resultados finales Banco de pruebas construido
<ul style="list-style-type: none"> Los elementos que componen los inyectores mecánicos se encuentran en mal estado, debido al desgaste sufrido por el funcionamiento que han sido sometidos las averías que se ha diagnosticado son: corrosión de las varillas de empuje, ralladuras en las caras de unión del soporte de la tobera, juego entre la aguja y tobera, también color azulado debido a las elevadas temperaturas de trabajo. Las varillas de empuje se encuentran con corrosión y sin deformación, los muelles presentan corrosión y ralladura debido al trabajo y esfuerzos que son sometidos. 	<ul style="list-style-type: none"> Se revisó las caras de unión del soporte de la tobera y de el porta-inyector encontrando corrosión y ralladura en la cara de unión y no existe deformación alguna. Se comprobó las superficies de acoplamiento de la aguja del inyector y la tobera encontrando desgaste en los elementos por funcionamiento, también se encontró corrosión en las partes externas de los elementos. Se comprobó que la aguja se deslice fácilmente en el interior de la tobera sin agarrotamiento ni holguras, también presenta un tono azulado y amarillento de lo que han trabajado a temperaturas elevadas. También se comprobó la varilla de empuje y muelle, no presentan deformación, golpes o ralladuras, además presentan corrosión del combustible.
Resultados de la homologación.	
Igual.	Diferente
X	

Tabla 5.6. Homologación de los resultados obtenidos durante la prueba de pulverización.

2^{era} Prueba: Verificación de la pulverización				
Resultados finales Banco de pruebas del laboratorio			Resultados finales Banco de pruebas construido	
Tipo inyector	Buena	Mala	Buena	Mala
1. Tetón	X		X	
2. Tetón	X		X	
3. Orificio		X		X
4. Orificio		X		X
5. Orificio		X		X
6. Electrónico	X		X	
Resultados de la homologación				
Inyector N°.	Igual		Diferente	
1.	X			
2.	X			
3.	X			
4.	X			
5.	X			
6.	X			

Tabla 5.7 Homologación de los resultados obtenidos durante la prueba de goteo.

3^{era} Prueba: Goteo				
Resultados finales Banco de pruebas del laboratorio			Resultados finales Banco de pruebas construido	
Tipo inyector	Buena	Mala	Buena	Mala
1. Tetón	X		X	
2. Tetón	X		X	
3. Orificio		X	X	
4. Orificio		X		X
5. Orificio		X		X
6. Electrónico	X		X	
Resultados de la homologación				
Inyector N°.	Igual		Diferente	
1.	X			
2.	X			
3.			X	
4.	X			
5.	X			
6.	X			

Tabla 5.8. Homologación de los resultados obtenidos durante la prueba de presión retorno.

4^{ta} Prueba: Presión de retorno.			
Resultados finales Banco de pruebas del laboratorio		Resultados finales Banco de pruebas construido	
Tolerancia de ± 5 Bar			
Tipo inyector	Presión (Bar)	Presión (Bar)	Tiempo (s)
1. Tetón	30	20	5
2. Tetón	40	30	5
3. Orificio	100	70	5
4. Orificio	55	60	5
5. Orificio	40	50	5
Resultados de la homologación.			
Inyector N°.	Igual	Diferente	Variación (Bar)
1.		X	10
2.		X	10
3.		X	30
4.		X	5
5.		X	10

Tabla 5.9. Homologación de los resultados obtenidos durante la prueba de presión de inyección.

5^{ta} Prueba: Presión de inyección.			
Resultados finales Banco de pruebas del laboratorio		Resultados finales Banco de pruebas construido	
Tolerancia de ± 5 Bar			
Tipo inyector	Presión (Bar)		Presión (Bar)
1. Tetón (120 Bar)	120		120
2. Tetón (120 Bar)	120		115
3. Orificio (170 Bar)	170		170
4. Orificio (170 Bar)	170		175
5. Orificio (170 Bar)	170		170
6. Electrónico (250 Bar)	250		250
Resultados de la homologación.			
Inyector N°.	Igual	Diferente	Variación
1.	X		
2.		X	5 Bar
3.	X		
4.		X	5 Bar
5.	X		
6.	X		

Conclusiones parciales.

Han sido utilizados como referencial de medida para el banco construido los equipos de los laboratorios Vías del Austro, Turbocar y Laboratorio automotriz Reina del Cisne. Los resultados obtenidos durante las pruebas realizadas en los inyectores diesel mecánicos (tipo tetón y orificios) y electrónico Bosch son bastante similares. Las variaciones de presión se produce debido a la tolerancia ± 5 Bar, que se presenta al realizar las pruebas del inyector por el operario técnico, que a veces sitúa el valor más próximo de la lectura. También otra de las causas es que los inyectores mecánicos están en mal estado y al elevar la presión se produce errores de medición ya que estos deben estar en óptimas condiciones para realizar las pruebas.

Para una mejor evaluación de los resultados obtenidos en el banco construido, se debe efectuar las pruebas de comprobación con inyectores mecánicos en buen estado de funcionalidad.

Realizadas las pruebas del inyector electrónico se denotó que éste se halla en perfecto estado de funcionamiento por lo cual sirve de sustento para el equipo propuesto.

El banco construido cuenta con los elementos necesarios para su correcta operación y está en capacidad de ejecutar todas las pruebas establecidas técnicamente. Su funcionamiento es el adecuado, no se han presentado averías o contratiempos producidos por la falla de alguno de los elementos o sistema que lo conforman, la operación del mismo es fácil y sencillo, permitiendo colocar o introducir las condiciones establecidas por el fabricante para cada prueba sin ningún problema.

Conclusiones y recomendaciones finales.

El profundo estudio de los recursos que son necesarios para verificar el estado de los inyectores para motores diesel, de las condiciones de trabajo a las que éstas están sometidas durante su funcionamiento, de su directa repercusión en el rendimiento del motor y en las emisiones contaminantes al medio ambiente, permitieron construir el banco de pruebas para comprobar.

Partiendo del análisis de los bancos ya existentes, conformados por elementos complejos y costosos se implementó la posibilidad de aportar, optimizar y mejorar estos bancos mecánicos; para ello fue necesario introducir dispositivos electrónicos; de todo esto surgió el diseño de un modelo basado en el propio ingenio. Los cálculos matemáticos para seleccionar el material, los dispositivos y aparatos adecuados son los que respaldan su fiabilidad, además la factibilidad de conseguir en el medio los componentes necesarios han permitido cumplir con el objetivo planteado durante la ejecución del presente proyecto, que fue la construcción de un banco de pruebas para inyectores mecánicos y electrónicos diesel. La verificación de su correcto funcionamiento está respaldada con la homologación de pruebas comparativas con respecto a un banco de un laboratorio diesel.

El banco construido tiene la capacidad de comprobar inyectores mecánicos y electrónicos tipo Bosch; esto es gracias a los dispositivos con los que ha sido equipado actualmente. Sin embargo, el diseño elaborado tiene una proyección para ser ampliado fácilmente para inyectores de otras marcas. Para ello es necesario realizar los estudios pertinentes e implementar al banco los acoples de conexión y una variación de la tarjeta electrónica para los nuevos inyectores que se requieran verificar.

Un aporte interesante con este diseño confeccionado, es la forma de comandar las operaciones de trabajo durante la comprobación de un inyector electrónico; pues el banco construido tiene un mando electrónico que es lo que lo diferencia básicamente de los de tipo mecánico lo que es sin duda una mejora notablemente en la tecnología implementada en esta herramienta de comprobación automotriz.

Es recomendable que el trato y cuidado de este equipo es similar al que debe darse a otras máquinas industriales, siguiendo las recomendaciones de mantenimiento, con esto se va a evitar accidentes al operario técnico y daños al banco construido.

Bibliografía.

- BUDYNAS R, NISBETT J, Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley, Octava Edición, México, 2008. McGraw-Hill, 1059 Págs.
- CASTRO, Vicente, Miguel, D, Nueva Enciclopedia del Automóvil, Edición CEAC, S.A, Barcelona, 2000. 310 Págs.
- GIL, Hermogenes, Sistemas de Inyección Diesel, Editorial CEAC, Barcelona, b, 2002, 299 págs.
- GIL, Hermogenes, Sistemas Electrónicos de la Inyección diesel, Editorial EPIC, Madrid, a, 2002. 280 págs.
- Laboratorio automotriz Reina del Cisne, Loja – Ecuador.
- Laboratorio Diesel de la Universidad Politécnica. Cuenca – Ecuador.
- Laboratorio Diesel ECUACHILE, Cuenca Ecuador
- Laboratorio Diesel, Vías del austro, Cuenca – Ecuador.
- Laboratorio Diesel Turbocar Cuenca – Ecuador.
- LUCAS Aftermarket Operations, Stratford Road, Shirley.
- Microficha técnica de la bomba PES6P. Laboratorio Diesel ECUACHILE. Cuenca – Ecuador
- ROY R, CRAIG Jr, Mecánica de Materiales, Primera Edición en Español, México, 2002, 288 Págs.
- SINGER. Ferdinand L. / Pytel. Andrew. Resistencia De Materiales. México. D.F. Harla S.A.1982. 5680Pgs. Cuarta edición.
- SOFTWARE, SAP 2000 V12.
- SOFTWARE, Autodesk Inventor Profesional 2011, Programa de computadora para dibujo técnico y diseño en 3D
- [Www.bosch.com](http://www.bosch.com) Equipos diesel (mantenimiento de inyectores)
- [Www.cise.com](http://www.cise.com). Sistema diesel (Información técnica del inyector diesel)
- [Www.mecanicavirtual.com](http://www.mecanicavirtual.com). Verificación y control de los inyectores diesel (Información técnica del inyector diesel)

Anexos.

HOJA DE PRUEBAS Y COMPROBACIONES EN LOS INYECTORES MECÁNICOS DIESEL.						
UNIVERSIDAD DEL AZUAY.						
Nombre:						
Fecha:						
Inyectores	Orificios.					
	Tetón.					
BÚSQUEDA DE AVERÍAS						
Inyector		Óxidos	Residuos	Color de la aguja y tobera	Limpieza	Otros
N°						
1.	Tetón					
2.	Tetón					
3.	Tetón					
4.	Tetón					
5.	Orificios					
6.	Orificios					
7.	Orificios					
8.	Orificios					
TRABAJO REALIZADO						
Inyector		Pulverización	Goteo	Presión de retorno		Presión de inyección (Bar)
N°	Tipo			(Bar)	Tiempo (s)	
1.	Tetón					
2.	Tetón					
3.	Tetón					
4.	Tetón					
5.	Orificios					
6.	Orificios					
7.	Orificios					
8.	Orificios					

HOJA DE PRUEBAS EN INYECTORES DIESEL ELECTRÓNICOS BOSCH.

UNIVERSIDAD DEL AZUAY.

Nombre:

Inyector:

Nº pieza:

Fecha:



Inyector Nº: 1

Pruebas	Ohmios	Tiempo de inyección (TI)	Presión (Bar)	Tiempo medido	Evaluación
Resistencia bobina					
Pulverización					
Estanqueidad					
Presión de inyección					

Búsqueda de averías.

Óxidos	Residuos	Limpieza	Otros

Inyector Nº: 2

Pruebas	Ohmios	Tiempo de inyección (TI)	Presión (Bar)	Tiempo medido	Evaluación
Resistencia bobina					
Pulverización					
Estanqueidad					
Presión de inyección					

Búsqueda de averías.

Óxidos	Residuos	Limpieza	Otros

Tablas de calibraciones de los inyectores.

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
C5203802	CKBL40S5361B	C5621849	CDLL150S6802CF	210	212	3074
C5210701	CKBL62S5354	C5621665	CDLL155S6619	190	192	2784
C5210702	CKBL62S5354	C5621769	CDLL155S6722	190	192	2784
C5210704	CKBL62S5354	C5621848	CDLL155S6801	190	192	2784
C5210705	CKBL62S5354	C6801053		175	177	2567
C5217613	CKBL67S5153	C5621517	CDLL150S6476	175	177	2567
C5221803	CKBL78S5284	C5621871	CDLL160S6830	190	192	2784
C5223101	CKBL86S5433	C5621610	CDLL160S6567	188	190	2755
C5223102	CKBL86S5433	C5621645	CDLL160S6598	190	192	2784
C5223103	CKBL86S5433	C5621559	CDLL160S6516	180	182	2639
C5223104	CKBL86S5433	C5621871	CDLL160S6830	190	192	2784
C5223301	CKBL88SD5459B	C5621849	CDLL150S6802CF	215	217	3147
C5226201	CKBL88S5270	C5621544	CDLL150S6501	185	187	2712
C5269101	CKBL106S5337	C5621611	CDLL150S6568	185	187	2712
C5270001	CKBL106S5364	C5621611	CDLL150S6568	230	233	3379
C5270002	CKBL106S5364	C5621695	CDLL155S6648	230	233	3379
C5270301	CKBL106S5382B	C5621695	CDLL155S6643	230	233	3379
C5274901	CKBL113S5466	C5621871	CDLL160S6830	200	202	2929
C5274902	CKBL113S5466	C6801053		195	197	2857
C5307001	CKB32S5141	C5611735	CDL110S6267	130	131	1899
C5353801	CKB40SD5317	C5643085	CDN12SD6236	150	151	2190
C5495801	CKB35SD5319	C5641080	CDN0SDC6434	130	131	1899
C6702501C	LCC67025	C5643414	CDN0SDC6577C	116	117	1696
C6702505C	LCC67025	C5641910	CDN0SDC6864C	129	130	1885
C6702801	LRC67028	C6801049		210	212	3074
C6704701	LRC67047	C6801077		245	248	3596
C6731101	LSC67311	C6801008		230	233	3379
C6731704	LSC67317	C5621849	CDLL150S6802CF	220	222	3219
R5219901	RKBL76S5268	R5621125	RDLL150S6382	170	172	2494
R5219902	RKBL67S5268	R5621285	RD11150S6435	170	172	2494
R5219903	RKBL67S5268	R5621065	RDLL150S6310	170	172	2494
R5219904	RKBL67S5268	R5621550	RDLL150S6507	170	172	2494
R5219905	RKBL67S5268	R5621588	RDLL150SY6545	170	172	2494
R5219906	RKBL67S5268	R5621599	RDLL150S6556	170	172	2494
R5219907	RKBL67S5268	R5621598	RDLL150S6555	170	172	2494
R5219908	RKBL67S5268	R5621604	RDL1150S6561	170	172	2494
R5219909	RKBL67S5268	R5621597	RDLL150SY6554	170	172	2494
R5220301	RKBL70SD5450	R5621830	RDLL18S6787	190	192	2784
R5225201	RKBL88S5453	R5621789	RDLL150S6741CF	215	217	3147
R5225202	RKBL88S5453	R5621723	RDLL150S6676	220	222	3219
R5225203	RKBL88S5453	R5621544	RDLL150S6501	180	182	2639
R5225204	RKBL88S5453	R5621585	RDLL150S6542	180	182	2639
R5225205	RKBL88S5453	R5621723	RDLL150S6676	180	182	2639
R5225206	RKBL88S5453	R5621789	RDLL150S6741CF	180	182	2639
R5329505	RKB35S5188	R5643085	RDN12SD6236	139	140	2030
R5329506	RKB35S5118	R5643430	RDN12SD6498	120	121	1754
R5329507	RKB35S5118	R5643380	RDN0SD6479	139	140	2030
R5329508	RKB35S5118	R5643450	RDN12SD6517	130	131	1899
R5329509	RKB35S5118	R5643410	RDN0SDC6577	119	120	1740
R5343701	RKB35SD5431	R5641891	RDN0SDC6751	114	115	1667
R5345204	RKB40S5003F	5643085	BDN12SD6236	120	121	1754
R5356302	RKB45SD5373	R5643410	RDN0SDC6577	114	115	1667
R5356501	RKB45SD5422	R5643410	RDN0SDC6577	115	116	1682
R5356501B	RKB45SD5422	R5643413	RON0SDC6577B	115	116	1682

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
R5356502	RKB45SD5422	R5641891	RDN0SDC6751	126	127	1841
R5356503C	RKB45SD5422	R5641904	RDN0SDC6850C	124	125	1812
R5356601	RKB45SD5422M	R5643410	RDNOSDC6577	110	111	1609
R5356701	RKB45S5456	R5641891	RDNOSDC6751	114	115	1667
R5356701C	RKB45S5456	R5641906	RDNOSDC6751C	115	116	1682
R5356701G	RKB45S5456	R5641923	RDNOSDC6751G	115	116	1682
R5356702	RKB45S5456	R5643073	RDN12SDC6849	115	116	1682
R5497601	RKB35SD5379	R5643410	RDN0SDC6577	114	115	1667
R5497602	RKB35SD5379M	R5643410	RDN0SDC6577	114	115	1667
R5656401	RKB45SD4513	R5643410	RDN0SDC6577	111	112	1624
R6705301E	LCR67053	5643482	RDN12SDC6872E	153	155	2248
R6730701	LCR67307	R5643410	RDNOSDC6577	115	116	1682
R6730701B	LCR67307	R5643413	RDNOSDC6577B	115	116	1682
R6730702	LCR67307	R5641891	RDNOSDC6751	115	116	1682
R5730702C	LCR67307	R5641906	RDNOSDC6751C	124	125	1812
R6730702D	LCR67307	R5641914	RDNOSDC6751D	124	125	1812
R5730702E	LCR67307	R5641915	RDNOSDC6751E	124	125	1812
R6730704	LCR67307	R5643073	RDN12SDC6849	130	131	1899
R6730704C	LCR6i307	R5643075	RDN12SDC6849C	130	131	1899
R6730705	LCR67307	R5641902	RDNOSDC6850	115	116	1682
R6730705B	LCR67307	R5641903	RDNOSDC6850B	115	116	1682
R6730705C	LCR57307	R5641904	RDNOSDC6850C	115	116	1682
R6730705D	LCR67307	R5641919	RDNOSDC6850D	129	130	1885
R6730707C	LCR67307	R5643090	RDN12SDC6862C	130	131	1899
R6730707D	LCR67307	R5643091	RDN12SDC6862D	130	131	1899
R6730708C	LCR67307	R5641909	RDNOSDC6863C	129	130	1885
R6730708D	LCR67307	R5641925	RDNOSDC6863D	129	130	1885
R5730709C	LCR67307	R5643480	RDN12SCC6872C	129	130	1885
R6730709D	LCR67307	R5643481	RDN12SDC6872D	129	130	1885
R6730710C	LCR67307	R5641916	RDNOSDC6880C	129	130	1885
R6730711C	LCR67307	R5643480	RDN12SDC6872C	114	115	1667
R6730801	LCR67308	R5641891	RDNOSDC6751	115	116	1682
R6730901	LCR67309	R5643410	RDNOSDC6577	115	116	1632
R6730901B	LCR67309	R5643413	RDNOSDC6577B	115	116	1682
R6732001	LCR67320	R5641901	RDNOSDC6843	115	116	1682
R6732001C	LRB67320	R5641905	RDNOSDC6843C	115	116	1682
R6732601C	LRC67326	R5641904	RDNOSDC6850C	115	116	1682
R6732604C	LCR67326	R5641906	RDNOSDC6751C	115	116	1682
R6732701	LCR67327	R5643413	RDNOSDC6577B	115	116	1682
R6732702	LCR67327	R5641904	RDNOSDC6850C	130	131	1899
R6733001C	LCR67330	R5641905	RDNOSDC6843C	114	115	1667
R6733001D	LCR67330	R5641922	RDNOSDC6843D	114	115	1667
R6733101C	LCR67331	R5641906	RDNOSDC6751C	130	131	1899
R6733401C	LCR67334	R5643321	RDPJ4SDC6868C	114	115	1667
R6733401D	LCR67334	R5643324	RDN4SDC6868D	119	120	1740
R6733402C	LCR67334	R5643322	RDN4SDC6878C	129	130	1885
R6733402D	LCR67334	R5643325	RDN4SDC6878D	129	130	1885
R6734301C	LCR67343	R5643100	RDN12SDC6874C	149	150	2175
R6734501C	LCR67345	R5641906	RDNOSDC6751C	129	130	1885
R6735101D	LCR67351	R5643326	RDN4SDC6886D	119	120	1740
R6735201D	LCR67352	R5641921	RDNOSDC6887D	129	130	1885
V5217401	VKBL67S5151	V5620960	VDLL150S6225	170	172	2494
V5219902	VKBL67S5268	V5621285	VDLL150S6435	170	172	2494
V5299903	VKBL67S5268	V5621065	VDLL150S6310	170	172	2494
V5222103	VKBL80S5204	V5621251	VDLL140S6422	175	177	2567
V5260611	VKBL97S5299	V5621877	VDLL150S6837CF	190	192	2784

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
V5281601	VKBL67S5299	V5621550	VDLL150S6507	185	187	2712
V5281650	VKBL67S5299	V5621890	VDLL150S6840CF	215	217	3147
V5281651	VKBL67S5299	V5621891	VDLL150S6841CF	185	187	2712
V5490802	VKB35SD5260	V5611725	VDL95S6250	125	126	1827
V67021 01	LRV67021	6801032		240	243	3524
5112301	BKC30SD666	5641015	BDNOSD21	120	121	1754
5113603	BKC37S5372	5641892	BDNOSD6754	131	132	1914
5113901	BKC37S5465	5641892	BDNOSD6754	130	131	1899
5114401	BKC45SD21C	5642001	BDN4S1	125	126	1827
5114403	BKC45SD21C	5643014	BDN12SD12	130	131	1899
5114901	BKC45S25C	5643059	BDN4SD6164	130	131	1899
5131601	NLA72S8	5620680	BDLL 50S6028	175	177	2567
5131602	NLA72S3	5620705	BDLL150S6064	175	177	2567
5131603	NLA72S8	5620695	BDLL150S6054	175	177	2567
5131605	NLA72S8	5621212	BDLL 50S6397	175	117	2567
5132502	NLA72S15	5620695	BDLL150S6054	175	177	2567
5132503	NLA72S15	5621212	BDLL150S6397	160	162	2349
5132505	NLA72S15	5621506	BDL1150S6468	175	177	2567
5132506	NLA72S15	5621212	BDLL150S6397	175	177	2567
5135101	NLA102S8	5620680	BDLL150S6028	175	177	2567
5135102	NLA102S8	5620705	BDLL150S6064	175	177	2567
5135103	NLA102S8	5620695	BDLL150S6054	175	177	2567
5135105	NLA102S8	5621074	BDLL150S6318	175	177	2567
5135106	NLA102S8	5620790	BDLL150S6130A	175	177	2567
5135108	NLA102S8	5621001	BDLL150S6256	175	177	2567
5135201	NLA102S9	5621122	BDL1150S6381	175	177	2567
5135202	NLA102S9	5621122	BDLL150S6381	200	202	2929
5135302	NLA102S9	5621047	BDLL150S6302	175	177	2567
5135303	NLA102S9	5621122	BDLL150S6381	175	177	2567
5135701	NLA102S12	5620695	BDLL150S6054	175	177	2567
5135702	NLA102S12	5620705	BDLL150S6064	175	177	2567
5135704	NLA102S12	5621200	BDLL150S6387	175	177	2567
5135705	NLA102S12	5621200	BDLL150S6387	205	207	3002
5135902	NLA102S13	5620705	BDLL150S6064	173	175	2538
5135903	NLA102S13	5621074	BDLL150S6318	175	177	2567
5136301	NLA702S15	5620705	BDLL150S6064	175	177	2567
5136302	NLA102S15	5621212	BDLL150S6397	160	162	2349
5136303	NLA102S15	5620695	BDLL150S6054	175	177	2567
5136305	NLA102S15	5621515	BDLL150S6474	175	177	2567
5136401	NLA102S16	5620705	BDLL150S6064	175	177	2567
5200001	BKBL47S5197	5792033	BDLL10SX4241	150	151	2190
5200002	BKBL47S5197	5621400	BDLL10S6454T	170	172	2494
5203701	BKBL47S5391D	5621844	BDLL10S6797CF	240	243	3524
5206402	BKBL52S656	5620930	BDLL10S6213	150	151	2190
5206404	BKBL52S656	5621099	BDLL15S6349	140	141	2045
5206407	BKBL52S656	5621236	BDLL10S6410A	150	151	2190
5206901	BKBL97S5303	5621593	BDLL160S6550	175	177	2567
5208001	BKBL52S5153	5621205	BDLL10S6393	160	162	2349
5208002	BKBL52S5153	5621236	BDLL10S6410A	150	151	2190
5208003	BKBL52S5153	5621340	BDLL10S6446	140	141	2045
5208004	BKBL52S5153	5621236	BDLL10S6410A	175	177	2567
5208005	BKBL52S5153	5621099	BDLL15S6349	150	151	2190
5208006	BKBL52S5153	5621114	BDLL20S6370	175	177	2567
5208008	BKBL52S5.153	5621552	BDLL10S6509	130	131	1899
5208009	BKBL52S5153	5621564	BDLL10S6521	175	177	2567
5208010	BKBL52S5153	5621555	BDL110S6512	175	177	2567

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
5209000	BKBL54S5205	5621251	BDLL140S6422	175	177	2567
5209001	BKBL54S5205	5621512	BDLL140S6471	175	177	2567
5209002	BKBL54S5205	5621615	BDLL140S6572	195	197	2857
5209003	BKBL54S5205	5621656	BDLL140S6609	195	197	2857
5209004	BKBL54S5205	5621655	BDLL140S6608	195	197	2857
5209005	BKBL54S5205	5621657	BDLL140S6611	175	177	2567
5209006	BKBL54S5205	5621669	BDLL140S6622	175	177	2567
5209008	BKBL54S5205	5621670	BDLL140S6608A	195	197-	2857
5209009	BKBL54S5205	5621678	BDLL140S6630	175	177	2567
5209010	BKBL54S5205	5621753	BDLL140S6707	180	182	2639
5209301	BKBL54S5383	5621709	BDLL150S6662	200	202	2929
5209401	BKBL54S5370	5621691	BDLL140S6644	175	177	2567
5209501	BKBL54S5341	5621670	BDLL140S6608A	195	197	2857
5209502	BKBL54S5341	5621656	BDLL140S6609	195	197	2857
5209601	BKBL54S5312	5621600	BDLL150S6557	170	172	2494
5209602	BKBL54S5312	5621616	BDLL150S6573	200	202	2929
5209603	BKBL54S5312	5621624	BDLL150S6580	200	202	2929
5209604	BKBL54S5312	5621616	BDLL150S6573	200	202	2929
5209801	BKBL60S5044	5621251	BDLL140S6422	175	177	2567
5209802	BKBL60S5044	5621253	BDLL140S6423	185	187	2712
5209804	BKBL60S5044	5621251	BDLL140S6422	185	187	2712
5209805	BKBL60S5044	5620840	BDLL150S6159	165	167	2422
5209806	BKBL60S5044	5621614	BDLL150S6571	170	172	2494
5209901	BKBL54S5455	5621656	BDLL140S6609	260	263	3814
5210201	BKBL54S5497	5621874	BDLL150S7919	196	198	2871
5210600	BKBL60S5350	5621625	BDLL150S6582	160	162	2349
5210601	BKBL60S5350	5621614	BDLL150S6571	160	162	2349
5210602	BKBL60S5350	5621253	BDLL140S6423	175	177	2567
5210603	BKBL60S5350	5620840	BDLL150S6159	175	177	2567
5210901	BKBL67S5269	5621120	BDLL150S6372	170	172	2494
5212801	BKBL67S553	5620465	BDLL150S609	175	177	2567
5213600	BKBL67S567	5620705	BDLL150S6064	175	177	2567
5213602	BKBL67S567	5620680	BDLL150S6028	175	177	2567
5214001	BKBL67S596	5620465	BDLL150S609	175	177	2567
5215001	BKBL67S650	5620770	BDLL140S6119	185	187	2712
5215002	BKBL67S650	5620890	BDLL140S6192	185	187	2712
5215405	BKBL67S668	5621065	BDLL150S6310	145	146	2117
5215409	BKBL67S668	5620722	BDLL150S6072B	173	175	2538
5216301	BKBL67S5064	5620960	BDLL150S6225	170	172	2494
5216302	BKBL67S5064	5621085	BDLL150S6329	170	172	2494
5216304	BKBL67S5064	5621208	BDLL150S6395	170	172	2494
5216305	BKBL67S5064	5620960	BDLL150S3225	175	177	2567
5216306	BKBL67S5064	5621125	BDLL150S6382	175	177	2567
5216307	BKBL67S5064	5621125	BDLL150S6382	175	177	2567
5216403	BKBL67SD5064	5621120	BDLL150S6372	170	172	2494
5217001	BKBL67S5100	5620960	BDLL150S6225	170	172	2494
5217002	BKBL67S5100	5621285	BDLL150S6435	170	172	2494
5217201	BKBL67S5109	5620960	BDLL150S6225	170	172	2494
5217401	BKBL67S5151	5620960	BDLL150S6225	170	172	2494
5217402	BKBL67S5151	5621085	BDLL150S6329	170	172	2494
5217403	BKBL67S5151	5621208	BDLL150S6395	170	172	2494
5217404	BKBL67S5151	5621180	BDLL150S6385	175	177	2567
5217405	BKBL67S5151	5620960	BDLL150S6225	175	177	2567
5217406	BKBL67S5151	5621181	BDLL150S6385A	205	207	3002
5217407	BKBL67S5151	5621125	BDLL150S6382	170	172	2494
5217408	BKBL67S5151	5621285	BDLL150S6435	170	172	2494

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
5217409	BKBL67S5151	5621208	BDLL150S6395	205	207	3002
5217410	BKBL67S5151	5621285	BDLL150S6435	205	207	3002
5217411	BKBL67S5151	5621513	BDLL150S6472	170	172	2494
5217412	BKBL67S5151	5621065	BDLL150S6310	170	172	2494
5217413	BKBL67S5151	5621550	BDLL150S6507	170	172	2494
5217414	BKBL67S5151	5621556	BD1L150S6513	170	172	2494
5217416	BKBL67S5151	5621592	BDLL150S6549	170	172	2494
5217417	BKBL67S5151	5621601	BDLL150S6558	170	172	2494
5217418	BKBL67S5151	5621598	BDLL150S6555	170	172	2494
5217419	BKBL67S5151	5621599	BDLL150S6556	170	172	2494
5217420	BK8167S5151	2 5621604	BDLL150S6561	170	172	2494
5217421	BKBL67S5151	5621751	BDLL150S6705CF	170	172	2494
5217422	BKBL67S5151	5621764	BDLL150S6713CF	170	172	2494
5217423	BKBL67S5151	5621777	BDLL150S6730CF	170	172	2494
5217501	BKBL67SD5151	5621110	BDLL150S6355	170	172	2494
5217502	BKBL67SD5151	5621120	BDLL150S6372	170	172	2494
5217503	BKBL67SD5151	5621285	BDLL150S6435	175	177	2561
5217504	BKBL67SD5151	5621513	BD1L150S6472	175	177	2567
5217505	BKBL67SD5151	5621181	BDLL150S6385A	195	197	2857
5217506	BKBL67SD5151	5621556	BDLL150S6513	170	172	2494
5217507	BKBL67SD5151	5621597	BDLL150S6554	170	172	2494
5217508	BKBL67S05151	5621597	BDLL150S6554	170	172	2494
5217601	BKBL67S5153	5620900	BDLL150S6194	175	177	2567
5217602	BKBL67S5153	5621202	BDLL140S6388	175	177	2567
5217603	BKBL67S5153	5621065	BDLL150S6310	145	146	2117
5217604	BKBL67S5153	5621280	BDLL140S6433	175	177	2567
5217605	BKBL67S5153	5621071	BDLL150S6315	175	177	2567
5217608	BKBL67S5153	5621380	BDLL150S6452	160	162	2349
5217609	BKBL67S5153	5621065	BDLL150S6310	175	177	2567
5217610	BKBL67S5153	5621505	BDLL150S6467	175	177	2567
5217611	BKBL67S5153	5620890	BDLL140S6192	185	187	2712
5217612	BKBL67S5153	5621380	BDLL150S6452	175	177	2567
5217613	BKBL67S5153	5621517	BDLL150S6476	175	177	2567
5217614	BKBL67S5153	5621626	BDLL140S6581	175	177	2551
5217515	BKBL67S5153	5621625	BDLL150S6582	150	151	2190
5217516	BKBL67S5153	5621625	BDLL150S6582	175	177	2567
5217625	BKBL67S5153	5621810	BDLL150S6766CF	175	177	2567
5217626	BKBL67S5153	5621810	BDLL150S6766CF	145	146	2117
5217627	BKBL67S5153	5621811	BDLL150S6767CF	175	177	2567
5217629	BKBL67S5153	5621862	BDLL150S6817CF	145	146	2117
5217804	BKBL67S5172	5621646	BDLL150S6599	175	171	2567
5217801	BKBL67S5172	5620960	BDLL150S6225	170	172	2494
5217802	BKBL67S5172	5621526	BDLL150S6486	175	177	2567
5218504	BKBL67S5216	5621600	BDLL150S6557	170	172	2494
5219501	BKBL67S5238	5621513	BDLL150S6472	190	192	2784
5219504	BKBL67S5238	5621550	BDLL150S6507	170	172	2494
5219505	BKBL67S5238	5621125	BDLL150S6382	175	177	2567
5219506	BKBL67S5238	5621550	BDLL150S6507	195	197	2857
5221101	BKBL75S5292	5620695	BDLL150S6054	175	177	2567
5221102	BKBL75S5292	5621212	BDLL150S6397	160	162	2349
5221103	BKBL75S5292	5621668	BDLL150S6621	175	177	2567
5221501	BKBL77S5010	5620995	BDLL130S6246	185	187	2712
5221502	BKBL77S5010	5620996	BDLL140S6246	205	207	3002
5221503	BKBL77S5010	5620996	BDLL140S6246	170	172	2494
5221504	BKBL77S5010	5621105	BDLL160S6351	170	172	2494
5221505	BKBL77S5010	5620997	BDLL160S6246	185	187	2712

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
5221506	BKBL77S5010	5621225	BDLL160S6402	180	182	2639
5221507	BKBL77S5010S	5621225	BDLL160S6402	200	202	2929
5221508	BKBL77S5010S	5620994	BDLL130S6246W	185	187	2712
5221509	BKBL77S5010S	5620993	BDLL160S6246W	185	187	2712
5221510	BKBL77S5010S	5620992	BDLL140S62464W	185	187	2712
5221511	BKBL77S5010S	5620997	BDLL160S6246	195	197	2857
5221512	BKBL77S5010S	5621227	BDLL150S6403	190	192	2784
5221601	BKBL77S5374	5620997	BDLL160S6246	185	187	2712
5221902	BKBL80S5388	5621713	BDLL150S6666	185	187	2712
5221903	BKBL80S5388	5621712	BDLL150S6665	185	187	2712
5221904	BKBL80S5388	5621807	BDLL150S6764	185	187	2712
5221906	BKBL80S5388	5621813	BDLL150S6770CF	185	187	2712
5221909	BKBL80S5388	5621821	BCLL150S6774CF	185	187	2712
5221910	BKBL80S5388	5621837	BDLL150S6790CF	185	187	2712
5221911	BKBL80S5388	5621251	BD11140S6422	175	177	2567
5221912	BKBL80S5388	5621614	BDLL150S6571	175	177	2567
5221913	BKBL80S5388	5621330	BDL4150S6443	175	177	2567
5221914	BKBL80S5388	5621517	BDL1150S6476	175	177	2567
5221915	BKBL80S5388	5621859	BDLL150S6813CF	185	187	2712
5221916	BKBL80S5388	5621860	BDLL150S6814CF	180	182	2639
5221917	BKBL80S5388	5621827	BDLL150S6780CF	185	187	2712
5221918	BKBL80S5388	5621869	BDLL150S6828CF	185	187	2712
5221919	BKBL80S5388	5621870	BDLL150S6829CF	185	187	2712
5222001	BKBL80S5389	5621085	BDL1150S6329	200	202	2929
5222002	BKBL80S5389	5621714	BDLL150S6667	205	207	3002
5222003	BKBL80S5389	5621745	BDLL150S6698	220	222	3219
5222004	BKBL80S5389	5621595	BDLL150S6552	215	217	3147
5222006	BKBL80S5389	5795028	BDLL150SX8991CF	220	222	3219
5222007	BKBL80S5389	5621828	BDLL150S6781CF	215	217	3147
5222008	BKBL80S5389	5621837	BDLL150S6790CF	215	217	3147
5222100	BKBL80S5204	5621330	BDLL150S6443 D	175	177	2567
5222102	BKBL80S5204	5621517	BDLL150S6475	175	177	2567
5222103	BKBL80S5204	5621251	BDLL140S6422	175	177	2567
5222105	BKBL80S5204	5621407	BDLL150S6457	195	197	2567
5222107	BKBL80S5204	5621614	BDLL150S6571	175	177	2567
5222108	BKBL80S5204	5621251	BDLL140S6422	175	177	2567
5222201	BKBL80S5377	5621085	BDLL150S6329	200	202	2929
5222202	BKBL80S5377	5621208	BDLL150S6395	205	207	3002
5222203	BKBL80S5377	5621235	BDLL150S6435	220	222	3219
5222301	BKBL80S5437	5621712	BDLL150S6665	175	177	2567
5222303	BKBL80S5437	5620405	BDLL150S559	190	192	2784
5222304	BKBL80S5437	5621821	BDLL150S6774CF	185	187	2712
5222305	BKBL80S5437	5621827	BDLL150S6780CF	185	187	2712
5222307	BKBL80S5437	5621837	BDLL150S6790CF	190	192	2784
5222308	BKBL80S5437	5621870	BDLL150S682SCF	190	192	2784
5222309	BKBL80S5437	5621869	BDLL150S6828CF	185	187	2712
5222310	BKBL80S5437	5621712	BDLL150S6665	185	187	2712
5222401	BKBL80S5309	5621595	BDLL150S6552	187	189	2741
5222402	BKBL80S5309	5621260	BDLL150S6429	205	207	3002
5222403	BKBL80S5309	5621285	BDLL150S6435	205	207	3002
5222404	BKBL80S5309	5621208	BDLL150S6395	205	207	3002
5222702	BKBL80S5449	5621595	BDLL150S6552	205	207	3002
5222743	BKBL80S5449	5621745	BDLL150S6698	215	217	3147
5222941	BKBL80S5482	5621828	BDLL150S6781CF	216	218	3161
5222902	BKBL80S5482	5621837	BDLL150S6790CF	215	217	3147
5225002	BKBL87S5153	5621535	BDLL160S6492	216	218	3161

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
5225003	BKBL87S5153	5621562	BDLL16GS6519	175	177	2567
5225201	BKBL88S5453	5621789	BDLL150S6741CF	222	224	3248
5225202	BKBL88S5453	5621723	BDLL150S6676	222	224	3248
5225203	BKBL88S5453	5621544	BDLL150S6501	183	185	2683
5225205	BKBL88S5453	5621723	BDLL150S6676	183	185	2683
5225206	BKBL88S5453	5621789	BDLL150S6741CF	183	185	2683
5225401	BKBL87S5189	5621535	BDLL160S6492	175	177	2567
5225402	BKBL87S5189	5621562	BDLL160S6519	175	177	2567
5225403	BKBL87S5189	5621629	BDLL160S6585	175	177	2567
5225404	BKBL87S5189	5792075	BDLL160SX5772	175	177	2567
5225405	BKBL87S5189	5621710	BDLL160S6663	200	202	2929
5225406	BKBL87S5189	5621719	BDLL160S6672	195	197	2857
5225407	BKBL87S5189	5621749	BDLL160S6701	175	177	2567
5225408	BKBL87S5189	5621750	BDLL160S6702	200	202	2929
5225801	BKBL87S5349	5621535	BDLL160S6492	175	177	2567
5225802	BKBL87S5349	5621594	BDLL160S6551	175	177	2567
5225803	BKBL87S5349	5621535	BDLL160S6492	175	177	2567
5226401	BKBL90S5214	5620916	BDLL140S6205A	165	167	2422
5226402	BKBL90S5214	5620895	BDLL140S6193	165	167	2422
5226501	BKBL95S5021	5621036	BDLL150S6288A	150	151	2190
5226502	BKBL95S5021	5621036	BDLL150S6288A	190	192	2784
5226503	BKBL95S5021	5621033	BDLL160S6283	170	172	2494
5226601	BKBL95S5021B	5620655	BDLL140S6001	150	151	2190
5226603	BKBL95S5021B	5621033	BDLL160S6283	180	182	2639
5225607	BKBL95S5021B	5621036	BDLL150S6288A	150	151	2190
5225608	BKBL95S5021 B	5621036	BDLL150S6288A	190	192	2784
5226610	BKBL95S5021B	5621036	BDLL150S6288A	170	172	2494
5226801	BKBL90S5333	5621554	BOLL150S6511	200	202	2929
5226901	BKBL90S5214A	5620916	BDLL140S6205A	160	162	2349
5227001	BKBL90S5356	5620916	BDLL140S6205A	160	162	2349
5227101	BKBL90S5214L	5620916	BDLL140S6205A	165	167	2422
5228301	BKB196S684	5620790	BDLL150S6130A	180	182	2639
5228302	BKBL96S684	5620835	BOLL150S6156	195	197	2857
5228401	BKBL96S684 M	5620790	BDLL150S6130A	180	182	2639
5228402	BKBL96S684M	5520835	BDLL150S6156	180	182	2639
5228501	BKBL96S684MA	5620790	BDLL150S6130A	180	182	2639
5228502	BKBL96S684MA	5620835	BDLL150S6156	180	182	2639
5229001	BKBL96SY5138M	5620790	BDLL150S6130A	240	243	3524
5229101	BKBL96S5138	5620835	BDLL150S6156	240	243	3524
5229102	BKBL96S5138	5620790	BDLL150S6130A	240	243	3524
5230001	BKBL96S5250	5620835	BDLL150S6156	240	243	3524
5230002	BKBL96S5250	5620790	BDLL150S6130A	240	243	3524
5230003	BKBL96S5250	5620705	BDLL150S6064	240	243	3524
5230004	BKBL96S5250	5620790	BDLL150S6130A	180	182	2639
5230005	BKBL96S5250	5620835	BDLL150S6156	180	182	2639
5230006	BKBL96SY5250	5792074	BDLL150SX5790	240	243	3524
5230007	BKBL96S5250	5621639	BDLL150S6594	240	243	3524
5230008	BKBL96S5250	5621654	BDLL150S6607	240	243	3524
5230301	BKBL96S5348	5620705	BDLL150S6064	220	222	3219
5230302	BKBL96S5348	5621654	BDLL150S6607	220	222	3219
5230303	BKBL96S5348	5621687	BDLL150S6641	220	222	3219
5230304	BKBL96S5348	5621737	BDLL150S6690	220	222	3219
5230305	BKBL96S5348	5621738	BDLL150S6691	220	222	3219
5230306	BKBL96S5348	5621737	BDLL150S6690	175	177	2567
5230307	BKBL96S5348	5621868	BDLL150S6826CF	210	212	3074
5230308	BKBL96S5348	5621918	BDLL150S6854CF	220	222	3219

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
5230601	BKBL96S5351	5620835	BDL1150S6156	240	243	3524
5230603	BKBL96S5351	5620835	BDLL150S6156	175	177	2567
5230606	BKBL96S5351	5621663	BDL1150S6617	175	177	2567
5231005	BKBL97S55	5620705	BDLL150S6064	175	177	2567
5231006	BKBL97S55	5620405	BDLL150S559	175	177	2567
5231007	BKBL97S55	5620855	BDLL160S6173	150	151	2190
5231301	BKBL97S5334	5789805	NL320	175	177	2567
5231302	BKBL97S5334	5621648	BDLL150S6601	210	212	3074
5231303	BKBL97S5334	5621648	BDLL150S6601	175	177	2567
5231304	BKBL97S5334	5621782	BDLL150SY6736	210	212	3074
5231305	BKBL97S5334	5621855	BDLL150S6808CF	190	192	2784
5231306	BKBL97S5334	5621873	BDLL150S6833CF	210	212	3074
5231801	BKBL97S66B	5620705	BDLL150S6064	175	177	2567
5233201	BKBL97SD78	5620680	BDLL150S6028	175	177	2567
5237001	BKBL97S548	5620960	BDLL150S6225	175	177	2567
5238101	BKBL97SD567	5620680	BDLL150S6028	160	162	2349
5238403	BKBL97S577	5620680	BDLL 50S6028	175	177	2567
5238404	BKBL97S577	5620705	BDLL150S6064	175	177	2567
5238405	BKBL97S577	5621039	BDLL150S6295	175	177	2567
5240202	BKBL97S6028	5620805	BDLL150S6138	175	177	2567
5240203	BKBL97S6028	5621023	BDLL150S6275	175	177	2567
5240204	BKBL97S6028	5621023	BDLL150S6275	180	182	2639
5241401	BKBL97S623	5620465	BDLL150S609	175	177	2567
5242201	BKBL97S632M	5620790	BDLL150S6130A	180	182	2639
5242602	BKBL97S638	5621010	BDLL140S6268	175	177	2567
5243001	BKBL97S650	5620770	BDLL140S6119	185	187	2712
5243002	BKBL97S650	5620890	BOLL140S6192	185	187	2712
5243401	BKBL97S661B	5620621.	BDLL150S685S	175	177	2567
5243402	BKBL97S661B	5620755	BDLL150S6097S	135	136	1972
5243405	BKBL97S661B	5620722	BDLL150S6072B	185	187	2712
5243408	BKBL97S661B	5621227	BDLL150S6403	135	136	1972
5243411	BKBL97S661B	5621290	BDLL150S6438	200	202	2929
5243803	BKBL97S668	5620960	BDLL150S6225	175	177	2567
5243901	BKBL97S668M	5620770	BDLL140S6119	185	187	2712
5243902	BKBL97S668M	5620890	BDLL140S6192	185	187	2712
5244401	BKBL97S673	5620855	BDLL160S6173	175	177	2567
5246401	BKBL97S5002	5620890	BDLL140S6192	185	187	2712
5246402	BKBL97S5002	5621025	BDL1140S6276	185	187	2712
5246405	BKBL97S5002	5621103	BDLL140S6350	185	187	2712
5246601	BKBL97S5006	5621057	BDLL140S6306	170	172	2494
5246602	BKBL97S5006	5620895	BDLL140S6193	165	167	2422
5246604	BKBL97S5006	5621029	BOLL140S6281	165	167	2422
5246605	BKBL97S5006	5620916	BDLL140S6205A	170	172	2494
5246606	BKBL97S5006	5621052	BDLL140S6304	185	187	2712
5246607	BKBL97S5006	5621057	BDLL140S6306	175	177	2567
5246608	BKBL97S5006	5620916	BOLL140S6205A	180	1.82	2639
5246801	BKBL97S5006B	5620895	BDLL140S6193	165	167	2422
5246802	BKBL97S50068	5621029	BDLL140S6281	165	167	2422
5246803	BKBL97S5006B	5621057	BDLL140S6306	170	172	2494
5246804	BKBL97S5006B	5621029	BDLL140S6281	165	167	2422
5246806	BKBL97S50068	5620916	BDLL140S6205A	170	172	2494
5247801	BKBL97S5024	5620960	BDLL150S6225	175	177	2567
5248502	BKBL97S5039	5620680	BDLL150S6028	175	177	2567
5249101	BKBL97S5048	5620855	BDLL160S6173	175	177	2567
5249103	BKBL97S5048	5620722	BDLL150S6072B	175	177	2567
5250801	BKBL97S5064	5620960	BDLL150S6225	170	172	2494

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
5251701	BKBL97S5089	5621025	BDLL140S6276	175	177	2567
5251702	BKBL97S5089	5620890	BDLL140S6192	160	162	2349
5251703	BKBL97S5089	5620890	BDLL140S6192	170	172	2494
5252301	BKBL97S5117	5621103	BDLL140S6350	185	187	2712
5252605	BKBL97S5122B	5621260	BDLL150S6429	175	177	2567
5252901	BKBL97S5149	5621210	BDLL28.5S6396	175	177	2567
5252902	BKBL97S5149	5621210	BDLL28.5S6396	225	227	3292
5253201	BKBL97S5150	5620855	BDLL160S6173	175	177	2567
5253202	BKBL97S5150	5620860	BDL1150S6176	135	136	1972
5253203	BKBL97S5150	5792000	BDLL170SX3245	175	177	2567
5253204	BKBL97S5150	5620722	BDLL150S6072B	175	177	2567
5253205	BKBL97S5150	5620856	BDLL170S6173	175	177	2567
5253206	BKBL97S5150	5621330	BDLL150S6443	175	177	2567
5253207	BKBL97S5150	5621206	BDLL160S6394	175	177	2567
5253208	BKBL97S5150	5621330	BOLL150S6443	190	192	2784
5253209	BKBL97S5150	5621667	BDLL160S6584T	175	177	2567
5253501	BKBL97S5151	5620960	BDLL150S6225	170	172	2494
5253502	BKBL97S5151	5620815	BDLL90S6147	180	182	2639
5253801	BKBL97S5152	5621025	BDLL140S6276	175	177	2567
5253802	BKBL97S5152	5620890	BDLL140S6192	170	172	2494
5253803	BKBL97S5152	5621245	BDLL140S6417	175	177	2567
5253804	BKBL97S5152	5621335	BDLL140S6445	175	177	2567
5253805	BK8197S5152	5621405	BDLL140S6455	175	177	2567
5253806	BKBL97S5152	5621637	BCLL140S6592	175	177	2567
5254100	BKBL97S5153	5621025	BDLL140S6276	185	187	2712
5254101	BKBL97S5153	5621103	BDLL140S6350	185	187	2712
5254102	BKBL97S5153	5621206	BDLL160S6394	175	177	2567
5254103	BKBL97S5153	5620890	BDLL140S6192	175	177	2567
5254104	BKBL97S5153	5620855	BDLL160S6173	175	177	2567
5254105	BKBL97S5153	5620770	BDLL140S6119	185	187	2712
5254106	BKBL97S5153	5621010	BDLL140S6268	175	177	2567
5254107	BKBL97S5153	5620745	BDLL55S6093	150	151	2190
5254108	BKBL97S5153	5621251	BDLL140S6422	185	187	2712
5254109	BKBL97S5153	5621522	EDLL140S6481	175	177	2567
5254110	BKBL97S5153	5621330	BDLL150S6443	185	187	2712
5254111	BKBL97S5153	5621545	BDLL150S6502	175	177	2567
5254112	BKBL97S5153	5621549	BDLL150S6506	175	177	2567
5254113	BKBL97S5153	5621551	BDLL150S6508	175	177	2567
5254114	BKBL97S5153	5621517	BDLL150S6476	175	177	2567
5254115	BKBL97S5153	5621330	BDLL150S6443	175	177	2567
5254116	BKBL97S5153	5621330	BDLL150S6443	190	192	2784
5254117	BKBL97S5153	5621628	BDLL160S6584	190	192	2784
5254118	BKBL97S5153	5621650	BDLL150S6603	190	192	2784
5254119	BKBL97S5153	5621659	BDLL150S6613	190	192	2784
5254120	BKBL97S5153	5621628	BDLL160S6584	175	177	2567
5254121	BKB197S5153	5621206	BDLL160S6394	190	192	2784
5254122	BKBL97S5153	5621549	BDLL150S6506	200	202	2929
5254124	BKBL97S5153	5621684	BDLL150S6638	190	192	2784
5254125	BKBL97S5153	5621743	BDLL160S6696	190	192	2784
5254126	BKBL97S5153	5621752	BD11150S6706	190	192	2784
5254127	BKBL97S5153	5621756	BDLL160S6703	175	177	2567
5254128	BKBL97S5153	5621797	BDLL160S6750CF	200	202	2929
5254131	BKBL97S5153	5621798	BDLL160S6752CF	200	202	2929
5254132	BKBL97S5153	5621822	BDLL160S6775CF	200	202	2929
5254133	BKBL97S5153	5621888	BDLL150S6838CF	175	177	2567
5254502	BKBL97S5154B	5620805	BDLL150S6138	175	177	2567

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
5254503	BKBL97S5154B	5621023	BDLL150S6275	120	121	1754
5255501	BKBL97S5189	5621549	BDLL150S6506	190	192	2784
5255502	BKBL97S5189	5621517	BDLL150S6476	190	192	2784
5258002	BKBL97S5213	5620805	BDLL150S6138	175	177	2567
5258003	BKBL97S5213	5621023	BDLL150S6275	175	177	2567
5259301	BKBL97S5275B	5620755	BDLL150S6097S	135	136	1972
5259302	BKBL97S5275B	5621227	BDLL150S6403	135	136	1972
5259303	BKBL97S5275B	5621290	BDLL150S6438	200	202	2929
5259304	BKBL97S5275B	5620722	BDLL150S6072B	175	177	2567
5259801	BKBL97S5282	5621210	BDLL28.5S6396	225	227	3292
5259802	BKBL97S5282	5621210	BDLL28.5S6396	175	177	2567
5260002	BKBL97S5285	5620805	BDLL150S6138	175	177	2567
5260003	BKBL97S5285	5621023	BDLL150S6275	175	177	2567
5260301	BKBL97S5338	5620790	BDLL150S6130A	195	197	2857
5260302	BKBL97S5338	5621260	BDLL150S6429	195	197	2857
5260303	BKBL97S5338	5620855	BDLL160S6173	175	177	2567
5260304	BKBL97S5338	5620680	BDLL150S6028	165	167	2422
5260305	BKBL97S5338	5621668	BDLL150S6621	195	197	2857
5250306	BKBL97S5338	5621662	BDLL150S6616	175	177	2567
5250307	BKBL97S5338	5621085	BDLL150S6329	190	192	2784
5250308	BKBL97S5338	5620722	BD1L150S6072B	195	197	2857
5250501	BKBL97S5289	5620680	BDLL150S6028	175	177	2567
5260601	BKBL97S5299	5621630	BDLL150S6586	210	212	3074
5260602	BKBL97S5299	5621659	BDLL150S6613	205	207	3002
5260604	BKBL97S5299	5621588	BDLL150S6545	210	212	3074
5260607	BKBL97S5299	5621802	BDLL160S6758CF	220	222	3219
5260609	BKBL97S5299	5621853	BDLL150S6806CF	200	202	2929
5260610	BKBL97S5299	5621854	BDLL155S6807CF	200	202	2929
5260701	BKBL97S5300	5621010	BDLL140S6268	175	177	2567
5260801	BKBL97S5340B	5621290	BDLL150S6438	190	192	2784
5260901	BKBL97S5308	5621593	BDLL160S6550	175	177	2567
5260901C	BKBL97S5308	5621593	BDLL160S6550	175	177	2567
5261002	BKBL97S5326	5621593	BDLL160S6550	175	177	2567
5261301	BKBL98S5330	5621593	BDLL160S655	175	177	2567
5261901	BKBL100S5231B	5621407	BDLL150S6457	155	157	2277
5261902	BKBL100S5231B	5621231	BDL1150S6408	135	136	1972
5261903	BKBL100S5231B	5621290	BDLL150S6438	150	151	2190
5261904	BKBL100S5231B	5620780	BDL1150S6123	135	136	1972
5261905	BKBL100S5231B	5621229	BDLL150S6407	135	136	1972
5261906	BKBL100S5231B	5620860	BDLL150S6176	135	136	1972
5262401	BKBL100S5367B	5621664	BDLL150S6618	200	202	2929
5262501	BKBL100SD5289	5620680	BDLL150S6028	175	177	2567
5262701	BKB100S5296	5620705	BDLL150S6064	175	177	2567
5262702	BKBL100S5296	5620741	BDLL135S6092	170	172	2494
5262704	BKBL100S5296	5621050	BDLL135S6303	175	177	2567
5262705	BKBL100S5296	5620680	BDLL150S6028	175	177	2567
5262901	BKBL100S53188	5621606	BDL1150S6563	155	157	2277
5262902	BKBL100S5318B	5621407	BDLL150S6457	175	177	2567
5262903	BKBL100S53188	5621290	BDLL150S6438	200	202	2929
5262904	BKBL100S53188	5621606	BDLL150S6563	200	202	2929
5262906	BKBL100S5318B	5621664	BDLL150S6618	200	202	2929'
5263001	BKBL102S562	5620680	BDLL150S6028	175	177	2567
5263002	BKBL102S562	5620705	BDL1150S6064	175	177	2567
5263003	BKBL102S562	5620741	BDLL135S6092	170	172	2494
5263005	BKBL102S562	5621050	BCLL135S6303	175	177	2567
5263006	BKBL102S562	5621050	BDLL135S6303	170	172	2494

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
5263801	BKBL102S617	5620780	BDLL150S6123	135	136	1972
5263802	BKBL102S617	5620860	BDLL150S6176	135	136	1972
5263805	BKBL102S617	5620755	BDLL150S6097S	135	136	1972
5263808	BKBL102S617	5621229	BDLL150S6407	135	136	1972
5263809	BKBL102S617	5621231	BDLL150S6408	135	136	1972
5263811	BKBL102S617	5621290	BDLL150S6438	155	157	2277
5263812	BKBL102S617	5621407	BDLL150S6457	135	136	1972
5264201	BKBL102S5231B	5621407	BDLL150S6457	135	136	1972
5264202	BKBL102S523B	5621231	BDLL150S6408	135	136	1972
5264301	BKBL102S5411	5621689	BDLL140S6627	240	243	3524
5264601	BKBL102S5323A	5621618	BDLL150S6575	200	202	2929
52154602	BKBL102S5323A	5621618	BDLL150S6575	220	222	3219
5264603	BKBL102S5323A	5621617	BDLL140S6574	175	177	2567
5264604	BKBL102S5323A	5621617	BDLL 140S6574	210	212	3074
5264700	BKBL102S5323	5621618	BDLL150S6575	220	222	3219
5264701	BKBL 102S5323	5621618	BDLL150S6575	175	177	2567
5264702	BKBL102S5323	5621617	BDLL140S6574	175	177	2567
5264705	BKBL102S5323	5621618	BDLL150S6575	200	202	2929
5264801	BKBL102S5395	5621689	BDLL140S6627	260	263	3814
5264802	BKBL102S5395	5621538	BDLL150S6495	230	233	3379
5265701	BKBL103S5380	5621716	BDLL150S6669	195	197	2857
5265801	BKBL105S5325A	5621511	BDLL150S6471	220	222	3219
5265802	BKBL105S5325A	5621538	BDLL150S6495	220	222	3219
5265902	BKBL105S5334	5621876	BDLL140S6835	175	177	2567
5266201	BKBL105S5360A	5621538	BDLL150S6495	220	222	3219
5266301	BKBL150S5369	5621689	BDLL140S6627	215	217	3147
5266302	BKBL150S5369	5621689	BDLL140S6627	260	263	3814
5266501	BKBL105S5294	5620705	BDLL150S6064	175	177	2567
5266502	BKBL105S5294	5620695	BDLL150S6054	175	177	2567
5266503	BKBL105S5294	5621074	BDLL150S6318	175	177	2567
5266505	BKBL105S5294	5620680	BDL1150S6028	175	177	2567
5266506	BKBL105S5294	5621085	BDLL150S6329	175	177	2567
5266507	BKBL105S5294	5621001	BDLL150S6256	175	177	2567
5266508	BKBL105S5294	5621668	BDLL150S6621	175	177	2567
5266509	BKBL105S5294	5620835	BDLL150S6156	175	177	2567
5266801	BKBL105S5325	5621511	BDLL150S6471	200	202	2929
5266802	BKBL105S5325	5621538	BDLL150S6495	200	202	2929
5266901	BKBL105S5360	5621538	BDLL150S6495	220	222	3219
5267201	BKBL105S5208	5621098	BDLL150S6348	240	243	3524
5267301	BKBL105S5292	5620705	BDLL150S6064	175	177	2567
5267302	BKBL105S5292	5621212	BDLL150S6397	160	162	2349
5267303	BKBL105S5292	5620695	BDLL150S6054	175	177	2567
5267305	BKBL105S5292	5621515	BDLL150S6474	175	177	2567
5267306	BKBL105S5292	5621251	BDLL140S6422	175	177	2567
5267307	BKBL105S5292	5621568	BDLL150S6621	175	177	2567
5267308	BKBL105S5292	5621678	BDLL140S6630	175	177	2567
5267401	BKBL105S5293	5621002	BDLL14GS6258	150	151	2190
5267402	BKBL105S5293	5620705	BDLL15DS6064	175	177	2567
5267403	BKBL105S5293	5621074	BDLL150S6318	175	177	2567
5267405	BKBL105S5293	5621538	BDLL150S6495	175	177	2567
5267406	BKBL105S5293	5621675	BDLL150S6627	175	177	2567
5267407	BKBL105S5293	5621653	BDLL140SY6606	175	177	2567
5267501	BKBL108S5192	5621260	BDLL150S6429	170	172	2494
5267502	BKBL108S5192	5621050	BDLL135S6303	175	177	2567
5267503	BKBL108S5192	5621345	BDLL150S6448	240	243	3524
5267801	BKBL108S5297	5621345	BDLL150S6448	205	207	3002

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
5267802	BKBL108S5297	5621050	BDLL135S6303	205	207	3002
5267803	BKBL108S5297	5621260	BDLL150S6429	175	177	2567
5268001	BKBL108S5378	5621703	BDLL140S6656CF	195	197	2857
5268002	BKBL108S5378	5621704	BDLL160S6657CF	155	157	2277
5268003	BKBL108S5378	5621705	BDLL160S6658CF	195	197	2857
5268004	BKBL108S5378	5621733	BDLL157S6686	200	202	2929
5268301	BKBL108S5451	5621840	BDLL150S6792CF	200	202	2929
5268302	BKBL108S5451	5621843	BDLL150S6796CF	220	222	3219
5268303	BKBL108S5451	5621858	BDLL150S6812CF	200	202	2929
5268304	BKBL108S5451	5621858	BDLL150S6812CF	180	182	2639
5268305	BKBL108S5451	5621896	BDLL150S6845CF	220	222	3219
5268400	BKBL109S5022S	5620916	BDLL140S6205A	175	177	2567
5268402	BKBL109S5022S	5621000	BDLL140S6254	175	177	2567
5268601	BKBL109S5063S	5621000	BDLL140S6254	185	187	2712
5268602	BKBL109S5063S	5621052	BDL1140S6304	175	177	2567
5268801	BKBL105S5476	5621904	BDLL140S6853CF	240	243	3524
5270301	BKBL106S5382B	C5621695	BDLL155S6648	230	233	3379
5271501	BKBL112S561	5620890	BDLL140S6192	170	172	2494
5271601	BKBL112S561M	5620770	BDLL140S6119	185	187	2712
5271602	BKBL112S561M	5520890	BDLL140S6192	170	172	2494
5272401	BKBL112S601	5620680	BDLL150S6028	175	177	2567
5272402	BKBL112S601	5620695	BDLL150S6054	175	177	2567
5272404	BKBL112S601	5620950	BDLL150S6222	175	177	2567
5273002	BKBL112S664	5620975	BDLL140S6233	170	172	2494
5273006	BKBL112S664	5621046	BDLL140S6298	170	172	2494
5273501	BKBL112S5133	5621046	BDLL140S6298	170	172	2494
5273504	BKBL112S5133	5620960	BDLL150S6225	175	177	2567
5274001	BKBL112S5271 B	5620960	BDLL150S6225	175	177	2567
5274003	BKBL112S5271 B	5621046	BDLL140S6298	170	172	2494
5274102	BKB1112S5425	5620975	BDLL140S6233	170	172	2494
5274105	BKBL112S5425	5621046	BDLL140S6298	170	172	2494
5274201	BKBL112S5314B	5621290	BDLL150S6438	175	177	2567
5274202	BKBL112S5314B	5621212	BDLL150S6397	200	202	2929
5274203	BKBL112S5314B	5621213	BDLL150S6397A	165	167	2422
5274204	BKBL112S53148	5621673	BDLL150S6625	175	177	2567
5274205	BKBL112S5314B	5621229	BDLL150S6407	170	172	2494
5274206	BKBL112S5314B	5621765	BDLL150S6718CF	210	212	3074
5274301	BKBL112S5460	5621765	BDLL150S6718CF	225	227	3292
5274601	BKBL112S5347B	5621290	BDLL150S6438	190	192	2784
5274701	BKBL112S5397	5621734	BDLL150S6687	200	202	2929
5274801	BKBL112S5398	5621734	BDLL150S6687	200	202	2929
5281601	BKBL67S5299	5621550	BDLL150S6507	170	172	2494
5281602	BKBL67S5299	5621125	BDLL150S6382	175	177	2567
5281603	BKBL67S5299	5621513	BDLL150S6472	190	192	2784
5281604	BKBL67S5299	5621518	BDLL150S6472BC	200	202	2929
5281605	BKBL67S5299	5621550	BDLL150S6507	195	197	2857
5281606	BKBL67S5299	5621513	BDLL150S6472	175	177	2567
5281607	BKBL67S5299	5621085	BDLL150S6329	175	177	2567
5281608	BKBL67S5299	5621285	BDLL150S6435	175	177	2567
5281609	BKBL67S5299	5621588	BDLL150S6545	195	197	2857
5281610	BKBL67S5299	5621181	BDLL150S6385A	195	197	2857
5281611	BKBL67S5299	5621526	BDLL150S6486	190	192	2784
5281612	BKBL67S5299	5621517	BDLL150S6476	185	187	2712
5281613	BKBL67S5299	5621597	BDLL150S6554	170	172	2494
5281614	BKBL67S5299	5621619	BDLL150S6576	200	202	2929
5281615	BKBL67S5299	5621619	BDLL150S6576	208	210	3045

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
5281616	BKBL67S5299	5621125	BDLL150S6382	195	197	2857
5281617	BKBL67S5299	5621074	BDLL150S6318	200	202	2929
5281618	BKBL67S5299	5621636	BDLL150S6591	200	202	2929
5281619	BKBL67S5299	5621647	BDLL150S6600	195	197	2857
5281620	BKBL67S5299	5621649	BDLL150S6602	175	177	2567
5281621	BKBL67S5299	5621208	BDLL150S6395	195	197	2857
5281622	BKBL67S5299	5621707	BDLL150S6660	195	197	2857
5281623	BKBL67S5299	5621407	BDLL150S6457	195	197	2857
5281624	BKBL67S5299	5621688	BDLL150S6642	195	197	2857
5281625	BKBL67S5299	5621690	BDLL150S6643	195	197	2857
5281626	BKBL67S5299	5621696	BDLL150S6649	195	197	2857
5281627	BKBL67S5299	5621701	BDLL150S6654	195	197	2857
5281628	BKBL67S5299	5621685	BDLL150S6639	195	197	2857
5281629	BKBL67S5299	5621720	BDLL150S6673	200	202	2929
5281630	BKBL67S5299	5621721	BDLL150S6674	170	172	2494
5281631	BKBL67S5299	5621647	BDLL150S6600	170	172	2494
5281632	BKBL67S5299	5621735	BDLL150S6688	195	197	2857
5281635	BKBL67S5299	5621764	BDLL150S6713CF	200	202	2929
5281636	BKBL67S5299	5621777	BDLL150S6730CF	200	202	2929
5281637	BKBL67S5299	5621784	BDLL150S6737CF	210	212	3074
5281638	BKBL67S5299	5621785	BDLL150S6738	195	197	2857
5281639	BKBL67S5299	5621791	BDLL150S6743	175	177	2567
5281641	BKBL67S5299	5621829	BDLL150S6786CF	201	203	2944
5281643	BKBL67S5299	5621845	BDLL150S6798CF	200	202	2929
5281644	BKBL67S5299	5621846	BDLL150S6799CF	200	202	2929
5281648	BKBL67S5299	5621784	BDLL150S6737CF	216	218	3161
5281649	BKBL67S5299	5621875	BDLL135S6834CF	215	217	3147
5281653	BKBL67S5299	5621784	BDLL150S6737CF	175	177	2567
5281654	BKBL67S5299	5621764	BDLL150S6713CF	218	220	3190
5281801	BKBL67S5477	5621599	BDLL150S6556	170	172	2494
5282001	BKBL67S5338	5621280	BDLL140S6433	175	177	2567
5282002	BKBL67S5338	5621626	BDLL140S6581	175	177	2567
5282003	BKBL67S5338	5621625	BDLL150S6582	175	177	2567
5282101	BKBL67S5440	5621792	BDLL150S6745CF	195	197	2857
5282201	BKBL67S5446	5621814	BDLL150S6771CF	235	238	3451
5282202	BKBL67S5446	5621814	BDLL150S6771CF	220	222	3219
5285001	BKBL67S5358	5621674	BDLL140S6626	165	167	2422
5285002	BKBL67S5358	5621787	BDLL150S6740	165	167	2422
5285801	BKBL67S5366	5621074	BDLL150S6318	240	243	3524
5285802	BKBL67S5366	5621707	BDLL150S6660	225	227	3292
5285803	BKBL67S5366	5621780	BDLL150S6734	260	263	3814
5285805	BKBL67S5366	5621804	BDLL150S6760CF	200	202	2929
5285806	BKBL67S5366	5621861	BDLL150S6815CF	200	202	2929
5285808	BKBL67S5366	5621814	BDLL150S6771CF	240	243	3524
5287801	BKBL69S5376	5621702	BDLL140S6655CF	220	222	3219
5287901	BKBL69S5443	5621702	BDLL140S6655CF	210	212	3074
5288201	BKBL97S5426	5621778	BDLL140S6732	230	233	3379
5288202	BKBL97S5426	5621812	BDLL140SY6768	230	233	3379
5288303	BKBL99S5428	5621808	BDLL150S6761CF	195	197	2857
5288401	BKBL97S5439	5621637	BDLL140S6592	175	177	2567
5288402	BKBL97S5439	5621748	BDLL140S6592F	180	182	2639
5288602	BKBL97S5454	5621853	BDLL150S6806CF	200	202	2929
5288603	BKBL97S5454	5621854	BDLL155S6807CF	200	202	2929
5290000	BKB35S5207	5643085	BDN12SD6236	135	136	1972
5302062	BKB32S630	5611650	BDL110S6133	120	121	1754
5302063	BKB32S630	5611635	BDL110S6116	160	162	2349

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
5302065	BKB32S630	5611735	BDL110S6267	125	126	1827
5302066	BKB32S630	5611635	BDL110S6116	120	121	1754
5302067	BKB32S630	5611650	BDL110S6133	160	162	2349
5302068	BKB32S630	5611650	BDL110S6133	100	101	1464
5302070	BKB32S630	5611735	BDL110S6267	120	121	1754
5302161	BKB35SD630	5611635	BDL110S6116	120	121	1754
5302163	BKB32SD630	5611730	BDL110S6257	140	141	2045
5303601	BKB32S687	5642003	BDN8S1	145	146	2117
5303602	BKB32S687	5643095	BDN4SD6299	160	162	2349
5304061	BKB32SD5007	5611635	BDL110S6116	160	162	2349
5304661	BKB22SD5026	5611635	BDL110S6116	120	121	1754
5304665	BKB32SD5026	5611650	BDL110S6133	160	162	2349
5304666	BKB32SD5026	5611730	BDL110S6257	140	141	2045
5304801	BKB32S5058	5642003	BDN8S1	145	146	2117
5305061	BKB32S5060	5611735	BDL110S6267	125	126	1827
5305062	BKB32S5060	5611735	BDL110S6267	120	121	1754
5305063	BKB32S5060	5611650	BDL110S6133	100	101	1464
5305064	BKB32S5060	5611650	BDL110S6133	120	121	1754
5305065	BKB32S5060	5611650	BDL110S6133	160	162	2349
5305161	BKB32SD5060	5611650	BDL110S6133	160	162	2349
5305163	BKB32SD5060	5611735	BDL110S6267	120	121	1754
5305164	BKB32SD5060	5611650	BDL110S6133	120	121	1754
5306061	BKB32S5085	5611635	BDL110S6116	120	121	1754
5306063	BKB32S5085	5611650	BDL110S6133	120	121	1754
5306064	BKB32S5085	5611650	BDL110S6133	160	162	2349
5306065	BKB32S5085	5611735	BDL110S6267	125	126	1827
5306066	BKB32S5085	5611650	BDL110S6133	135	136	1927
5306067	BKB32S5085	5611735	BDL110S6267	120	121	1754
5306161	BKB32SD5085	5611650	BDL110S6133	160	162	2349
5306162	BKB32SD5085	5611650	BDL110S6133	120	121	1754
5306163	BKB32SD5085	5611650	BDL110S6133	120	121	1754
5306164	BKB32SD5085	5611730	BDL110S6257	140	141	2045
5306165	BKB32SD5085	5611735	BDL110S6267	120	121	1754
5306301	BKB32S5127	5611650	BDL110S6133	120	121	1754
5306302	BKB32S5127	5611735	BDL110S6267	120	121	1754
5306303	BKB32S5127	5611735	BDL110S6267	120	121	1754
5306401	BKB32SD5127	5611650	BDL110S6133	120	121	1754
5306402	BKB32SD5127	5611730	BDL110S6257	140	141	2045
5306403	BKB32SD5127	5611735	BDL110S6267	120	121	1754
5306601	BKB32SD5127E	5611650	BDL110S6133	120	121	1754
5306801	BKB32S5140	5643095	BDN4SD6299	160	162	2349
5306802	BKB32S5140	5642003	BDN8S1	145	146	2117
5306901	BKB32SD5140	5641015	BDN0SD21	135	136	1927
5307001	BKB32S5141	5611735	BDL110S6267	120	121	1754
5307002	BKB32S5141	5611650	BDL110S6133	120	121	1754
5307003	BKB32S5141	5611650	BDL110S6133	160	162	2349
5307004	BKB32S5141	5611650	BDL110S6133	100	101	1464
5307201	BKB32SD5141	5611650	BDL110S6133	120	121	1754
5307202	BKB32SD5141	5611735	BDL110S6267	120	121	1754
5307203	BKB32SD5141	5611725	BDL95S6250	125	126	1827
5307205	BKB32SD5141	5611735	BDL110S6267	120	121	1754
5307207	BKB32SD5141	5611650	BDL110S6133	160	162	2349
5310501	BKB35S24	5642001	8DP14S1	125	126	1827
5310504	BKB35S24	5642013	BDN8S2	120	121	1754
5311001	BKB35SD51	5643014	BCN12SD12	105	106	1537
5311003	BKB35SD51	5641015	BDN0SD21	110	111	1609

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
5314701	BKB35SD501	5643014	BDN112SD12	105	106	1537
5314801	BKB35SP501	5651010	BDN12SP2	100	101	1464
5314901	BKB35SD502	5643014	BDN12SD12	105	106	1537
5316302	BKB35S535	5642003	BDN8S1	110	111	1609
5318401	BKB35SD565	5641015	BDN0SD21	150	151	2190
5318402	BKB35SD565	564101.5	BDN0SD21	175	177	2567
5319801	BKB35SD582	5643014	BDN12SD12	175	116	1682
5321001	BKB35S6135	5643036	BDN4SD508W	135	136	1972
5324001	BKB35S668	5651052	BDN12SPC6A	115	116	1682
5324302	BKB35S671	5642001	BDN4S1	150	151	2190
5324303	BKB35S671	5642013	BDN8S2	100	101	1464
5324401	BKB35SD671	5643014	BDN12SD12	125	126	1827
5325001	BKB35S680S	5651052	BDN12SPC6A	125	126	1827
5327901	BKB35S5058H	5642013	BDN8S2	145	146	2117
5328064	BKB35S5073	5612150	BDL60S6541	240	243	3524
5328261	BKB35S5074	5611710	BDL15S6230	175	177	2567
5328262	BKB35S5074	5611710	BDL15S6230	240	243	3524
5328263	BKB35S5074	5611720	BDL15S6247	240	243	3524
5328701	BKB35SD5091	5650091	BDN0SPC6209	140	141	2045
5328702	BKB35SD5091	5650300	BDN0SPC6389	140	141	2045
5330101	BKB35S5136	5651241	BDN12SPC6290	120	121	1754
5330302	BKB35S5153	5651241	BDN1 2SPC6290	115	116	1682
5330401	BKB35S5153M	5651050	BDN12SP6A	115	116	1682
5332301	BKB35S5185	5642090	BDN4S6157	140	141	2045
5333101	BKB35SD5188	5650091	BDN0SPC6209	140	141	2045
5333102	BKB35SD5188	5650300	BDN0SPC6389	135	136	1972
5333103	BKB35SD5188	5650091	BDN0SPC6209	130	131	1899
5333104	BKB35SD5188	5650350	BDN0SPC6651	135	136	1972
5333105	BKB35SD5188	5650300	BDN0SPC6389	125	126	1827
5333301	BKB35S5189	5651241	BDN12SPC6290	130	131	1899
5333303	BKB35S5189	5650091	BDN0SPC6209	130	131	1899
5340001	BKB35SD5207	5643230	BDN4SDC6444	150	151	2190
5340101	BKB35S5207	5643085	BDN12SD6236	150	151	2190
5343001	BKB35SD5220	5611635	BDL110S6116	120	121	1754
5343601	BKB35SD5427	5641015	BDN0SD21	120	121	1754
5344001	BKB35S5237	5650300	BDN0SPC6389	135	136	1972
5344601	BKB35SD5247	5643085	BDN12SD6236	135	136	1972
5344602	BKB35SD5247	5643105	BDN4SD6346	135	136	1972
5344603	BKB35SD5247	5641015	BDN0SD21	120	121	1754
5344604	BKB35SD5247	5643069	BDN4SD6769	135	136	1972
5344701	BKB37S5327	5641015	BDN0SD21	110	111	1609
5344702	BKB37S5327	5641860	BDN0SD6595	140	141	2045
5344703	BKB37S5327	5641870	BDN0SD6596	140	141	2045
5344801	BKB40S697X	5651241	BDN12SPC6290	135	136	1972
5344901	BKB40S5003TF	5642090	BDN4S6157	130	131	1899
5344902	BKB40S5003TF	5642090	BDN4S6157	125	126	1827
5344903	BKB40S5003TF	5642090	BDN4S6157	160	162	2349
5344904	BKB40S5003V	5642090	BDN4S6157	130	131	1899
5344905	BKB40S5003V	5642090	BDN4S6157	125	126	1327
5344906	BKB40S5003V	5642090	BDN1S6157	160	162	2349
5345001	BKB40S697	5642090	BDN4S6157	125	126	1827
5345004	BKB40S697	5651052	BDN12SPC6A	135	136	1972
5345006	BKB40S697	5650091	BDN0SPC6209	135	136	1972
5345108	BKB40S697K	5651241	BDN12SPC6290	135	136	1972
5345110	BKB40S697K	5651052	BDN12SPC6A	135	136	1972
5345201	BKB40S5003F	5642090	BDN4S6157	120	121	1754

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
5345202	BKB40S5003F	5642090	BDN4S6157	130	131	1899
5345203	BKB40S5003F	5642090	BDN4S6157	160	162	2349
5345204	BKB40S5003F	5643085	BDN12SD6236	120	121	1754
5345205	BKB40S5003F	5642090	BDN4S6157	125	126	1827
5345301	BKB40S5003	5642090	BDN4S6157	160	162	2349
5345401	BKB40S5003N	5643085	BDN12SD6236	120	121	1754
5345402	BKB40S5403N	5642090	BDN4S6157	160	162	2349
5345403	BKB40S5003N	5642090	BDN4S6157	120	121	1754
5345404	BKB40S5003N	5612090	BDN4S6157	130	131	1899
5345501	BKB40S5008R	5650091	BDN0SPC6209	135	136	1972
5345601	BKB40S5008	5651052	BDN12SPC6A	150	151	2190
5345602	BKB40S5008	5643085	BDN12SD6236	135	136	1972
5345702	BKB40SD5008D	5642090	BDN4S6157	140	141	2045
5345801	BKB40S5008N	5643085	BDN12SD6236	120	121	1754
5345802	BKB40S5008N	5642090	BDN4S6157	160	162	2349
5345902	BKB40SD5008R	5650091	BDN0SPC6209	135	136	1972
5346001	BKB40S5092F	5643085	BDN12SD6236	120	121	1754
5346101	BKB40S5092TF	5643085	BDN12SD6236	120	121	1754
5346102	BKB40S5092V	5643085	BDN12SD6236	120	121	1754
5346901	BKB40S5105	5643085	BDN12SD6236	120	121	1754
5346902	BKB40S5105	5643085	BDN12SD6236	135	136	1972
5346903	BKB40S5105	5642090	BDN4S6157	135	136	1972
5346904	BKB40S5105	5643085	BDN12SD6236	140	141	2045
5346905	BKB40S5105	5643085	BDN12SD6236	130	131	1899
5347001	BKB40S5105T	5643085	BDN12SD6236	135	136	1972
5347101	BKB40S5105TF	5643085	BDN12SD6236	125	126	1827
5347102	BKB40S5105V	5643085	BDN12SD6236	125	126	1827
5347103	BKB40S5105V	5643085	BDN12SD6236	135	136	1972
5347201	BKB40SD5105TF	5643085	BDN12SD6236	125	126	1827
5347301	BKB40S5144V	5642090	BDN4S6157	130	131	1899
5347302	BKB40S5144V	5642090	BDN4S6157	125	126	1827
5347303	BKB40S5144V	5642090	BDN4S6157	160	162	2349
5347304	BKB40S5144V	5642090	BDN4S6157	120	121	1754
5347305	BKB40S5144V	5643085	BDN12SD6236	120	121	1754
5347601	BKB40S5145V	5643330	BDN12SD6459	130	131	1899
5347701	BKB40S5146V	5643085	BDN12SD6236	120	121	1754
5347801	BKB40S5146VH	5643085	BDN12SD6236	120	121	1754
5347901	BKB40S5147V	5643085	BDN12SD6236	125	126	1827
5347902	BKB40S5147V	5643085	BDN12SD6236	130	131	1899
5347903	BKB40S5147V	5642090	BDN4S6157	130	131	1899
5348001	BKB40S5162	5650091	BDN0SPC6209	135	136	1972
5348201	BKB40SD5147V	5643085	BDN12SD6236	125	126	1827
5348202	BKB40SC5147V	5643085	BDN12SD6236	145	146	2117
5348203	BKB40SC5147V	5643085	BDN12SD6236	135	136	1972
5348301	BKB40S5225	5651241	BDN12SPC6290	140	141	2045
5349001	BKB40S5221	5642090	BDN4S6157	130	131	1899
5349002	BKB40S5221	5642090	BDN4S6157	160	162	2349
5349003	BKB40S5221	5642090	BDN4S6157	125	126	1827
5349004	BKB40S5221	5643085	BDN12SD6236	120	121	1.54
5349101	BKB40S5221N	5642090	BDN4S6157	130	131	1899
5349102	BK840S5221N	5643085	BDN12SD6236	120	121	1754
5350001	BKB40S5222	5643330	BDN12SD6459	130	131	1899
5351001	BKB40S5223	5643085	BDN12SD6236	120	121	1754
5352001	BKB40S5224	5642090	BDN4S6157	130	131	1899
5352002	BKB40S5224	5643085	BDN12SD6236	130	131	1899
5352003	BKB40S5224	5643085	BDN12SD6236	125	126	1827

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
5352101	BKB40SD5224	5543C85	BDN12SD6236	145	146	2117
5352102	BKB40SD5224	563085	BDN12SD6236	135	136	1972
5353103	BKB40SD5224	5643085	BDN12SD6236	125	126	1827
5352104	BKB40SD5224	5643069	BDN4SD6769	135	136	1972
5353001	BKB40S5272	5651241	BDN12SPC6290	135	136	1972
5353101	BKB40S5276	5650091	BDN0SPC6209	135	136	1972
5353201	BKB40SD5276	5650091	BDN0SPC6209	135	136	1972
5353301	BKB40S5276N	5643085	BDN12SD6236	120	121	1754
5353302	BKB40S5276N	5642090	BDN4S6157	160	162	2349
5353501	BKB40S5277	5650091	BDN0SPC6209	135	136	1972
5354201	BKB38S5004	5642003	BDN8S1	TBA		
5355001	BKB40S5310	5642090	BDN4S6157	129	130	1885
5355002	BKB40S5310	5643085	BDN12SD6236	124	125	1812
5355101	BKB40S5310	5643085	BDN12SD6236	144	145	2103
5355102	BKB40S5310	5643085	BDN12SD6236	134	135	1958
5355401	BKB40S5311	5643330	BDN12SD6459	129	130	1885
5360601	BKB50S19B	5643014	BDN12SD12	115	116	1682
5360602	BKB50S19B	5642013	BDN8S2	TBA		
5360701	BKB50SD19B	5643014	BDN12SD12	160	162	2349
5360804	BKB50S24	5642013	BDN8S2	110	111	1609
5361301	BKB50SD51	5643014	BDN12SD12	125	126	1827
5361303	BKB50SD51	5643014	BDN12SD12	100	101	1464
5366102	BKB50S501	5642013	BDN8S2	175	177	2567
5367300	BKB50SD533B	5643014	BDN12SD12	160	162	2349
5367302	BKB50SD533B	5643068	BDN12SD12+	175	177	2567
5369101	BKB50SD565	5641015	BDN0SD21	150	151	2190
5369201	BKB60S565	5642001	BDN4S1	175	177	2567
5369202	BKB60S565	5642001	BDN4S1	120	121	1754
5371502	BKB50S613S	5642013	BDN8S2	135	136	1972
5372201	BKB50S622	5642001	BDN4S1	175	177	2567
5375201	BKB50S671	5642001	BDN4S1	115	116	1682
5375301	BKB50SD671	5643014	BDN12SD12	115	116	1682
5375303	BKB50SD671	5643014	BDN12SD12	125	126	1827
5375801	BKB50S675	5641015	BDN0SD21	105	106	1537
5375802	BKB50S675	5642001	BDN4S1	120	121	1754
5376301	BKB50S679	5642001	BDN4S1	120	121	1754
5385401	BKB50S5188	5650091	BDN0SPC6209	140	141	2045
5385004	BKB50S5188	5643470	BDN12SD6861	140	141	2045
5385101	BKB50S5496	5650091	BDN0SPC6209	132	133	1929
5390503	BKB52SD5009	5650091	BDN0SPC6209	110	111	1609
5390801	BKB53SD5286	5643014	BON12SD12	115	116	1682
5391501	BKB58S5047	5641015	BDN0SD21	130	131	1899
5392062	BKB58S5072	5641015	BDN0SD21	130	131	1899
5398501	BKB66S5393	5643014	BDN12SD12	145	146	2117
5421101	BKB80S24	5642003	BDN8S1	120	121	1754
5421102	BKB80S24	5642013	BDN8S2	110	111	1609
5421108	BKB80S24	5642001	BDN4S1	135	136	1972
5421501	BKB80SD51	5643014	BDN12SD12	105	106	1537
5435401	BKB80S629	5643014	BDN12SD12	160	162	2349
5435501	BKB80SD629	5643014	BON12SD12	160	162	2349
5436401	BKB80S640	5643014	BDN12SC12	135	136	1972
5436403	BKB80S640	5643065	BDN4SD24	130	131	1899
5436901	BKB80S651	5642013	BDN8S2	120	121	1754
5438803	BKB80S671	5642003	BDN8S1	120	121	1754
5438804	BKB80S671	5642001	BDN4S1	135	136	1972
5438807	BKB80S671	5610065	BDL0S545	140	141	2045

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
5438901	BKB80SD671	5643014	BDN12SD12	105	106	1537
5439501	BKB80S590	5643036	BDN4SD508W	130	131	1899
5440701	BKB80S5016	5641050	BDN0SD6206	140	141	2045
5446003	BKB80S5153	5651500	BDN4SP6547	105	106	1537
5446004	BKB80S5153	5651500	BDN4SP6547	105	106	1537
5448001	BKB80SD5209B	5643014	BDN12SD12	160	162	2349
5449502	BKB82SD5248B	5643320	BDN4SDC6453	150	151	2190
5449801	BKB80SD5262B	5643014	BDN12SD12	160	162	2349
5451001	BKB82SD5263B	5643320	BDN4SDC6453	150	151	2190
5452001	BKB83S5286	5642001	BDN4S1	135	136	1972
5452004	BKB83S5286	5642013	BDN8S2	110	111	1609
5453601	BKB89SD5036	5643014	BDN12SD12	150	151	2190
5457601	BKB91S5288	5642013	BDN8S2	150	151	2190
5458601	BKB91S5307	5651500	BDN4SP6547	150	151	2190
5463261	BKB95S635	5611480	BDL28.5S6009	175	177	2567
5463501	BKB95S640	5643014	BDN12SD12	130	131	1899
5463502	BKB95S640	5643036	BDN4SD508W	130	131	1899
5464961	BKB95S5020	5611480	BDL28.5S6009	175	177	2567
5465261	BKB95S5110	5611480	BDL28.5S6009	230	233	3379
5490001	BKB35S5257	5643095	BDN4SD6299	160	162	2349
5490002	BKB35S5257	5643095	BDN4SD6299	145	146	2117
5490003	BKB35S5257	5642003	BDN8S1	145	146	2117
5490004	BKB35S5257	5642001	BDN4S1	101	102	1479
5490301	BKB35S5258	5611735	BDL110S6267	120	121	1754
5490302	BKB35S5258	5611650	BDL110S6133	120	121	1754
5490401	BKB35SD5258	5612162	BDL110S6709	170	172	2494
5490501	BKB35S5259	5611650	BDL110S6133	120	121	1754
5490502	BKB35S5259	5611650	BDL110S6133	100	101	1464
5490503	BKB35S5259	5611650	BDL110S6133	160	162	2349
5490504	BKB35S5259	5611735	BDL110S6267	120	121	1754
5490506	BKB35S5259	5611640	BDL110S6125	120	121	1754
5490507	BKB35S5259	5611635	BDL110S6116	120	121	1754
5490601	BKB35SD5259	5611650	BDL110S6133	120	121	1754
5490602	BKB35SD5259	5611650	BDL110S6133	160	162	2349
5490603	BKB35SD5259	5611730	BDL110S6257	141	140	2045
5490604	BKB35SD5259	5611650	BDL110S6133	160	162	2349
5490606	BKB35SD5259	5611735	BDL110S6267	120	121	1754
5490607	BKB35SD5259	5611635	BDL110S6116	120	121	1754
5490608	BKB35SD5259	5611735	BDL110S6267	180	182	2639
5490609	BKB35SD5259	5611735	BDL110S6267	170	172	2494
5490610	BKB35SD5259	5611650	BDL110S6133	180	182	2639
5490611	BKB35SD5259	5612162	BDL110S6709	170	172	2494
5490701	BKB35S5260	5611735	BDL110S6267	120	121	1754
5490702	BKB35S5260	5611650	BDL110S6133	120	121	1754
5490703	BKB35S5260	5611650	BDL110S6133	100	101	1464
5490704	BKB35S5260	5612160	BDL110S6610	160	162	2349
5490705	BKB35S5260	5611650	BDL110S6133	160	162	2349
5490801	BKB35SD5260	5611650	BDL110S6133	120	121	1754
5490802	BKB35SD5260	5611725	BDL95S6250	125	126	1827
5490803	BKB35SD5260	5611735	BDL110S6267	120	121	1754
5490804	BKB35SD5260	5611650	BDL110S6133	160	162	2349
5490805	BKB35SD5260	5611735	BDL110S6267	180	182	2639
5490806	BKB35SD5260	5612161	BDL110S6685	170	172	2494
5490807	BKB35SD5260	5611735	BDL110S6267	170	172	2494
5490808	BKB35SD5260	5612162	BDL110S6709	170	172	2494
5493001	BKB35S5283	5650091	BDN0SPC6209	135	136	1972

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
5493301	BKB35S5286	5642013	BDN8S2	100	101	1464
5493401	BKB35SD5286	5643014	BDN12SD12	125	126	1827
5494201	BKB35S5303	5650300	BDN0SPC6389	135	136	1972
5494202	BKB35S5303	5650300	BDN0SPC6389	175	177	2567
5496002	BKB35SD5321	5642090	BDN4S6157	130	131	1899
5496101	BKB35SD5321	5643085	BCN12SD6236	135	136	1972
5497001	BKB35S5355	5611650	BDL110S6133	160	162	2349
5497002	BKB35S5355	5612160	BDL110S6610	160	162	2349
5497006	BKB35S5355	5612160	BCL110S6610	160	162	2349
5498001	BKB35SD5410	5643105	BDN4SD6346	135	136	1972
5498002	BKB35S05410	5641080	BDN0SDC6434	135	136	1972
5570301	YNH1	5643014	BDN12SD12	110	111	1609
5570801	YNH8	5643014	BDN12SD12	110	111	1609
5572301	HB54S600	5621669	BDLL140S6622	175	177	2567
6700101	LRB67001	6801001		240	243	3524
6700102	LRB67001	6801003		240	243	3524
6700501	LRB67005	5643412	BDN0SD6577A	120	121	1754
6700502	LRB67005	5641032	BDN0SD6827	120	121	1754
6700701	LRB67007	6801006		235	238	3451
6700801	LRBY67008	6809224		180	182	2639
6700802	LRBY67008	6809225		190	192	2784
6700803	LRBY67008	6809325		195	197	2857
6700804	LRB67008	6801015		180	182	2639
6700805	LRB67008	6301016		195	197	2857
6700806	LRB67008	6301017		195	197	2857
6700807	LRB67008	6801018		195	197	2857
6700808	LRB67008	6809295		TBA		
6700809	LRB67008	6801035		195	197	2857
6700810	LRBE7008	6801101		213	215	3118
6701201	LRB67012	5643070	BDN4SDC6794	135	136	1972
6701301	LRB67013	6801009		225	227	3292
6701302	LRB67013	6801010		225	227	3292
6701303	LRB67013	6801011		225	227	3292
6701401	LRB67014	6801014		245	248	3596
6701402	LRB67014	6801019		230	233	3379
6701403	LRB67014	6801022		195	197	2857
6701404	LRB67014	6801022		210	212	3074
6701406	LRB67014	6801019		250	253	3669
6701407	LRB67014	6801027		230	233	3379
6701408	LRB67014	6801014		225	227	3292
6701409	LRB67014	6801045		270	273	3959
6701412	LRB67014	6801019		200	202	2929
6701413	LRB67014	6801022		220	222	3219
6701414	LRB67014	6801052		250	253	3669
6701415	LRB67014	6801029		220	222	3219
6701416	LRB67014	6801057		220	222	3219
6701417	LRB67014	6801058		250	253	3669
6701418	LRB67014	6801058		220	222	3219
6701419	LRB67014	6801082		250	253	3669
6701420	LRB67014	6801084		255	258	3741
6701421	LRB67014	6801088		223	225	3263
6701422	LRB67014	6801106		218	220	3190
6701424	LRB67014	6801136		266	269	3901
6701428	LRB67014	6801157		239	242	3509
6701501	LRB67015	6801012		240	243	3524
6701502	LRB67015	6801029		250	253	3669

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
6701503	LRB67015	6301029		210	212	3074
6701504	LRB67015	6801159		223	225	3263
6701601	LRB67016	6801024		260	263	3814
6701602	LRB67016	6801098		250	253	3669
6701802	LRB67018	6301026		240	243	3524
6702601	LRB67026	6801040		188	190	2755
6702602	LRB67026	6801041		188	190	2755
6702603	LRB67026	6801042		188	190	2755
6702606	LRB67026	6801067		190	192	2784
6702607	LRB67026	6801116		189	191	2770
6702608	LRB67026	6801117		189	191	2770
6702901	LRB67029	6801050		240	243	3524
6702902	LRB67029	6801051		240	243	3524
6702903	LRB67029	6801051		240	243	3524
6702904	LRB67029	6801076		245	248	3596
6702905	LRB67029	6801137		255	258	3741
6703001	LRB67030	6801061		227	230	3335
6703002	LRB67030	6801062		225	227	3292
6703201	LRB67032	6301052		250	253	3669
6703202	LRB67032	6801057		230	233	3379
6703203	LRB67032	6301093		250	253	3669
6703204	LRB67032	6861100		250	253	3669
6703205	LRB67032	6801084		250	253	3669
6703206	LRB67032	6801104		250	253	3669
6703301	LRB67033	6801063	BDLL136S6858	230	233	3379
6703302	LRB67033	6801064	BDLL124S6857	230	233	3379
6703303	LRB67033	6801065	BDLL138S6859	260	263	3814
6703304	LRB67033	6801066	BDLL134S6360	260	263	3814
6703305	LRB67033	6801146	BDLL138S6884	257	260	3770
6703306	LRB67033	6801147	BDLL134S6885	204	206	2987
6703501	LRA67035	6801072		230	233	3379
6703502	LRA67035	6801073		230	233	3379
6703503	LRA67035	6301080		230	233	3379
6703505	LRA67035	6801087		230	233	3379
6703506	LRA67035	6801090		238	241	3495
6703507	LRA67035	6801091		238	241	3495
6703508	LRA67035	6801105		236	239	3466
6703509	LRA67035	6801109		235	238	3451
6703510	LRA67035	6301110		232	235	3408
6703511	LRA67035	6801111		235	238	3451
6703512	LRA67035	6801114		241	244	3538
6703801	LRC67038	5643810	BDN0SD253	125	126	1827
6703901	LRC67039	5643808	BDN0SD248	125	126	1827
6704001	LRC67040	5643808	BDN0SD248	125	126	1827
6704201	TR867042	6801081		TBA		
6704301	LRB67043	6801085		240	243	3524
6704302	LRB67043	6801086		240	243	3524
6704303	LRB67043	6801107		205	207	3002
6704304	LRB67043	6301108E		250	253	3669
6704601	LRB67046	6801061		240	243	3524
6704602	LRB67046	6801062		240	243	3524
6704801	LRA67048	6801134		227	230	3335
6704802	LRA67048	6801135		227	230	3335
6704803	LRA67048	6801133		227	230	3335
6704805	LRA67048	6801135		279	282	4090
6704806	LRA67048	6801148		227	230	3335

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
6704808	LRA67048	6801148		279	282	4090
6704809	LRA67048	6801165		279	282	4090
6704901	LRB67049	6801138		230	233	3379
6705001	LRB67050	6801141		227	230	3335
6705301C	LRC67053	5643480	BDN12SDC6872C	150	151	2190
6705301E	LRC67053	5643482	RDN12SDC6872E	153	155	2240
6705402D	LRC67054	5643076	RCN12SDC6849D	124	125	1812
6730101	LSB67301	5621771	BDLL150S6725	240	243	3524
6730104	LSB67301	5621836	BCL1150S6789CF	240	243	3524
6730106	LSB67301	5621872	BDLL150S6831CF	240	243	3524
6730501	LCB67305	5641892	BDNOSG6754	120	121	175,1
6730504	LCB67305	5641020	BCNCSD193	130	131	1899
6731201	LRC67312	5641892	BDNCSD6754	120	121	1754
6731203	LCB67312	5641892	BGNOSD6754	150	151	2190
6731204	LCB67312	5641025	BCNCSD293	150	151	2190
6731205	LBB67312	5641025	BCNOSC293	130	131	1899
6731401	LCB67314	5641892	BDNOSD6754	120	121	1754
6731501	LCB67315	5621836	BDLL'50S6789CF	240	243	3524
6731502	LSB67315	5621897	BDLL150S6846CF	240	243	3521
6731503	LSB67315	5621872	BDLL150S6831CF	251	254	3683
6732201	LRC67322	5641032	BDN0SD6827	120	121	1754
6732202	LRC67322	5641907	BDN12SD6855	135	136	1972
6732401	LRC67324	5641907	BDN12SC6855	130	131	1899
6732501	LRC67325	5641907	BDN12SD6855	135	136	1972
6732502	LRC67325	R5641891	RDN0SCC6751	130	131	1899
6732602C	LRC67326	R5643075	RDN12SDC6849C	124	125	1812
6732603C	LRC67326	R5643075	RDN12SDC6849C	139	140	2030
6733301	LRC67333	5641912	BDN0SD6866C	114	115	1667
6733302	LRC67333	5641913	BDN0SD6867C	114	115	1667
6733501	LRC67335	5641028	BDN0SD6871	129	130	1885
6734101	LRC67341	5642049	BDN4S6873	140	141	2045
6734801C	LRC67348	5643075	BDN12SDC6849C	150	151	2190
6759801	LRC67598	5641025	BDN0SD293	129	130	1885
6760101	LJB67601	6801025		235	238	3451
6760102	LJB67601	6801033		235	238	3451
6760103	LJB67601	6801034		235	238	3451
6760201	LJC67602	6801028		140	141	2045
6760301	LJC67603	6801036		125	126	1827
6760401	LJC67604	6801059		255	258	3741
6760402	LJC67604	6801060		255	258	3741
6760403	LJC67604	6801055		250	253	3669
6760404	LJC67604	6801056		250	253	3669
6760405	LJC67604	6801070		250	253	3669
6760406	LJC67604	6801071		245	248	3596
6760407	LJC67604	6801074		250	253	3669
6760408	LJC67604	6801075		255	258	3741
6760409	LJC67604	6801060		225	227	3292
6760410	LJC67604	6801079		215	217	3147
6760411	LJC67604	6801079		240	243	3524
6760412	LJC67604	6801060		220	222	3219
6760413	LJC67604	6801055		220	222	3219
6760414	LJC67604	6801089		220	222	3219
6760417	LJC67604	6801118		237	240	3480
6760418	LJC67604	6801122		247	250	3625
6760419	LJC67604	6801124		218	220	3190
6760420	LJC67604	6801121		247	250	3625

Inyector	Tipo Porta-toberas	Tobera	Tipo	Atm	Bar	Psi
6760421	LJC67604	6801123		247	250	3625
6760422	LJC67604	6801124		247	250	3625
6760423	LJC67604	6801125		247	250	3625
6760424	LJC67604	6801127		252	255	3698
6760425	LJC67604	6801128		213	215	3118
6760426	LJC67604	6801128		237	240	3480
6760427	LJC67604	6801121		218	220	3190
6760428	LJC67604	6801129		237	240	3480
6760429	LJC67604	6801131		237	240	3480
6760501	LJC67605	6801079		218	220	3190
6760502	LJC67605	6801055		250	253	3669
6760503	LJC67605	6801056		250	253	3669
6760504	LJC67605	6801060		250	253	3669
6760505	LJC67605	6801059		255	258	3741
6760506	LJC67605	6801075		240	243	3524
6760507	LJC67605	6801079		250	253	3669
6760508	LJC67605	6801070		250	253	3669
6760509	LJC67605	6801071		240	243	3524
6760510	LJC67605	6801055		220	222	3219
6760511	LJC67605	6801060		220	222	3219
6760512	LJC67605	6801079		221	223	3234
6760513	LJC67605	6801089		215	217	3147
676051 4	LJC67605	6801103		230	233	3379
676051 5	LJC67605	6801112E		221	223	3234
6760516	LJC67605	6801071		221	223	3234
6760517	LJC67605	6801118		237	240	3480
6760518	LJC67605	6801119		213	215	3118
6760519	LJC67605	6801120E		213	215	3118
6760520	LJC67605	6801121		247	250	3625
6760521	LJC67605	6801123		247	250	3625
6760522	LJC67605	6801124		247	250	3625
6760523	LJC67605	6801125		247	250	3625
6760524	LJC67605	6801127		252	255	3698
6760525	LJC67605	6801128		213	215	3118
6760526	LJC67605	6801128		237	240	3480
6760527	LJC67605	6801130		213	215	3118
6760528	LJC67605	6801118		213	215	3118
6760529	UC67605	6801131		213	215	3118
6760530	LJC67605	6801145		213	215	3118
6760531	LJC67605	6801131		237	240	3480
6760532	LC67605	6801150		213	215	3118
6760601	LJB67606	6801034		235	238	3451
6760602	LJB67606	6801033		235	238	3451
6760603	LJB67606	6801025		235	238	3451

Fotografías del proceso de construcción.

Foto 1. Proceso de cortado de los elementos.



Foto 2. Proceso de armado de la estructura.



Foto 3. Proceso soldado de la estructura.



Foto 4. Estructura acabada.



Foto 5. Cortado del material para la cubierta.



Foto 6. Doblado de la cubierta.



Foto 7. Proceso de amolado de la estructura.



Foto 8. Cubierta.



Foto 9. Mecanizado de los componentes.



Foto 10. Moleteado de la palanca del probador de inyectores.



Foto 11. Taladrado del porta inyectores.



Foto 12. Preparación del material previo al fundido.



Foto 13. Fondeado de la estructura.



Foto 14. Fondeado de los elementos.



Foto 15. Pintado de la estructura.



Foto 16. Mesa pintada.



Foto 17. Montaje de los elementos al banco.



Foto 18. Montaje de los elementos al banco.

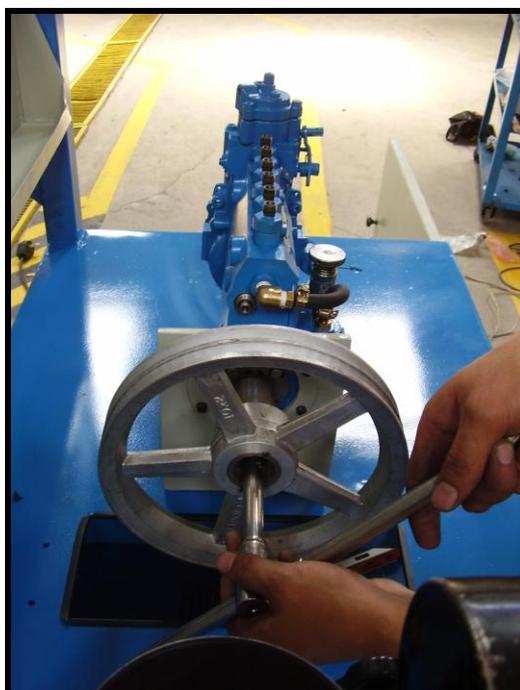


Foto 19. Montaje de los elementos al banco.

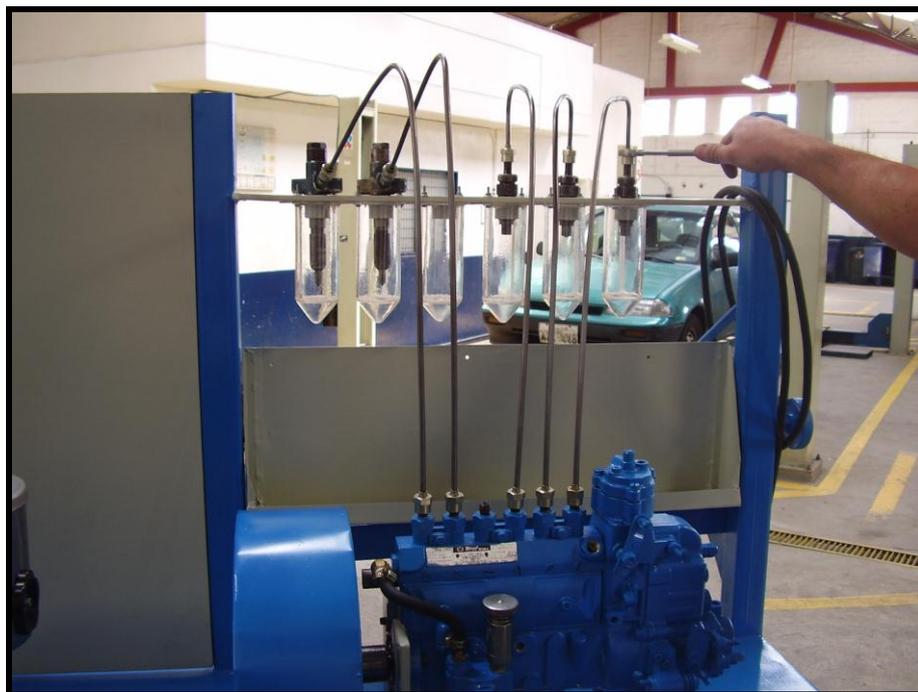


Foto 20. Montaje de los elementos al banco.

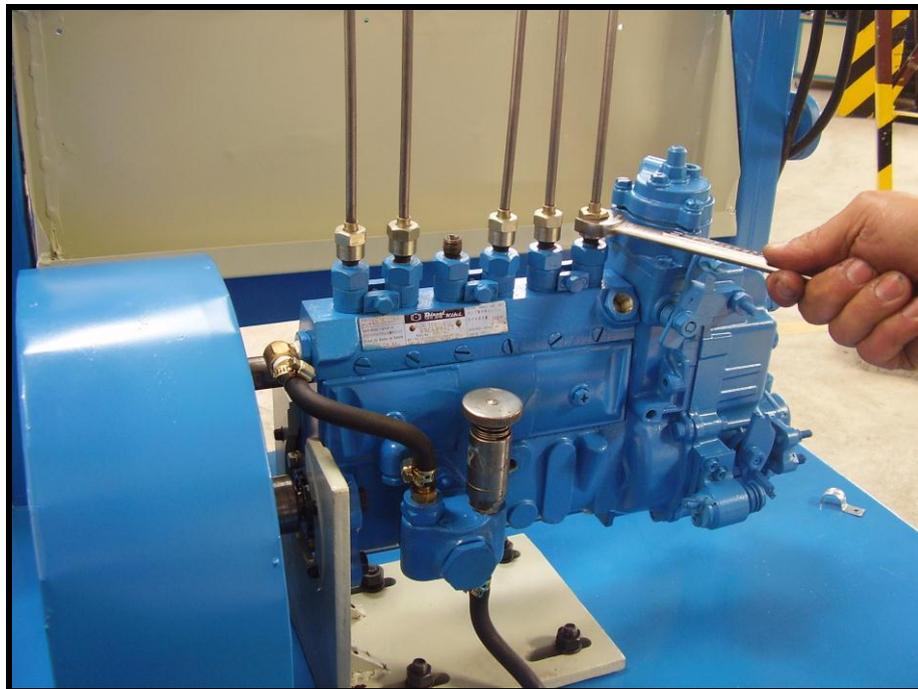


Foto 21. Montaje de los elementos al banco.



Foto 22. Programación de la tarjeta electrónica.

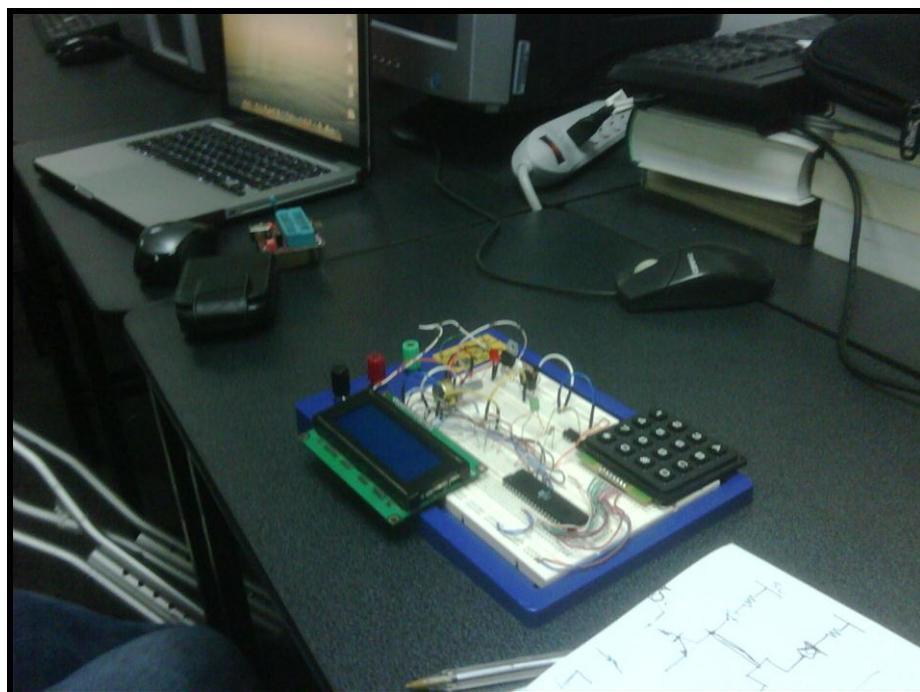


Foto 23. Banco terminado.



Foto 24. Mesa terminada.



Foto 25. Pruebas de funcionamiento.



Foto 26. Pruebas de funcionamiento.

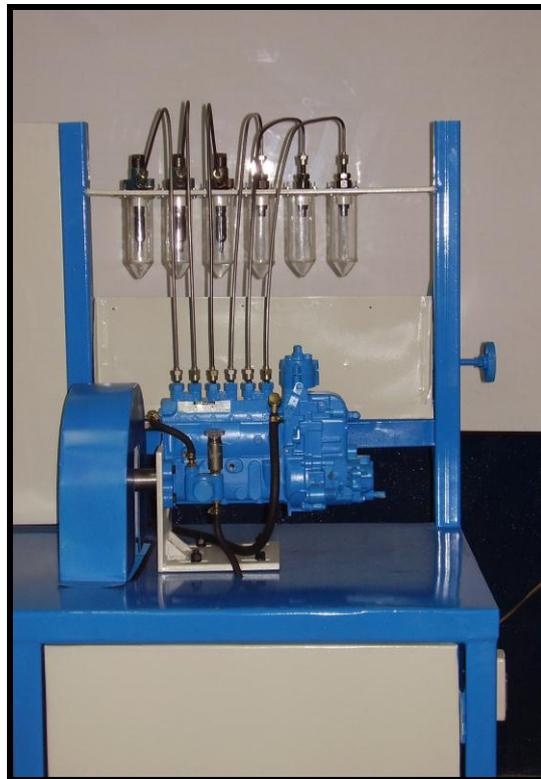


Foto 27. Pruebas de Homologación.

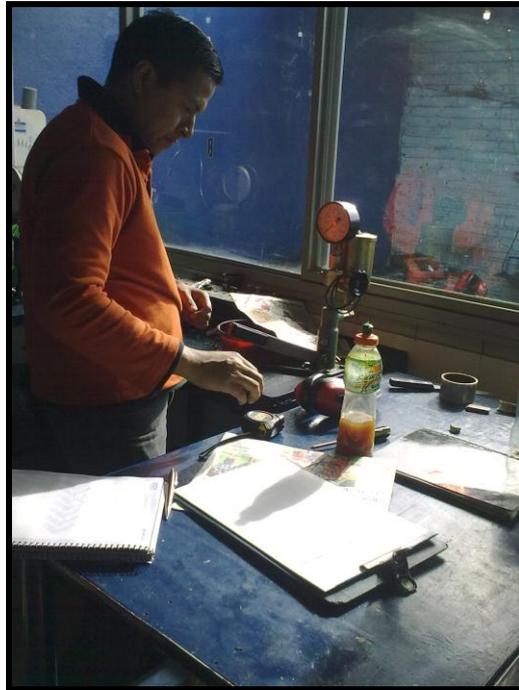


Foto 28. Pruebas de Homologación.

