



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

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

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ACCESORIOS PARA LA  
CALIBRACIÓN DE BOMBAS LINEALES TIPO A-P PARA EL  
BANCO DE PRUEBAS BOSCH EPS-815**

**AUTORES: CARLOS DANIEL ARÉVALO ROCHA  
JOSÉ RAÚL TEJADA CRUZ**

**DIRECTOR: ING. GERMÁN ERAZO**

**LATACUNGA**

**2016**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ACCESORIOS PARA LA CALIBRACIÓN DE BOMBAS LINEALES TIPO A-P PARA EL BANCO DE PRUEBAS BOSCH EPS-815**” realizado por los señores **CARLOS DANIEL ARÉVALO ROCHA** y **JOSÉ RAÚL TEJADA CRUZ**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores **CARLOS DANIEL ARÉVALO ROCHA** y **JOSÉ RAÚL TEJADA CRUZ** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 03 de junio del 2016



WASHINGTON GERMÁN ERAZO LAVERDE  
DIRECTOR



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, **CARLOS DANIEL ARÉVALO ROCHA**, con cédula de identidad N° 050317419-5, y **JOSÉ RAÚL TEJADA CRUZ**, con cédula de identidad N° 172165343-2, declaramos que este trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ACCESORIOS PARA LA CALIBRACIÓN DE BOMBAS LINEALES TIPO A-P PARA EL BANCO DE PRUEBAS BOSCH EPS-815**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

**Latacunga, 03 de junio del 2016**

---

Carlos Daniel Arévalo Rocha

C.C.: 050317419-5

---

José Raúl Tejada Cruz

CC.: 172165343-2



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

Nosotros, **CARLOS DANIEL ARÉVALO ROCHA** y **JOSÉ RAÚL TEJADA CRUZ**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ACCESORIOS PARA LA CALIBRACIÓN DE BOMBAS LINEALES TIPO A-P PARA EL BANCO DE PRUEBAS BOSCH EPS-815**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

**Latacunga, 03 de junio del 2016**

---

Carlos Daniel Arévalo Rocha

C.C.: 050317419-5

---

José Raúl Tejada Cruz

CC.: 172165343-2

## DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a mi madre Blanca Alicia Rocha, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaste. Mamá gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto te lo debo a ti. A mis hermanos, Fanny y Juan por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho. A mi novia Abigail que me apoyo y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

**Carlos Daniel Arévalo Rocha**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres Raúl Tejada y Chavela Cruz que me apoyaron en todo momento y estuvieron en las buenas y en las malas para salir adelante, a mis hermanos que me dieron voces de aliento cuando las necesitaba, a mi novia Gaby que siempre estuvo a mi lado para darme consejos y me motivó a seguir adelante aun cuando el camino parecía difícil, a todos mis profesores quienes tuvieron la paciencia y sabiduría para que este proyecto llegara a su fin.

**José Raúl Tejada Cruz**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi director de investigación, Ing. Germán Erazo por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida universitaria a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en esta etapa tan bonita de la vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

**Carlos Daniel Arévalo Rocha**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios y a la Virgen del Cisne por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme salud y vida para lograr mis objetivos.

Al Ing. Germán Erazo por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de este proyecto, por su tiempo brindado para compartir sus conocimientos.

A cada uno de mis profesores quienes supieron compartir sus conocimientos para lograr culminar esta etapa de mi vida, además quienes han sabido encaminarme en el camino correcto y quienes alguna vez supieron darme un consejo para lograr mis metas y cualquier cosa que me proponga.

A todos mis familiares quienes supieran darme fuerzas en los momentos más necesitados para poder cumplir con mis objetivos profesionales.

A cada uno de mis compañeros con los cuales nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y haber compartido momentos únicos.

**José Raúl Tejada Cruz**



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN .....	iv
DEDICATORIA.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xxii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xxiv
RESUMEN.....	xxv
ABSTRACT.....	xxvi
PRESENTACIÓN.....	xxvii

## CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ACCESORIOS PARA LA CALIBRACIÓN DE BOMBAS LINEALES TIPO A-P PARA EL BANCO DE PRUEBAS BOSCH EPS-815”.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Descripción resumida del proyecto.....	3

1.4	Justificación e importancia.....	4
1.5	Objetivos.....	5
1.5.1	Objetivo general.....	5
1.5.2	Objetivos específicos.....	5
1.6	Metas.....	6
1.7	Hipótesis.....	6
1.8	Variables de investigación.....	6
1.8.1	Variable independiente.....	6
1.8.2	Variable dependiente.....	6
1.8.3	Operacionalización de variables.....	6
a.	Variable independiente.....	6
b.	Variable dependiente.....	7
1.9.	Metodología.....	8
1.9.1.	Método analítico.....	9
1.9.2.	Método experimental.....	9
1.9.3.	Método deductivo.....	9
1.9.4.	Método inductivo.....	9
1.9.5.	Método sintético.....	9
1.9.6.	Método matematización.....	10
1.9.7.	Método de modelación.....	10
1.9.8.	Método de la medición.....	10
1.9.9.	Método observación directa.....	10
1.9.10.	Método estadístico y de probabilidades.....	10

## **CAPÍTULO II**

2.1	Introducción.....	14
2.2	Tipos de bombas de inyección lineal.....	15
2.3	Especificaciones de la bomba de inyección.....	16

2.3.1	Identificación de la bomba .....	16
2.3.2	Número de pedido.....	18
2.4	Constitución.....	18
2.4.1	Regulador.....	19
2.4.2	Bomba de alimentación.....	26
2.4.3	El elemento Bomba.....	28
2.5	Árbol de levas.....	29
2.6	Filtro de combustible diésel .....	30
2.6.1	Prefiltros.....	31
2.7	Funcionamiento (elementos de bombeo) .....	31
2.8	Bomba lineal tipo A.....	34
2.9	Bomba lineal tipo P.....	35
2.10	Banco de pruebas de bombas de inyección .....	36
2.10.1	Banco de pruebas de bombas de inyección EPS 815 .....	37
2.10.2	Equipos de ensayo e instrucciones para la comprobación de bombas de inyección. ....	39
2.11	Pruebas y calibraciones que se realizan en bombas de inyección lineales tipo A y P.....	41
2.11.1	Comienzo de alimentación.....	41
2.11.2	Marcha inicial. ....	41
2.11.3	Variación de avance.....	42
2.11.4	Entrega máxima de combustible. ....	42
2.11.5	Verificación de entrega de combustible en el arranque. ....	42
2.11.7	Operación de corte de combustible.....	43
2.11.8	Comprobación del resorte del gobernador.....	43
2.11.9	Verificación de la velocidad máxima. ....	43
2.12	Consideraciones o factores de diseño.....	43
2.12.1	Esfuerzos .....	45
2.12.2	Tensión axial.....	45

2.12.2	Esfuerzo cortante .....	46
2.12.3	Torsión .....	47

### **CAPÍTULO III**

<b>“DISEÑO DE ACOPLEROS Y ACCESORIOS PARA EL DESARMADO, ARMADO Y CALIBRACIÓN DE LA BOMBA DE INYECCIÓN LINEAL TIPO A Y P”.</b> .....		<b>50</b>
3.1	Introducción de la propuesta. ....	50
3.2	Descripción de los componentes .....	51
3.3	Parámetros de diseño.....	53
3.4	Coeficiente de confianza o factores de diseño. ....	53
3.5	Determinación de las cargas y dimensiones. ....	54
3.6	Diseño y función de acopleros.....	58
3.6.1	Análisis del material. ....	58
3.6.2.	Modelado del acople mandril- bomba .....	60
3.6.3.	Bases para bomba lineal tipo P.....	65
3.6.3.	Modelado de la llave para extracción de tuerca de contrapesas.....	69
3.6.4.	Diseño de cañerías de alta presión.....	72
3.7	Servicio de la bomba de inyección lineal P.....	76
3.7.1	Indicaciones generales. ....	76
3.7.2	Procedimiento para el desarmado de la bomba lineal tipo P. ....	80
3.8	Verificación de los componentes de la bomba de inyección tipo P. ...	89
3.8.1	Comprobación de elementos de bombeo. ....	89
3.8.2	Comprobación las válvulas de presión.....	90
3.8.3	Comprobación de rodillos y árbol de levas. ....	90
3.8.4	Comprobación de los muelles de émbolo y varilla de regulación.....	91
3.9	Proceso de desarmado para bombas de inyección en línea tipo A ....	91
3.9.1	Desmontaje de la cubierta del gobernador .....	92

3.9.2	Desmontaje de la camisa del gobernador.....	93
3.9.3	Desmontaje del conjunto de contrapeso .....	93
3.10	Reparación y sustitución.....	99
3.11	Proceso de armado para bombas de inyección en línea tipo A.....	103
3.11.1	Montaje del cilindro válvulas de presión.....	104
3.11.2	Montaje de los empujadores con rodillos .....	106
3.11.3	Montaje del regulador y bomba de alimentación.....	108

## **CAPÍTULO IV.**

### **“PRUEBAS Y CALIBRACIÓN DE BOMBAS DE INYECCIÓN LINEALES TIPO A Y P EN BANCO DE PRUEBAS EPS 815” .....111**

4.1	Uso del banco de pruebas Bosch EPS 815 y herramientas para la calibración de bombas de inyección lineal tipo A y P.....	111
4.1.1	Proceso para crear pasos de prueba (componente nuevo). .....	116
4.1.2	Introducción de valores de comprobación y ajuste en pasos de prueba....	119
4.1.3	Buscar y seleccionar una nueva componente de la base de datos local.....	122
4.1.4	Seleccionar componente de ESI [tronic] .....	125
4.2.1.	Preparación de la bomba de inyección tipo P para la calibración. ...	128
4.2.2.	Pruebas de calibración de la bomba de inyección lineal tipo P.....	131
4.3	Condiciones banco de ensayo para realizar pruebas de calibración	132
4.3.1	Comienzo de alimentación.....	133
4.3.2	Ajuste básico a altas revoluciones. ....	134
4.3.3	Ajuste básico a bajas revoluciones. ....	138
4.3.4	Carreras de manguito .....	140
4.3.5	Palanca de mando régimen superior .....	141
4.3.6	Palanca de mando régimen inferior .....	141
4.3.7	Ralentí Inferior.....	142

4.3.8	Plena carga en función del regulador LDA.....	144
4.3.9	Caudal plena carga .....	145
4.4	Preparación de la bomba de inyección lineal tipo A .....	146
4.5	Pruebas de calibración de la bomba de inyección lineal tipo A. ....	151
4.5.1	Ajuste básico: comprobar y ajustar .....	151
4.5.2	Caudal suministrado: .....	152
4.5.3	Ralentí.....	156
4.5.4	Regulación del regulador .....	157

## **CAPÍTULO V**

### **MARCO ADMINISTRATIVO.....159**

5.1	Recursos .....	159
5.1.1	Recursos humanos. ....	159
5.1.2	Recursos Tecnológicos.....	159
5.1.3	Recursos materiales .....	160
5.2.	Análisis de costos del proyecto .....	160
5.2.4	Análisis del costo – beneficio. ....	164

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES.....165**

### **RECOMENDACIONES.....166**

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....168**

### **ANEXOS.....170**

ANEXO A Listado de accesorios y herramientas bomba tipo P

ANEXO B Listado de accesorios y herramientas bomba tipo A

ANEXO C Hojas de características de calibración

ANEXO D Resultados de las pruebas del banco de pruebas Bosch.

ANEXO E Planos de herramientas

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama Causa efecto. ....	2
Figura 2. Tipos de bombas lineales .....	15
Figura 3. Placa de la bomba de inyección .....	16
Figura 4. Componentes externos bomba lineal.....	19
Figura 5. Identificación del regulador .....	20
Figura 6. Regulador .....	20
Figura 7. Regulador centrífugo .....	21
Figura 8. Partes del regulador.....	22
Figura 9. Regulador en posición de arranque .....	23
Figura 10. Regulador a carga parcial.....	24
Figura 11. Regulador al máximo de revoluciones .....	24
Figura 12. Regulador neumático.....	26
Figura 13. Bomba de alimentación .....	27
Figura 14. Esquema de la bomba de combustible de simple efecto .....	27
Figura 15. Esquema de la bomba de combustible de doble efecto.....	28
Figura 16. Partes internas bomba lineal .....	29
Figura 17. Árbol de levas bomba tipo P .....	30
Figura 18. Filtro de combustible Bosch.....	30
Figura 19. Prefiltros de combustible.....	31
Figura 20. Elementos de bombeo .....	32
Figura 21. Suministro en función del giro del émbolo .....	32
Figura 22. Mecanismo de la cremallera .....	33
Figura 23. Émbolo.....	34
Figura 24. Bomba lineal tipo A .....	35
Figura 25. Bomba lineal tipo P .....	35
Figura 26. Banco de pruebas Bosch EPS 815.....	36
Figura 27. Características del Banco de pruebas Bosch EPS 815 .....	37

Figura 28. Partes del banco de pruebas Bosch EPS815 .....	38
Figura 29. Software EPS .....	38
Figura 30. Características del aceite de pruebas.....	40
Figura 31. Componentes de esfuerzo.....	45
Figura 32. Barra en tensión axial .....	46
Figura 33. Carga cortante .....	47
Figura 34. Barra redonda en torsión pura .....	49
Figura 35. Dimensiones de banco de pruebas EPS 815, .....	53
Figura 36. Dimensiones para bases de bomba de inyección tipo P.....	56
Figura 37. Dimensiones para guía de bancada .....	56
Figura 38. Dimensiones de base principal para bancada .....	56
Figura 39. Radios de flexión en tuberías de ensayo .....	57
Figura 40. Propiedades mecánicas del ACERO AISI 1020. ....	58
Figura 41. Propiedades mecánicas del ACERO AISI 1010. ....	58
Figura 42. Modelado acople bomba- mandril.....	60
Figura 43. Modelado acople bomba- mandril.....	60
Figura 44. Tensión de Von Mises en acople cónico.....	64
Figura 45. Deformación de acople cónico.....	64
Figura 46. Factor de seguridad de acople cónico.....	64
Figura 47. Base para bomba lineal tipo P .....	65
Figura 48. Base para bomba lineal tipo P .....	65
Figura 49. Tensión de Von Mises en acople cónico.....	68
Figura 50. Deformación de base para bomba lineal tipo P.....	69
Figura 51. Modelado llave para tuerca de conjunto de masas.....	69
Figura 52. Vista inferior llave para tuerca de conjunto de masas.....	69
Figura 53. Tensión de Von Mises en llave especial. ....	71
Figura 54. Deformación de llave para tuerca especial.....	72
Figura 55. Factor de seguridad para llave de tuerca especial. ....	72
Figura 56. Modelado - cañería.....	73
Figura 57. Simulation, estudio de tipo estático.....	74
Figura 58. Asignación de cargas en las cañerías.....	74



Figura 59. Criterio de fallo - Tensión de Von Mises. ....	75
Figura 60. Cañería - desplazamientos. ....	76
Figura 61. Cañería - Factor de seguridad. ....	76
Figura 62. Partes de la bomba de inyección lineal.....	77
Figura 63. Placa de bomba de inyección lineal PE6P110A720RS3408 .....	80
Figura 64. Bomba de inyección lineal montado en el dispositivo .....	80
Figura 65. Acoplamiento de distribución .....	81
Figura 66. Pernos de la tapa del regulador.....	81
Figura 67. Horquilla de articulación.....	82
Figura 68. Unión entre la cremallera y la horquilla de aceleración.....	82
Figura 69. Extracción del perno de cojinete .....	83
Figura 70. Extracción del perno de cojinete .....	83
Figura 71. Extracción de la tuerca de masas rotantes .....	84
Figura 72. Extracción del casquillo guía .....	84
Figura 73. Tapa inferior de la bomba lineal.....	84
Figura 74. Cojinete intermedio del árbol de levas .....	85
Figura 75. Tapones para traba.....	85
Figura 76. Excéntricos trabando los elementos de bomba .....	86
Figura 77. Tapa del cojinete principal. ....	86
Figura 78. Cojinete intermedio del árbol de levas .....	86
Figura 79. Extracción del árbol de levas. ....	87
Figura 80. Extracción de los levanta propulsores. ....	87
Figura 81. Extracción de los elementos de bombeo. ....	87
Figura 82. Elementos de bombeo. ....	88
Figura 83. Extracción de racores y casquillos guías. ....	88
Figura 84. Elemento de bomba de inyección tipo P .....	89
Figura 85. Válvulas de presión.....	90
Figura 86. Comprobación de árbol de levas. ....	90
Figura 87. Comprobación de muelles. ....	91
Figura 88. Comprobación de varilla de regulación.....	91
Figura 89. Desmontaje de la tapa de la bomba de inyección. ....	92

Figura 90. Desmontaje de los tornillos de la tapa del regulador .....	92
Figura 91. Desmontaje de la tapa del regulador .....	93
Figura 92. Extracción del seguro que une la horquilla con la cremallera .....	93
Figura 93. Seguros de retención para guía de manguito .....	94
Figura 94. Desajuste de tuerca de contrapesas.....	94
Figura 95. Extracción del conjunto de contrapesas .....	94
Figura 96. Giro del árbol del árbol de levas .....	95
Figura 97. Traba de resortes.....	95
Figura 98. Extracción de tornillos de la tapa de cojinete del árbol de levas.....	95
Figura 99. Desmontaje del árbol de levas.....	96
Figura 100. Extracción de tapones inferiores.....	96
Figura 101. Extracción de las trabas.....	97
Figura 102. Extracción de empujadores. ....	97
Figura 103. Extracción de conjuntos de impulsión.....	97
Figura 104. Bandeja para depositar los componentes e bomba.....	98
Figura 105. Extracción la camisa con el platillo superior y el sector dentado. .	98
Figura 106. Retirando la varilla de regulación.....	98
Figura 107. Desenroscando los racores. ....	99
Figura 108. Inspección del cuerpo de bomba .....	102
Figura 109. Montaje los sectores dentados con las camisas de regulación ...	104
Figura 110. Montaje del conjunto de impulsión de combustible.....	104
Figura 111. Montaje de válvula de presión y racor. ....	105
Figura 112. Prueba de deslizamiento de émbolo.....	105
Figura 113. Introducción del émbolo y el platillo inferior del muelle. ....	106
Figura 114. Introducción de los empujadores con rodillo.....	106
Figura 115. Colocación de los sujeta-empujadores .....	107
Figura 116. Montaje del árbol de levas. ....	107
Figura 117. Colocación del porta cojinete.....	108
Figura 118. Colocación de contrapesas.....	108
Figura 119. Ajuste del conjunto de contrapesas. ....	109
Figura 120. Ajuste y colocación de guía de manguito.....	109

Figura 121. Colocación del pasador. ....	109
Figura 122. Colocación de la tapa del regulador .....	110
Figura 123. Encendido del banco ESPS 815 .....	111
Figura 124. Programa EPS 945-PE/VE/CR .....	111
Figura 125. Ventana de inicio del programa .....	112
Figura 126. Indicadores de estado.....	112
Figura 127. Ventana de advertencia legal .....	113
Figura 128. Ventana para elegir componentes .....	113
Figura 129. Pestaña de opciones de F2 .....	114
Figura 130. Ventana selección de componentes .....	116
Figura 131. Introducción de datos.....	117
Figura 132. Sentido de giro.....	117
Figura 133. Compensación.....	117
Figura 134. Punto de regulación .....	118
Figura 135. Datos del componente .....	118
Figura 136. Entrada del paso de prueba.....	120
Figura 137. Ventana selección de componentes .....	122
Figura 138. Pestaña de opción F2 .....	123
Figura 139. Lista de componentes.....	123
Figura 140. Selección de componente.....	124
Figura 141. Inicio de prueba .....	125
Figura 142. Ventana de advertencia .....	125
Figura 143. Inicio programa ESI [tronic].....	126
Figura 144. Ventana para introducir el dato del componente .....	126
Figura 145. Componente deseado.....	127
Figura 146. Valores de comprobación .....	127
Figura 147. Ajuste del acople .....	128
Figura 148. Ajuste del acople .....	128
Figura 149. Ajuste de las bases.....	129
Figura 150. Colocación de aceite.....	129
Figura 151. Montaje de cañerías .....	130

Figura 152. Montaje de mangueras de alta presión.....	130
Figura 153. Ajuste de cañerías .....	131
Figura 154. Almacenamiento de datos .....	132
Figura 155. Ajuste de presión .....	132
Figura 156. Temperatura del aceite .....	133
Figura 157. Opciones de F7 .....	133
Figura 158. Inyección del cilindro número 2 .....	134
Figura 159. Regulación de la palanca.....	135
Figura 160. Medición de caudal.....	135
Figura 161. Calibración de caudal .....	136
Figura 162. Medición de caudal aceptable .....	138
Figura 163. Prueba a 250 rpm .....	139
Figura 164. Medición de caudal aceptable .....	139
Figura 165. Medición del recorrido del manguito .....	140
Figura 166. Calibración recorrido del manguito .....	140
Figura 167. Comprobación del recorrido de la palanca .....	142
Figura 168. Tornillo de calibración.....	142
Figura 169. Tornillo de calibración ralentí .....	143
Figura 170. Caudal de ralentí.....	143
Figura 171. Montaje regulador.....	144
Figura 172. Compresor .....	145
Figura 173. Tornillo de regulación.....	145
Figura 174. Caudal obtenido de la medición.....	146
Figura 175. Valores de comprobación .....	146
Figura 176. Ajuste de la bomba en la base.....	147
Figura 177. Montaje del acople cónico .....	147
Figura 178. Montaje de la bomba .....	148
Figura 179. Colocación de cañerías .....	148
Figura 180. Entrada de combustible .....	149
Figura 181. Montaje del graduador .....	149
Figura 182. Ajuste de la bomba en el banco.....	150

Figura 183. Montaje del reloj palpador.....	150
Figura 184. Verificación de presión.....	151
Figura 185. Temperatura del aceite .....	152
Figura 186. Verificación de caudal.....	153
Figura 187. Verificación de caudal.....	153
Figura 188. Palanca de regulación .....	154
Figura 189. Encendido y apagado .....	154
Figura 190. Calibración de caudal .....	155
Figura 191. Caudal obtenido a 1300 rpm.....	156
Figura 192. Recorrido cremallera.....	156
Figura 193. Tornillo de regulación.....	157
Figura 194. Verificación del recorrido de la cremallera .....	158
Figura 195. Calibración del recorrido de la cremallera.....	158

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variable independiente.....	7
Tabla 2 Operacionalización de variable dependiente .....	7
Tabla 3 Análisis de la metodología .....	11
Tabla 4 Características de las bombas de inyección .....	15
Tabla 5 Radios de flexión mínimos de cañerías .....	41
Tabla 6 Descripción de componentes.....	51
Tabla 7 Características técnicas del motor de banco EPS 815. ....	53
Tabla 8 Especificaciones para elegir el factor de diseño. ....	54
Tabla 9 Velocidad de giro min. y máx. Bomba tipo A.....	55
Tabla 10 Velocidad de giro min. y máx. Bomba tipo P.....	55
Tabla 11 Especificaciones para herramientas especiales .....	57
Tabla 12 Propiedades mecánicas del ACERO ASTM A53. ....	59
Tabla 13 Materiales a utilizar en bases y piezas a construir.....	59
Tabla 14 Factor de concentración.....	70
Tabla 15 Medidas de las cañerías. ....	75
Tabla 16 Partes de la bomba de inyección lineal tipo P.....	77
Tabla 17 Hoja de calibración del ángulo de fase .....	133
Tabla 18 Hoja de calibración de caudal a 700 rpm .....	134
Tabla 19 Hoja de calibración de caudal a 250 rpm .....	138
Tabla 20 Hoja de calibración de recorrido del manguito .....	140
Tabla 21 Hoja de calibración de la palanca de mando a altas rpm.....	141
Tabla 22 Hoja de calibración de la palanca de mando a bajas rpm.....	141
Tabla 23 Hoja de calibración de ralentí.....	142
Tabla 24 Hoja de calibración de caudal en función del regulador LDA.....	144
Tabla 25 Hoja de calibración de plena carga .....	145
Tabla 26 Cantidad de aceite en la bomba de inyección.....	148
Tabla 27 Datos de calibración de caudal .....	152
Tabla 28 Datos de calibración de ralentí.....	156
Tabla 29 Datos de calibración de recorrido de la cremallera .....	157
Tabla 30 Recurso humano.....	159

Tabla 31 Recursos tecnológicos .....	159
Tabla 32 Recursos materiales .....	160
Tabla 33 Costos de acople cónico .....	161
Tabla 34 Costos de brida para bomba de inyección tipo A.....	161
Tabla 35 Costos de base de bancada para bomba de inyección tipo P. ....	161
Tabla 36 Costos de cañería de alta presión .....	162
Tabla 37 Costos de levanta propulsores.....	162
Tabla 38 Extractor de conjunto de masas.....	162
Tabla 39 Copa para tuerca cilíndrica de masas.....	163
Tabla 40 Análisis total de costos.....	163
Tabla 41 Ingresos por calibración de bomba de inyección lineal. ....	164
Tabla 42 Costos que influyen en la calibración de una bomba .....	164

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

Ecuación 1. Esfuerzos normales.....	46
Ecuación 2. Esfuerzo cortante .....	47
Ecuación 3. Torsión .....	48
Ecuación 4. Torque.....	60
Ecuación 5. Momento de inercia.....	61
Ecuación 6. Momento flexionante .....	61
Ecuación 7. Esfuerzo máximo.....	62
Ecuación 8. Esfuerzo máximo.....	62
Ecuación 9. Esfuerzos .....	62
Ecuación 10. Factor de seguridad .....	63
Ecuación 11. Fuerza .....	66
Ecuación 12. Inercia .....	66
Ecuación 13. Constante del material .....	67
Ecuación 14. Frecuencia del sistema .....	67
Ecuación 15. Deformación .....	67
Ecuación 16. Factor de concentración.....	70
Ecuación 17. Esfuerzo máximo.....	70
Ecuación 18. Esfuerzos .....	71
Ecuación 19. factor de seguridad.....	71



## RESUMEN

La investigación se plantea debido a la falta de precisión en la calibración de bombas debido al desconocimiento de la tecnología aplicada en bancos de prueba y calibración de sistemas de inyección la cual es una de las causas que origina este problema, con el avance tecnológico las bombas de inyección en línea son desarrolladas para trabajar con valores de tolerancia cada vez más ajustados, por consecuente su calibración debe ser más precisa y exacta. Para una calibración más precisa se necesita de un equipo especializado por ende obliga a que este disponga de alta tecnología, lo cual servirá para obtener mediciones con exactitud al momento de realizar las calibraciones otorgadas por el fabricante. El escaso conocimiento técnico sobre equipos especializados en mantenimiento y calibración determina el uso de equipos inadecuados para la calibración de bombas de nueva generación, aumentando la ineficiencia de procesos en talleres especializados afines. La diversidad de aplicaciones, fabricantes, y subtipos de bombas de inyección lineal demanda del uso de fuentes y bases de datos para obtener de manera eficiente y fiable información sobre calibraciones que determina cada fabricante.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **INYECCIÓN DIÉSEL**
- **MOTORES DIÉSEL**
- **BOMBA DE INYECCIÓN**
- **MECÁNICA AUTOMOTRIZ-BANCO DE PRUEBAS**

## **ABSTRACT**

The investigation arises due to the lack of precision in the calibration of pumps due to ignorance of the technology applied in test benches and calibration injection system which is one of the causes that causes this problem, with technological advancement pumps injection line are developed to work with tolerance values increasingly adjusted for subsequent calibration must be more precise and accurate. For a more accurate calibration requires a specialized team therefore requires that this high technology available, which serve to obtain accurate measurements when making calibrations provided by the manufacturer. The limited technical knowledge of specialized equipment maintenance and calibration determines the use of improper equipment calibration pump new generation, increasing inefficiency of processes in related specialized workshops. The diversity of applications, manufacturers, and linear pumps subtypes injection use demand sources and databases for efficiently and reliably determines calibration information each manufacturer.

### **KEYWORDS:**

- **DIESEL INJECTION**
- **DIESELS ENGINE**
- **INJECTION PUMP**
- **AUTOMOTIVE MECHANICAL-TESTING BENCH**

## PRESENTACIÓN

La siguiente investigación resuelve la problemática de la falta de precisión en el proceso de calibración de bombas lineales tipo A y P, mediante el diseño y construcción de herramientas, así como la elaboración de procesos los cuales permiten obtener calibraciones que establece el fabricante. Comprende de 5 capítulos.

El primer capítulo inicia describiendo la problemática general actual en la calibración de bombas lineales tipo A y P, y el desconocimiento de la tecnología actual que existe en los procesos de calibración, describe los métodos que se utilizaron para el desarrollo de la presente investigación.

En el segundo capítulo se estudia la conceptualización que enmarca los diferentes parámetros tecnológicos para la calibración de bombas lineales tipo A y P, los procesos que enmarca el fabricante para los procesos de calibración, y los equipos tecnológicos actuales que se dispone para el servicio de bombas lineales tipo A y P.

El tercer capítulo se realiza el análisis de requerimientos para el diseño y proceso de manufactura de las herramientas para poder realizar el proceso de calibración, también se describe el correcto uso de las herramientas tecnológicas actuales que existen para el proceso.

En el cuarto capítulo se definen métodos y procesos a seguir para la calibración de bombas lineales, así como el correcto uso del banco de pruebas EPS 815;

El quinto capítulo, describe el marco administrativo, indica la factibilidad económica del proyecto mediante el análisis costo beneficio que implica el diseño y fabricación de las herramientas para la calibración de bombas lineales tipo A y P.

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO METODOLÓGICO PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ACCESORIOS PARA LA CALIBRACIÓN DE BOMBAS LINEALES TIPO A-P PARA EL BANCO DE PRUEBAS BOSCH EPS-815”**

### **1.1 Antecedentes.**

El mantenimiento de la bomba de inyección consiste en ajustar reglajes de caudal y presión de combustible a diferentes revoluciones, otorgadas por el fabricante, a fin de hacer óptimo el funcionamiento del motor diésel es decir mayor potencia, menor consumo de combustible y prolongación de la vida útil.

Uno de los factores que afecta la contaminación ambiental, la destrucción de la naturaleza y la capa de ozono son las emisiones contaminantes que los vehículos producen. Para reducir dichas emisiones se debe tomar en cuenta el mantenimiento y calibración de la bomba de inyección.

En el ámbito legal del Ecuador se dispone de normas que regulan las emisiones permitidas por los vehículos diésel como:

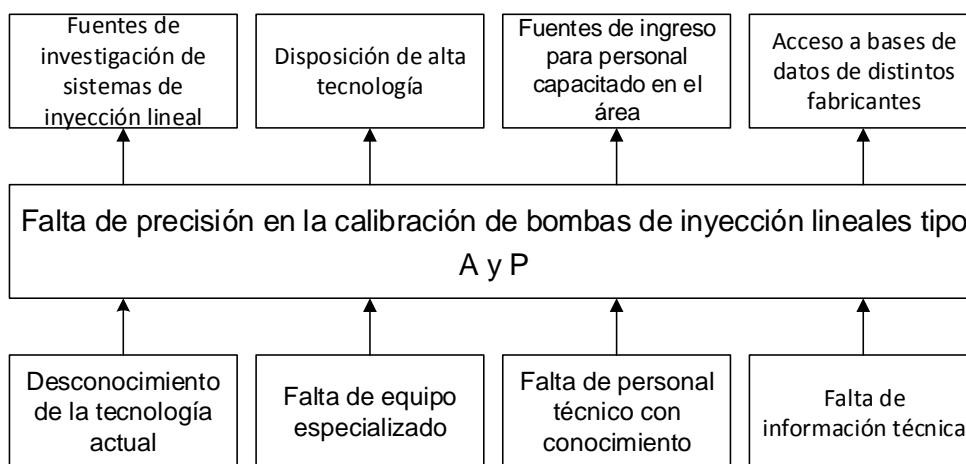
NTE INEN 2202:2002, Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la opacidad de emisiones de escape de motores de diésel mediante la prueba estática, método de aceleración libre.

NTE INEN 2207:2002, Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diésel.

Los bancos de inyección diésel como el EPS 815 son diseñados para la comprobación y calibración de bombas de inyección, mediante el uso de sistemas integrados como el conjunto de KMA – análisis continuo de medición

de combustible para sistemas eléctricos convencionales, EPS Banco de pruebas para bombas de inyección, MGT Técnica de medición por bureta con contador de carreras y revoluciones.

## 1.2 Planteamiento del problema.



**Figura 1 Diagrama Causa efecto.**

La investigación se plantea debido a la falta de precisión en la calibración de bombas debido al desconocimiento de la tecnología aplicada en bancos de prueba y calibración de sistemas de inyección la cual es una de las causas que origina este problema, con el avance tecnológico las bombas de inyección en línea son desarrolladas para trabajar con valores de tolerancia cada vez más ajustados, por consiguiente su calibración debe ser más precisa y exacta.

Para una calibración más precisa se necesita de un equipo especializado por ende obliga a que este disponga de alta tecnología, lo cual servirá para obtener mediciones con exactitud al momento de realizar las calibraciones otorgadas por el fabricante.

El escaso conocimiento técnico sobre equipos especializados en mantenimiento y calibración determina el uso de equipos inadecuados para la

calibración de bombas de nueva generación, aumentando la ineficiencia de procesos en talleres especializados afines.

La diversidad de aplicaciones, fabricantes, y subtipos de bombas de inyección lineal demanda del uso de fuentes y bases de datos para obtener de manera eficiente y fiable información sobre calibraciones que determina cada fabricante.

### **1.3 Descripción resumida del proyecto.**

La presente investigación “Diseño y construcción de accesorios para la calibración de bombas lineales tipo A-P Para El Banco De Pruebas Bosch EPS-815” se desarrolla tomando en cuenta los siguientes aspectos:

Investigación y recopilación de información bibliográfica, y técnica para lo cual se considera fuentes confiables como libros, manuales, tesis, normas, datos técnicos realizados por el fabricante en relación con los tipos de bombas tipo A y P.

Se realiza un análisis de los requerimientos y características que ofrecen los bancos de prueba al momento de realizar las calibraciones otorgadas por el fabricante, además de regímenes de funcionamiento, manipulación, y reparación de las bombas de inyección lineal para el diseño y construcción de las herramientas.

Se diseñó acoples y herramientas que permiten la precisión en el proceso de calibración de bombas lineales tipo A y P, tales como: brida principal de unión del árbol de levas hacia el usillo del banco, bases de bancada, base auxiliar de bancada (solo tipo A), llave para perno especial de contrapesas, compresor y trabas de resortes, llave para racor.

Se desarrolló el proceso de manufactura, selección de material de los accesorios y herramientas según las especificaciones de factibilidad y seguridad del diseño realizado.

Se realizó pruebas de reparación y calibración de bombas lineales tipo A y P de acuerdo a especificaciones confiables que brinda el banco de pruebas, una vez realizada las pruebas se desarrolló un manual de usuario el cual considera normas de seguridad, reglajes y procedimientos para el mantenimiento de calibración de bombas lineales y uso adecuado del banco de pruebas EPS 815.

#### **1.4 Justificación e importancia.**

La investigación aportará en el proceso de mantenimiento del sistema de alimentación del motor diésel con bomba lineal tipo A y P para su eficiente funcionamiento, la calibración de estos tipos de bombas será precisa mediante el desarrollo de accesorios para la calibración en el banco de pruebas Bosch EPS 815.

El problema de la contaminación del aire causada por emisiones obliga a los fabricantes de motores, realizar sistemas de inyección con rangos de tolerancia más exactos a fin de obtener el máximo rendimiento, es por eso que la bomba de inyección necesita ser sometida a calibraciones cada vez más precisas y rigurosas para realizar esto se necesita de equipos con tecnología de última generación.

Al disponer de conocimientos en el área de diseño mecánico se complementará con la construcción de accesorios y herramientas que no se encuentran en el medio y que son complementos del equipo de calibración Bosch EPS 815 dispone de alta tecnología para llevar a cabo dichas calibraciones.

## **1.5 Objetivos.**

### **1.5.1 Objetivo general.**

- Diseñar y construir accesorios que permitan realizar con precisión la calibración de bombas lineales tipo A-P mediante el uso del banco de pruebas Bosch EPS-815

### **1.5.2 Objetivos específicos.**

- Investigar fuentes de información confiable en bases digitales, bibliotecas virtuales, artículos científicos.
- Analizar los requerimientos de trabajo de los bancos de prueba para la calibración de las bombas lineales tipo A y P.
- Diseñar y construir herramientas que permitan el uso eficaz del banco de pruebas Bosch EPS 815 para la precisión en el proceso de calibración de las bombas lineales A y P
- Realizar pruebas de funcionamiento de las herramientas, en el banco de pruebas y verificar el correcto accionamiento de las mismas.
- Desarrollar un manual de uso del banco de pruebas Bosch EPS 815 para la precisión en la calibración de bombas lineales tipo A y P



## **1.6 Metas.**

Diseñar y construir herramientas que permitan la precisión en la calibración de bombas de inyección tipo A y P mediante el uso del banco de pruebas Bosch EPS 815 en el año 2016

## **1.7 Hipótesis.**

La construcción e implementación de accesorios y herramientas permitirá realizar con precisión la calibración de bombas de inyección tipo A y P.

## **1.8 Variables de investigación.**

La operacionalización de variables, centra su análisis en verificar conceptos, categoría, indicadores, ítems, técnicas e instrumentos utilizados en la investigación.

### **1.8.1 Variable independiente.**

Accesorios para el banco de pruebas Bosch EPS 815

### **1.8.2 Variable dependiente.**

Calibración de bombas lineales tipo A-P.

### **1.8.3 Operacionalización de variables.**

#### **a. Variable independiente.**

Accesorios para el banco de pruebas Bosch EPS 815

**Tabla 1**  
**Operacionalización de variable independiente**

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Elementos y componentes necesarios para el montaje y pruebas de calibración de las bombas de inyección en el banco de pruebas	Académica y Tecnológica	Esfuerzo de flexión	MPa	Cálculo	Ecuaciones Simulación en Solid Works
		Deformación	mm	Cálculo	Ecuaciones Simulación en Solid Works
	Académica y Tecnológica	Momento de Torsión	N-m	Cálculo	Ecuaciones Simulación en Solid Works
	Académica y Tecnológica	Esfuerzo cortante	Mpa	Cálculo	Ecuaciones Simulación en Solid Works
		Resonancia	Con dición n	Cálculo	Ecuaciones Simulación en Solid Works

**b.** Variable dependiente.

**Tabla 2**  
**Operacionalización de variable dependiente**

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Precisión en la calibración de bombas lineales tipo A y P.		Fase	grados	Medición	SW EPS 945
		Caudal ajuste básico	cm3	Medición	SW EPS 945 Módulo (KMA)
	Pruebas en la calibración de bombas	Desplazamiento de cremallera en función de regulador	mm	Medición	Reloj comparador

CONTINÚA 

		Corte de combustible	RPM	Medición	EPS 815
	Datos y parámetros de calibración del fabricante	Presión regulador	KPa	Base de datos	ESI tronic
		Especificaciones de caudal	cm3	Base de datos	ESI tronic

## 1.9. Metodología

(Ruiz, 2007) La metodología a usar se basa fundamentalmente en el método analítico ya que en la investigación hablamos de la bomba de inyección la cual es una parte de un todo que el motor, los cuales sirve para generar energía mecánica. Además de este tipo podemos decir que el método experimental es uno de los más importantes después del analítico ya que mediante pruebas y comprobaciones de la calibración de la bomba vamos a obtener resultados, los cuales nos sirven para determinar la precisión en la calibración de la bomba de inyección tipo A y P.

A más de los métodos mencionados los siguientes métodos son los que se usaron en la investigación. Existen, sin embargo, métodos que pueden considerarse generales para todas las ramas de la ciencia en tanto que son procedimientos que se aplican en las distintas etapas del proceso de investigación con mayor o menor énfasis, según el momento en que éste se desarrolle. Estos métodos son el análisis, la síntesis, la inducción y la deducción.

### **1.9.1. Método analítico.**

Al analizar uno de los componentes del motor como lo es la bomba de inyección hace que la investigación tenga el estudio en una de las partes de un todo lo cual nos indica este tipo de método a utilizar.

### **1.9.2. Método experimental.**

Se propicia la realización de un fenómeno mediante el estímulo deliberado de la combinación de algunos elementos. La experimentación y pruebas realizadas a la bomba de inyección tipo A y P permite utilizar este tipo de método.

### **1.9.3. Método deductivo.**

Este método de razonamiento consiste en tomar conclusiones generales para obtener explicaciones particulares. Mediante la investigación de diversos manuales e investigaciones se deduce el manejo y uso del banco de calibración EPS 815.

### **1.9.4. Método inductivo.**

Este método de inferencia se basa en la lógica y estudia hechos particulares, aunque es deductivo en un sentido (parte de lo general a lo particular) e inductivo en sentido contrario (va de lo particular a lo general).

### **1.9.5. Método sintético.**

Existen diferentes pruebas que se realizan el banco de pruebas las cuales deben ser comprobadas con datos reales y estándar que facilita dicho banco.

#### **1.9.6. Método matematización.**

La investigación en la cual se necesita utilizar números ya sea para tabular resultado o para realizar diseños utilizará este método. En el caso del diseño de los accesorios y herramientas para la calibración de bombas lineales tipo A y P.

#### **1.9.7. Método de modelación.**

La investigación requiere realizar modelos y simulaciones, como por ejemplo un acople, utilizando herramientas CAD, para lo cual se utiliza el método de modelación.

#### **1.9.8. Método de la medición.**

Al momento de realizar las pruebas y calibración de las bombas lineales tipo A y P, los resultados se pueden expresar mediante valores de medición con los instrumentos adecuados para obtener diferentes variaciones.

#### **1.9.9. Método observación directa.**

Este método se utiliza en base a que se considera tiempos para las diferentes pruebas que se realizó a la bomba tipo A y P, además que este método es recomendable utilizarlo a trabajos que comprenden operaciones manuales.

#### **1.9.10. Método estadístico y de probabilidades.**

Este método es el adecuado para obtener datos estadísticos de cuantas veces fue calibrada una bomba y según eso podemos determinar ciertas probabilidades para posibles soluciones a averías en la bomba a ser calibrada o realizada las diferentes pruebas.

**Tabla 3**  
**Análisis de la metodología**

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio
<b>Analítico</b>	Se obtiene datos de las diferentes pruebas y calibración los cuales se comparan en las tablas del banco de pruebas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Banco de pruebas Bosch EPS 815.</li> <li>• Software ESI TRONIC</li> <li>• Tablas de calibración</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorio de motores de combustión interna</li> </ul>
<b>Experimental</b>	La experimentación y pruebas realizadas a la bomba de inyección tipo A y P.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Banco de pruebas Bosch EPS 815.</li> <li>• Bombas lineales tipo A y P.</li> <li>• Software ESI TRONIC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorio de motores de combustión interna</li> </ul>
<b>Deductivo</b>	Mediante la investigación de diversos manuales e investigaciones se deduce el manejo y uso del banco de calibración EPS 815.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Banco de pruebas Bosch EPS 815.</li> <li>• Software ESI TRONIC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorio de motores de combustión interna</li> </ul>
<b>Inductivo</b>	Las bombas necesitan de mantenimiento y calibración para lo cual se partió de la necesidad de reparar dichas bombas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bombas lineales tipo A y P.</li> <li>• Software ESI TRONIC.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorio de motores de combustión interna</li> </ul>

CONTINÚA 

<b>Sintético</b>	Existen diferentes pruebas que se realizan el banco de pruebas las cuales deben ser comprobadas con datos reales. Y dichas pruebas permite detectar daños que posteriormente deben ser reparados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Banco de pruebas Bosch EPS 815.</li> <li>• Tablas de calibración</li> <li>• Bombas lineales tipo A y P.</li> <li>• Software ESI TRONIC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorio de motores de combustión interna</li> </ul>
<b>Matematización</b>	En el caso del diseño de los accesorios y herramientas para la calibración de bombas lineales tipo A y P. se necesita realizar cálculos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bombas lineales tipo A y P.</li> <li>• Sistemas CAD</li> </ul>	
<b>Modelación</b>	El diseño de las herramientas y accesorios para realizar las pruebas y calibración de las bombas necesita de un modelo realizado en programas que permite obtener simulaciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bombas lineales tipo A y P.</li> <li>• Sistemas CAD</li> </ul>	
<b>Medición</b>	Se expresa mediante valores de medición con los instrumentos adecuados para obtener diferentes variaciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Banco de pruebas Bosch EPS 815.</li> <li>• Software ESI TRONIC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorio de motores de combustión interna</li> </ul>

<b>Observación directa</b>	Este método se utiliza ya que consideramos tiempos para las diferentes pruebas que se realizó a la bomba tipo A y P, además que este método es recomendable utilizarlo a trabajos que comprenden operaciones manuales.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Banco de pruebas Bosch EPS 815.</li><li>• Bombas lineales tipo A y P.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Laboratorio de motores de combustión interna</li></ul>
<b>Estadístico y de probabilidades</b>	El método nos permite realizar datos estadísticos y tabularlos. Como se realiza en las diferentes calibraciones a una bomba para obtener datos de las diferentes pruebas realizadas y puede compararse.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bombas lineales tipo A y P.</li></ul>	



## **CAPÍTULO II**

### **“MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO: BOMBAS DE INYECCIÓN LINEAL TIPO A Y P”**

#### **2.1 Introducción**

(Ocaña, 2000) “La bomba de inyección es el elemento encargado de suministrar el combustible en la cantidad precisa, en las condiciones necesarias y en el momento adecuado. La bomba ha de inyectar el combustible a muy alta presión, pero en cantidad pequeña y muy bien dosificada ya que para quemar un gr. de gasóleo son precisos 32 gr. de aire, es decir, 25 L de aire, lo que equivale 0.04 gr. de gasóleo por litro de aire.

Así pues, la bomba y sus elementos han de reunir una serie de condiciones:

- Dosificación exacta de la cantidad de combustible a inyectar en función de las necesidades del motor.
- Distribución de caudales iguales para cada cilindro.
- Pequeño tiempo de inyección.
- Inyección en el momento adecuado.

Como se deduce de estas condiciones, las bombas de inyección serán elementos de mucha presión y calidad, lo que eleva su precio final. Además, su mantenimiento, aunque no muy frecuente, habrá de ser muy preciso, requiriendo mano de obra y medios muy especializados. En el campo relacionado con la mecánica automotriz básicamente existen labores de mantenimiento a través de equipos de diagnóstico que facilitan la comprobación de elementos que conforman el sistema de bombas de inyección de un vehículo a diésel”. (p.454)

## 2.2 Tipos de bombas de inyección lineal

(BOSCH , 2015) “Según el tamaño del motor y los valores de presión de inyección necesarios para su correcto funcionamiento, los fabricantes de bombas han realizado una enorme gama de bombas de inyección en línea, viéndose aquí la gama más actual”.



**Figura 2. Tipos de bombas lineales**

Fuente: (BOSCH , 2015)

La siguiente tabla indica la vinculación que existe entre la aplicación (tamaño del motor) y el tipo de bomba de inyección y la máxima presión de inyección que tiene cada una de estas.

**Tabla 4**

### Características de las bombas de inyección

Bombas de inyección en línea					
Tipo	M	A	MW	P1...3.000	P7.100...8.000
Presión de inyección (Bar)	550	750	1100	950	1200-1300
Aplicación	Turismos y furgonetas	Camiones ligeros y tractores	Camiones medianos y motores industriales	Camiones pesados y motores industriales	Camiones pesados y motores industriales

Fuente: (BOSCH , 2015)

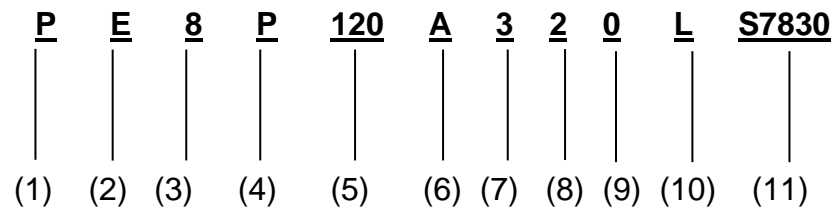
## 2.3 Especificaciones de la bomba de inyección



Figura 3. Placa de la bomba de inyección

Fuente: (BOSCH , 2015)

### 2.3.1 Identificación de la bomba



1. Bomba de inyección.
2. Tiene árbol de levas.
3. Número de cilindros.
4. Tamaño.
5. Diámetro del émbolo de bombeo.
6. Letra que indica el cambio de diseño.

7. Instalación de la bomba de alimentación y marca del árbol de levas.

1 = Sin bomba de alimentación, marca del árbol de levas situado a la izquierda.

2 = Sin bomba de alimentación, marca del árbol de levas situado a la derecha.

3 = Una bomba de alimentación montable, marca del árbol de levas situado a la izquierda.

4 = Una bomba de alimentación montable, marca del árbol de levas situado a la derecha.

8. Montaje del gobernador.

0 = Sin gobernador.

1 = Gobernador localizado a la izquierda.

2 = Gobernador localizado a la derecha.

9. Montaje del variador de avance.

0 = Sin variador de avance.

1 = Variador de avance localizado a la izquierda.

2 = Variador de avance localizado a la derecha.

10. R = Indica dirección de giro (a la derecha, como las manecillas del reloj). L = (a la izquierda, contra las manecillas del reloj).

11. Número de diseño.

### **2.3.2 Número de pedido.**

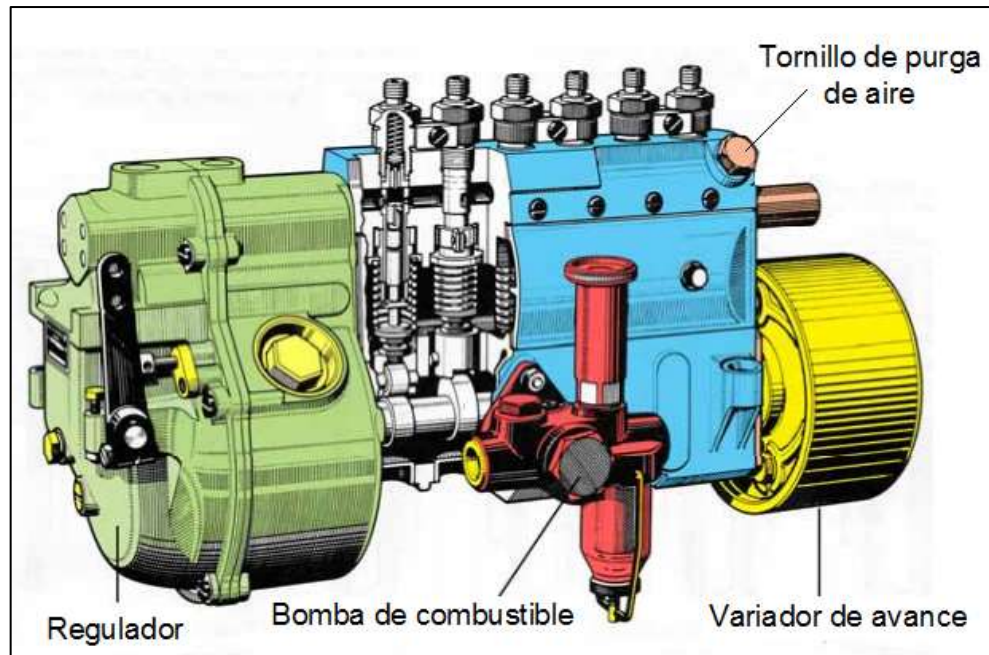
Indica la numeración (códigos) de los elementos que lleva la bomba de inyección para una posible reparación. También permite obtener la tabla de calibración.

**028 074 40 02**

## **2.4 Constitución**

(Ocaña, 2000) “La bomba de inyección lineal está compuesta por un cuerpo de bomba, dentro del cual se aloja un árbol de levas que gira a la mitad de vueltas que el cigüeñal (por lo tanto, igual que el árbol de levas de la distribución, de la que recibe el movimiento). Dentro de este cuerpo de bomba se alojan los elementos de bombeo, tantos como número de cilindros.

También está dotada de un regulador que limita el número de revoluciones (tanto al ralentí como el número máximo de revoluciones, corte de inyección), y de un variador de inyección que en función de las rpm varía el momento de inicio de la misma”. (p.457)



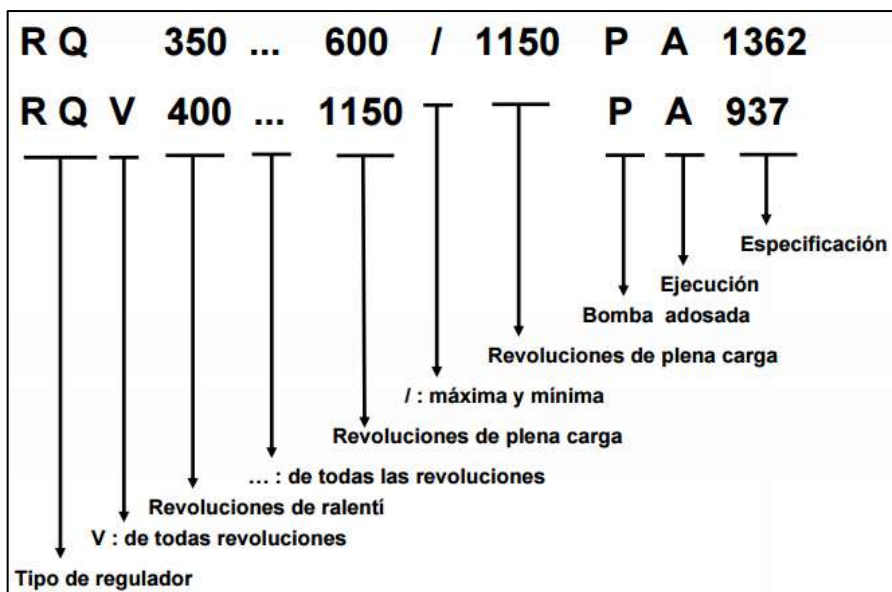
**Figura 4. Componentes externos bomba lineal**

**Fuente:** (H. Gerschler, 2000)

#### 2.4.1 Regulador

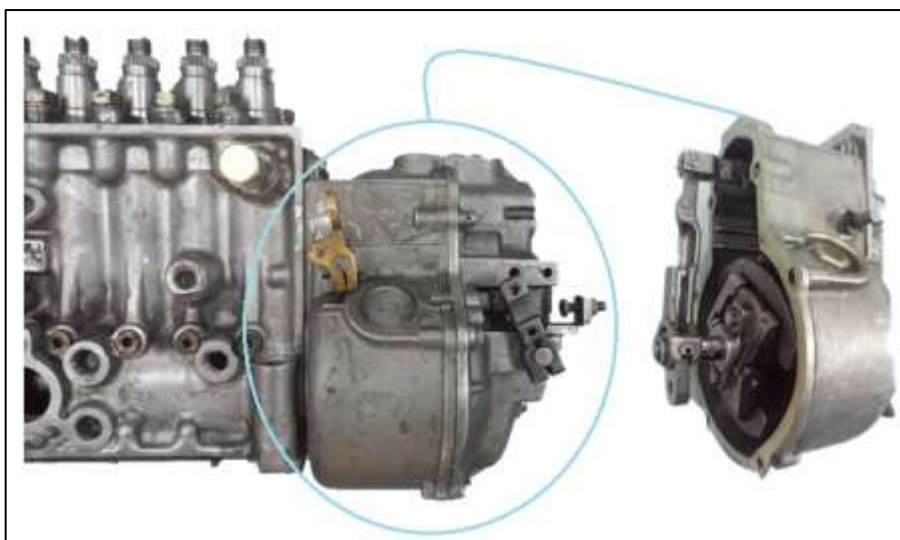
(De Castro, 2001) “El regulador es un elemento indispensable para el buen funcionamiento de la inyección una vez ha sido la bomba aplicada a un motor. Por medio de él se puede hacer que un motor gire estable, es decir, que no se embale por sí mismo ni tampoco vaya perdiendo revoluciones cuando esto no es deseable”. (p.214)

(Ocaña, 2000) “El regulador se encuentra situado en el lateral de la bomba opuesto al variador de inyección (lado opuesto a la toma de movimiento). Está formado por una carcasa de aleación ligera en la que se alojan tanto el equipo de regulación como el sistema de mando de la cremallera”. (p.465)



**Figura 5. Identificación del regulador**

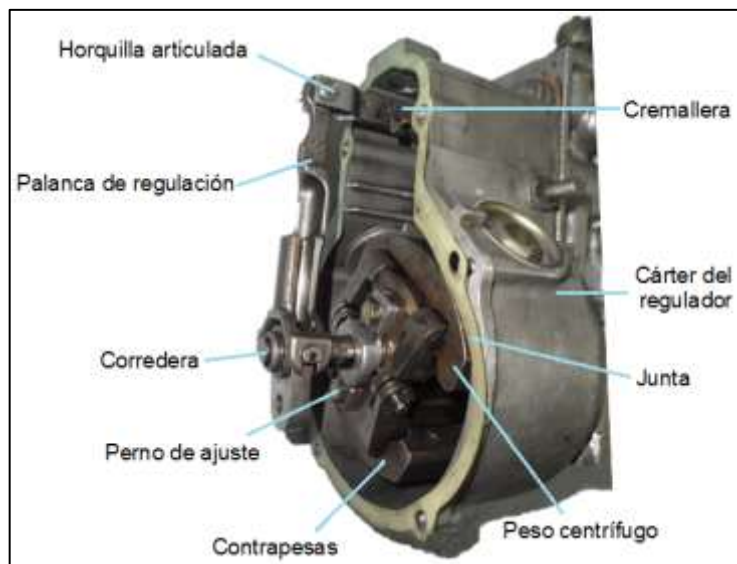
Fuente: (Robert Bosch Ltda.)



**Figura 6. Regulador**

(H. Gerschler, 2000) “Un motor diésel tiene que tener un ralentí uniforme con objeto de que no se pare. Además de esto no debe sobrepasar el número máximo admisible de revoluciones. Estas condiciones las cumple el regulador. Puede trabajar en función del número de revoluciones del motor o de la presión del tubo de aspiración. En cualquiera de los casos, modifica la cantidad de

combustible inyectada en el motor por la bomba de inyección y regula así el número de revoluciones. Los reguladores que trabajan en función del número de revoluciones, son reguladores centrífugos”. (p.340)

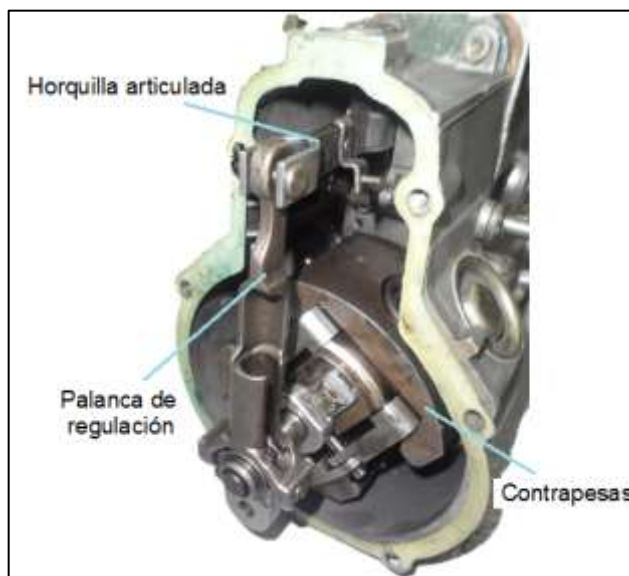


**Figura 7. Regulador centrífugo**

(H. Gerschler, 2000) “Este regulador de ralentí-régimen máximo lleva dos contrapesos centrífugos y es accionado por el árbol de levas de la bomba de inyección. En cada contrapeso centrífugo van colocados un resorte de ralentí y dos de regulación de la máxima que se tensan o aflojan por medio de tuercas de ajuste. Dos pares de palancas acodadas transmiten los movimientos de los contrapesos centrífugos al perno de transmisión, que, a su vez, los transmite a la corredera. La corredera está unida a la palanca de regulación (palanca de corredera) acoplada a la varilla de regulación por medio de una horquilla articulada. Como la palanca de regulación (Figura 8) tiene un punto de apoyo deslizante, puede modificarse su relación de transmisión. Así se consigue en la marcha al ralentí (poca fuerza centrífuga en los contrapesos), con una pequeña fuerza de tracción en el perno de transmisión, una fuerza reguladora relativamente grande en la varilla de regulación. Si el conductor pisa el acelerador, se mueve también la palanca de ajuste y el balancín y se transmiten



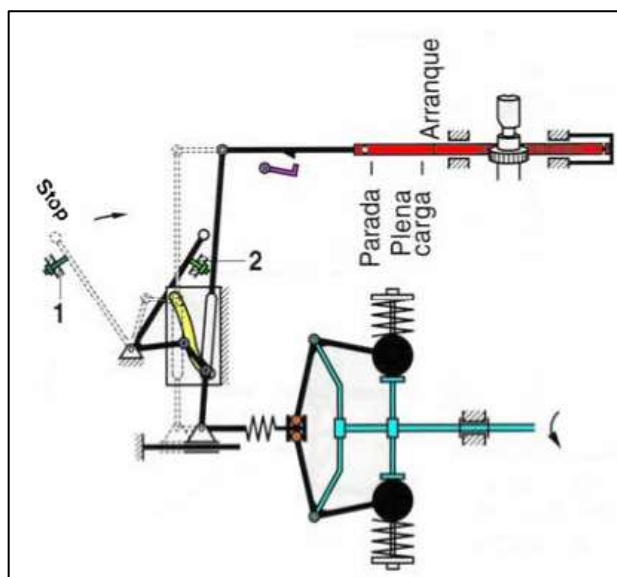
el movimiento a la varilla de regulación a través de la palanca de regulación y del taco de corredera”. (p.341)



**Figura 8. Partes del regulador**

El regulador trabaja en los distintos estados de servicio del motor, del modo siguiente:

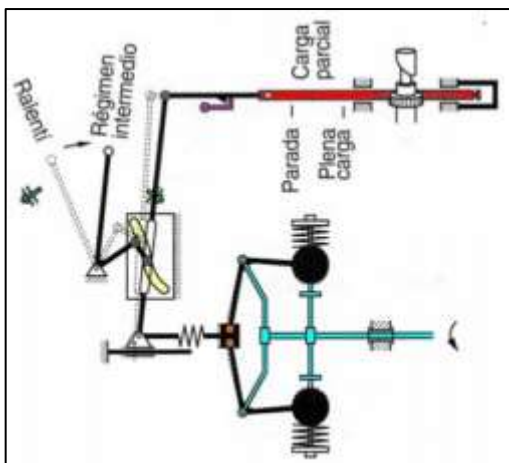
(H. Gerschler, 2000) “Al arrancar el motor (Figura 9) se pisa el pedal del acelerador hasta el tope que suele existir en el vehículo, con lo que la varilla de regulación, venciendo la resistencia del resorte helicoidal de su tope elástico, se desplaza hasta la posición de arranque. El arrancador pone el motor en marcha y, con él, la bomba de inyección, con lo que se inyecta combustible y el motor arranca. El conductor suelta ahora el pedal, que retrocede hasta el tope de ralentí y tira de la varilla de regulación hacia la posición de <<Stop>>, en este caso a su posición de marcha al ralentí. El motor funciona al ralentí, y desde ese momento su funcionamiento está determinado por el regulador”. (p.341)



**Figura 9. Regulador en posición de arranque**

**Fuente:** (H. Gerschler, 2000)

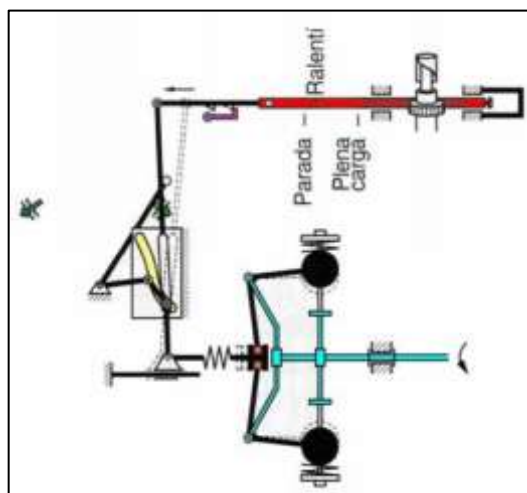
(H. Gerschler, 2000) “Tan pronto como el conductor pisa de nuevo el pedal, se acelera el motor. El motor funciona ahora a carga parcial (Figura 10). Los contrapesos centrífugos se desplazan hacia afuera. Es decir, ente todo, el regulador trata de impedir el aumento del número de revoluciones. Pero, enseguida, los contrapesos centrífugos son de tenidos por los platillos elásticos cargados por los resortes de regulación de la máxima y se mantienen en esa posición que se alcanza el máximo número de revoluciones. De esta manera, el regulador queda inactivo entre la marcha al ralentí y el máximo número de revoluciones. La posición de la varilla de regulación y, por tanto, el momento de giro del motor, son determinados exclusivamente por el conductor”. (p.341, 342)



**Figura 10. Regulador a carga parcial**

**Fuente:** (H. Gerschler, 2000)

(H. Gerschler, 2000) “A plena carga (Figura 11) comienza la regulación de máximo número de revoluciones (régimen máximo). Cuando el motor sobrepasa el máximo número de revoluciones, los contrapesos centrífugos vencen la fuerza de los resortes y se desplazan hacia afuera (5mm), tirando de la varilla de regulación unos 16 mm hacia la posición de <<Stop>>. Tan pronto como la regulación de la máxima ha entrado en funcionamiento, la posición de la varilla de regulación ya no depende solamente del conductor”. (p. 342)



**Figura 11. Regulador al máximo de revoluciones**

**Fuente:** (H. Gerschler, 2000)

(H. Gerschler, 2000) “Los reguladores que trabajan en función de la presión en el tubo de aspiración se construyen en forma de reguladores neumáticos (reguladores de depresión). El regulador neumático suele utilizarse para pequeños motores diésel de rotación rápida del cigüeñal (por ejemplo, para automóviles de turismo). Regulan el número de revoluciones del motor en todo el intervalo, es decir, son también reguladores integrales de revoluciones.

El regulador neumático está formado por dos partes principales: la tubuladura de mariposa y el bloque de membrana. La tubuladura de mariposa se fija al tubo de aspiración del motor y lleva el filtro de aire. En la parte más estrecha se encuentra la válvula de mariposa y la boquilla de conexión para el manguito de depresión. La mariposa está unida al pedal del acelerador por medio de una palanca de ajuste y el varillaje de transmisión. El bloque de membrana, montado en una cara frontal de la bomba de inyección, se divide en dos cámaras por medio de una membrana de cuero, cámara de presión atmosférica y cámara de depresión.

La cámara de presión atmosférica está conectada al exterior y la cámara de depresión lo está con la parte más estrecha de la tubuladura de mariposa por medio de un manguito de conexión. La membrana con ayuda de un perno, transmite sus movimientos a la varilla de regulación. Un resorte de regulación cuida de que, al pararse el motor, la membrana, y con ella la varilladle regulación, queden siempre en posición <<plena carga>>”. (p.342, 343)



**Figura 12. Regulador neumático**

#### **2.4.2 Bomba de alimentación**

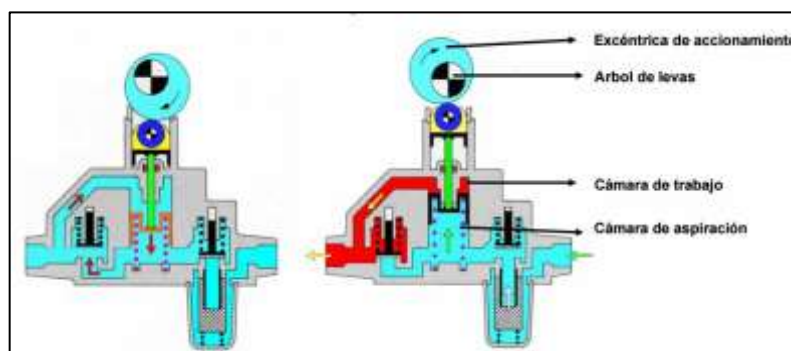
(H. Gerschler, 2000) “La bomba de combustible, que casi siempre está construida a modo de bomba de émbolo, tiene la misión de conducir combustible a la bomba inyectora a una presión de aproximadamente 1 bar. La bomba de alimentación va embridada a la bomba inyectora. Se distinguen dos clases de bombas de combustible: las de simple efecto y las de doble efecto.

Con objeto de poder mandar combustible desde el depósito a través del filtro al sistema de inyección con el motor parado a llenar y purgar al circuito después de un cambio de filtro, va equipada generalmente con una bomba de mano, atornillada a la bomba de combustible encima de la válvula de aspiración, que puede suministrar unos  $6 \text{ cm}^3$  por cada carrera. Antes de hacer funcionar la bomba de mano hay que desenroscar el botón moleteado hasta que pueda tirarse de él hacia arriba. Después de accionar la bomba de mano es indispensable volver a enroscar firmemente el botón”. (p.332)



**Figura 13. Bomba de alimentación**

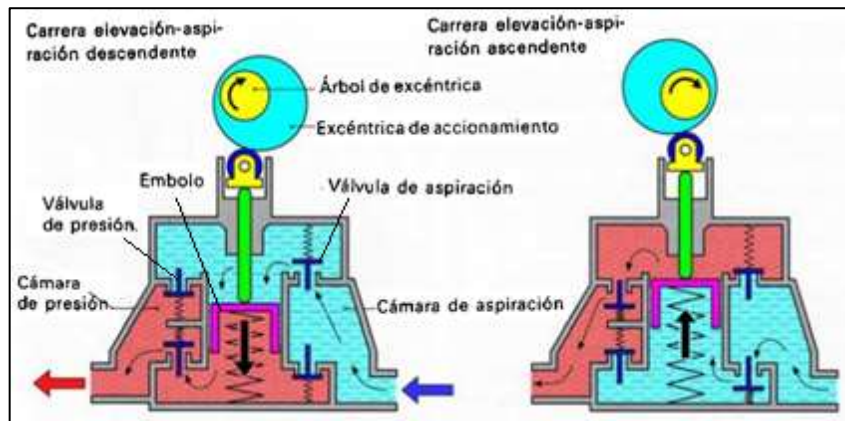
(H. Gerschler, 2000) “En la bomba de simple efecto (Figura 14) la excéntrica empuja, a través del taqué de rodillo y vástago, al émbolo hacia adelante. El combustible es transportado entonces con la válvula de aspiración cerrada por la válvula de presión hacia la cámara de presión (carrera intermedia). El resorte del émbolo es comprimido entonces y la válvula de presión cargada con un resorte vuelve a cerrarse al final de la carrera. Después de haber recorrido la excéntrica su mayor carrera, el émbolo es oprimido por su resorte nuevamente hacia atrás con las piezas sueltas anexas, vástago y taqué de rodillo. Con esto es enviada una parte del combustible de la cámara de presión (cantidad elevada por cada carrera), a través del filtro, a la bomba de inyección”. (p.332, 333)



**Figura 14. Esquema de la bomba de combustible de simple efecto**

**Fuente:** (H. Gerschler, 2000)

(H. Gerschler, 2000) “En la bomba de combustible de doble efecto (Figura 15), mediante el movimiento hacia adelante del émbolo, se abren simultáneamente una válvula de aspiración y otra de presión. Es decir, que al mismo tiempo se aspira y se impulsa. El resorte, en tensión, del émbolo lo hace retroceder a éste después de haber recorrido toda su carrera. En esta carrera se aspira y se impulsa igualmente, de todos modos, a través de las otras dos válvulas. La bomba de combustible impulsa por lo tanto en cada carrera; es de doble efecto, es decir, impulsa dos veces en cada revolución del árbol de levas. En virtud de la unión suelta del émbolo, del vástago y del taqué de rodillo se obtienen igualmente una impulsión elástica”. (p.333)



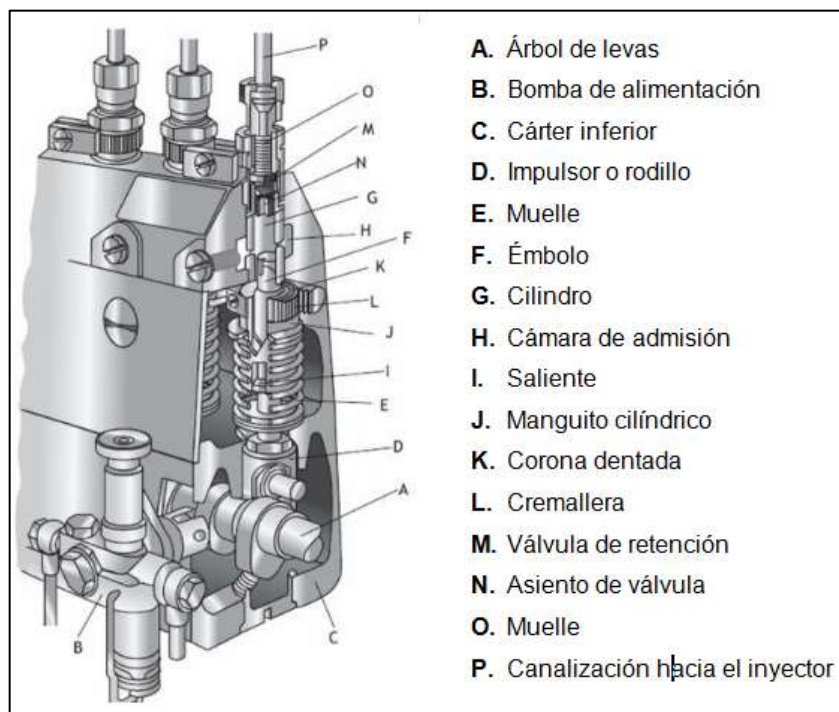
**Figura 15. Esquema de la bomba de combustible de doble efecto**

**Fuente:** (H. Gerschler, 2000)

### 2.4.3 El elemento Bomba

(De Castro, 2001) “El elemento bomba está formado por cada uno de los cilindros inyectores que prepararán la cantidad de combustible necesaria para proceder a alimentar a los inyectores. Constituyen pues la parte principal de la bomba ya que es la que debe conseguir la presión necesaria en base del desplazamiento de su pequeño émbolo dentro del cilindro correspondiente. Tenemos ahora una vista seccionada bastante clara que va a servirnos para

hacer la explicación del modo de comportarse de este mecanismo de impulsión de la bomba de inyección”. (p.202)



**Figura 16. Partes internas bomba lineal**

**Fuente:** (Robert Bosch Ltda.)

## 2.5 Árbol de levas

(De Castro, 2001) “En las bombas en línea el eje de levas ocupa siempre la posición inferior. Estos ejes van provistos de tantas excéntricas como bombas unitarias posea el conjunto más una excéntrica adicional que se destina a mover la bomba de alimentación de combustible la cual se encuentra muchas veces unida al cuerpo del conjunto. El eje de levas gira soportado por cojinetes a cada uno de sus extremos y su alineación tiene que ser perfecta al igual que ocurre con cualquier eje de levas, pero aún más si cabe en este caso, dada la precisión que en la presión y en la cantidad de combustible hay que lograr para el buen funcionamiento de estos equipos. La forma de la leva tiene un gran papel en este cometido pudiendo elevar con mayor o menor rapidez cada una



de las bombas según el perfil que las levas tengan, de modo que ello afecta a la cantidad de combustible inyectada de acuerdo con la cantidad de grados de giro del cigüeñal.

A cada uno de los extremos del eje de levas se encuentran el regulador y el dispositivo variador de avance”. (p.213, 214)



**Figura 17. Árbol de levas bomba tipo P**

## 2.6 Filtro de combustible diésel

(Robert Bosch Ltda.) “Los componentes de los sistemas de inyección diésel están fabricados bajo las más rigurosas tolerancias de mecanización, y por eso alcanzan las más elevadas presiones de inyección, logrando mayor desempeño con mínimo consumo de combustible y bajos niveles de contaminación ambiental. Para que los componentes del sistema de inyección alcancen el desempeño deseable, es necesario que el combustible que se va a inyectar esté completamente libre de impurezas. Por lo tanto, es de suma importancia la función y eficiencia del sistema de filtración”.

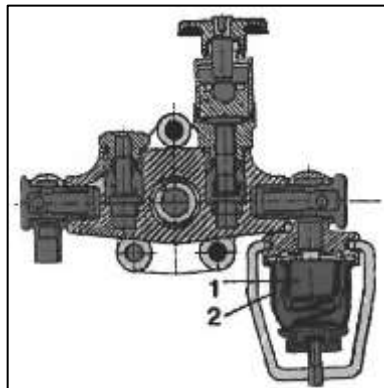


**Figura 18. Filtro de combustible Bosch**

**Fuente:** (Robert Bosch Ltda.)

### 2.6.1 Prefiltros

(Torres & Pons, 2002) “Situados entre el depósito y la bomba de alimentación, tienen por objeto retener las impurezas y el agua que lleva el carburante. Normalmente son dos: uno (de malla metálica) en la tubería de aspiración del carburante, para retener las partículas mayores, y otro situado a la entrada de la bomba de alimentación. (1 Filtro, 2 Cuerpo de filtro)”. (p.63)



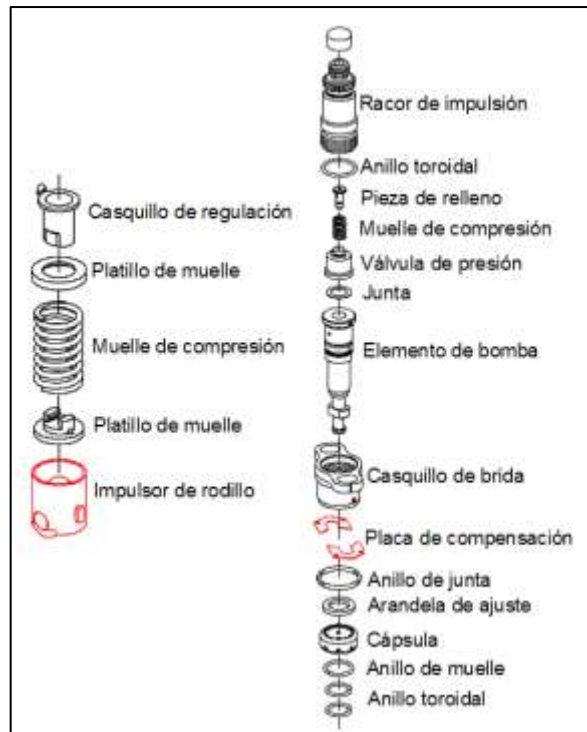
**Figura 19. Prefiltros de combustible**

**Fuente:** (Torres & Pons, 2002)

### 2.7 Funcionamiento (elementos de bombeo)

(Ocaña, 2000) “Hay un elemento de bomba por cada cilindro. Cada elemento consta de un pistón o émbolo y un cilindro. El pistón tiene practicado una ranura vertical que se extiende desde el borde superior hasta una ranura anular, enfrentada a la vertical tiene otra en forma de hélice, la cual sirve para regular el caudal del combustible a inyectar. La cabeza del émbolo adopta distintas formas. El pistón recibe movimiento vertical de una leva del árbol de levas y tiene una carrera fija determinada por la altura de ésta.

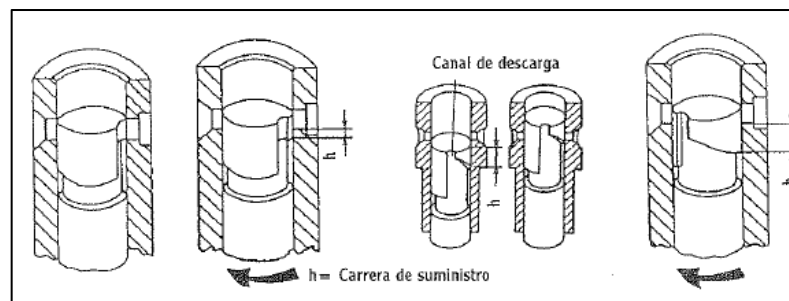
El cilindro tiene dos orificios transversales colocados opuestamente y está cerrado por arriba por una válvula de presión.



**Figura 20. Elementos de bombeo**

**Fuente:** (Bosch Corporation, 2016)

El pistón y el cilindro están mecanizados, rectificados y lapeados conjuntamente para formar un conjunto emparejado, por lo que las piezas no son intercambiables y no presentan apenas juego con lo que no dejan pasar combustible alguno entre ellos, salvo el imprescindible de lubricación.

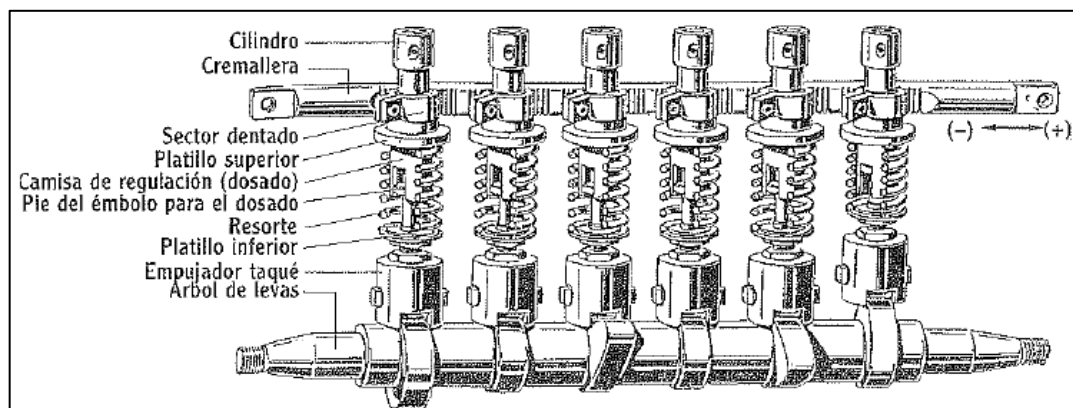


**Figura 21. Suministro en función del giro del émbolo**

**Fuente:** (Ocaña, 2000)

Un taqué de rodillo transmite la carrera de la leva al pistón de la bomba y lo empuja hacia arriba contra la presión del muelle del pistón. El pistón cierra los orificios transversales en el cilindro y presiona el combustible en la boquilla de inyección, pero la ranura helicoidal del pistón deja libre de nuevo un orificio (lumbreira de desgaste) en el cilindro, después de un recorrido, y la rampa helicoidal comunica la cámara de presión con la rampa de alimentación cesando el suministro al inyector. El pistón en su giro varía la carrera de inyección.

La cantidad suministrada se varía con el giro del pistón, éste se consigue mediante un sector dentado que unido a una camisa lo gira; el sector es accionado por una cremallera dentada que se desplaza por acción del pedal acelerador”. (p.357-362)

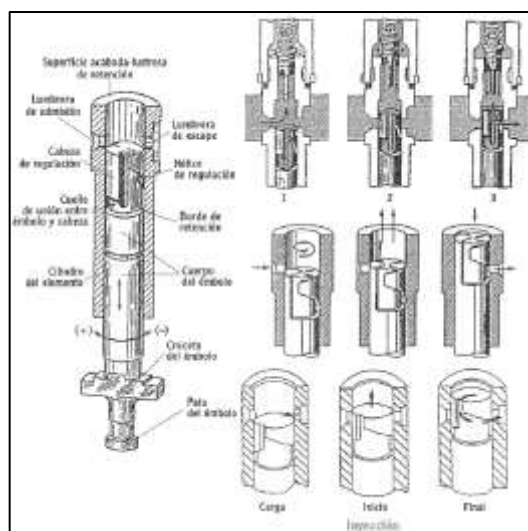


**Figura 22. Mecanismo de la cremallera**

**Fuente:** (Ocaña, 2000)

(Ocaña, 2000) “En (1), al no accionar la leva el pistón, éste descubre las lumbreras de carga, llenándose el espacio superior del cilindro. Al accionar la leva el taqué y elevarse el pistón (2) se produce la elevación de presión y se vence la resistencia de la válvula de presión, enviándose el combustible al inyector con la suficiencia presión para que se produzca la inyección; ésta durará mientras exista presión suficiente en el interior del cilindro.

Cuando el borde inferior de la ranura helicoidal (3), coincide con la lumbrera de descarga, se produce un escape de combustible a través de esa lumbrera. Así pues, como la carrera del émbolo es invariable, la cantidad o caudal de combustible a inyectar en cada embolada se regula haciendo que la ranura en hélice llegue antes o después a la lumbrera de descarga, girando el émbolo para avanzar o retrasar la comunicación de la cámara del cilindro con esta lumbrera. De esta forma se obtiene un mayor o menor suministro de combustible a inyectar en el motor, en función de la carga y potencia a desarrollar por el mismo". (p.362)

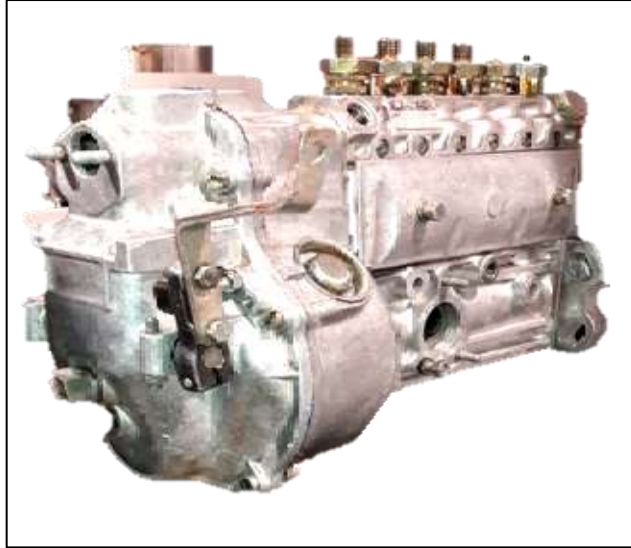


**Figura 23. Émbolo**

Fuente: (Ocaña, 2000)

## 2.8 Bomba lineal tipo A

(Robert Bosch Ltda.) La bomba inyectora en línea del tamaño A posee una carcasa de aleación ligera de aluminio y puede unirse al motor tanto a través de una fijación por brida, como mediante una sujeción en bandeja, este tipo de bomba ha sido utilizado durante mucho tiempo, otorgando una presión alrededor de 750 bares, siendo utilizada para vehículos utilitarios medianos.



**Figura 24. Bomba lineal tipo A**

## **2.9 Bomba lineal tipo P**

(Robert Bosch Ltda.) Debido a las exigencias y a las nuevas prestaciones, aumentado el rendimiento y reduciendo la emisión de gases para evitar la polución, se necesitó bombas que ofrezcan una pulverización del combustible con presión mucho más alta, por ello se ha creado la bomba tipo P que es similar a la de tipo A adicionando una presión que se encuentra alrededor de los 1300 bar.



**Figura 25. Bomba lineal tipo P**

## 2.10 Banco de pruebas de bombas de inyección

(Robert, Bosch) El banco de pruebas universal está diseñado para un amplio rango de aplicaciones, por ejemplo, permite la calibración de bombas inyectoras diésel lineales y rotativas con control mecánico o electrónico, el banco posee una serie de probetas graduadas los cuales ofrecen una lectura del caudal entregado por la bomba en los distintos ensayos, además provee manómetros y varios acoples para diferentes tipos de bombas.

(Robert, Bosch) Los bancos de comprobación han sido utilizados para bombas con control mecánico y se han acondicionado para bombas con control electrónico incorporando dispositivos electrónicos, que simulan las distintas señales de los sensores del motor, necesarias para el control y funcionamiento en el banco de pruebas.



**Figura 26. Banco de pruebas Bosch EPS 815**

### 2.10.1 Banco de pruebas de bombas de inyección EPS 815

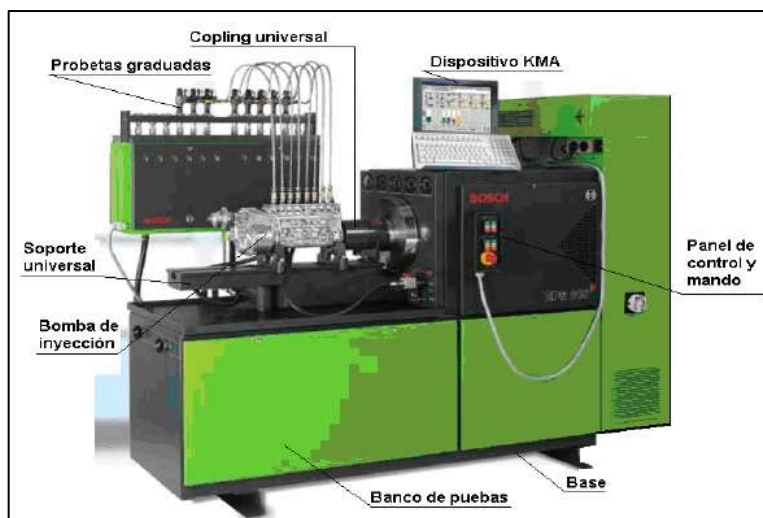
El banco de pruebas EPS 815, es un banco universal de 15 kW de potencia, que permite al especialista verificar bombas de última generación y elevado desempeño e inyectores Common Rail en vehículos, gracias a los equipos: KMA, VPM 844/CRS 845/CRI 846, CP 1/2/3 y CRIN con quienes se acopla, haciendo que el banco aumente sus prestaciones. (Herrera Loy, 2012)

<b>Especificaciones técnicas – banco de pruebas básico EPS 815</b>		
Dimensiones: C x A x L	mm	2260 x 1588 x 860
Peso aprox.	kg	1000
<b>Accionamiento:</b>		
Motor especial con protección total (térmica y de sobrecarga)		
Torque de salida del acoplamiento, modelo básico		
potencia liberada (permanente)	kW	10.2
Potencia liberada (20 min.)	kW	15
Potencia liberada (60 seg.)	kW	17.5
Fusible de seguridad A del cliente		35
Protección FI (Fuel Injection/Inyección de Combustible)	mA	300
<b>Acoplamiento de torque (permanente):</b>		
0 a 590 rpm	Nm	164
0 a 850 rpm	Nm	–
a 1500 rpm	Nm	65
a 2500 rpm	Nm	38
<b>Acoplamiento de torque (60 seg.):</b>		
0 a 590 rpm	Nm	280
0 a 850 rpm	Nm	–
a 1500 rpm	Nm	111
a 2500 rpm	Nm	67
Rango de rotación	rpm	0 – 4000
Precisión de regulación de la rotación	rpm	< ± 1

**Figura 27. Características del Banco de pruebas Bosch EPS 815**

**Fuente:** (BOSCH , 2015)

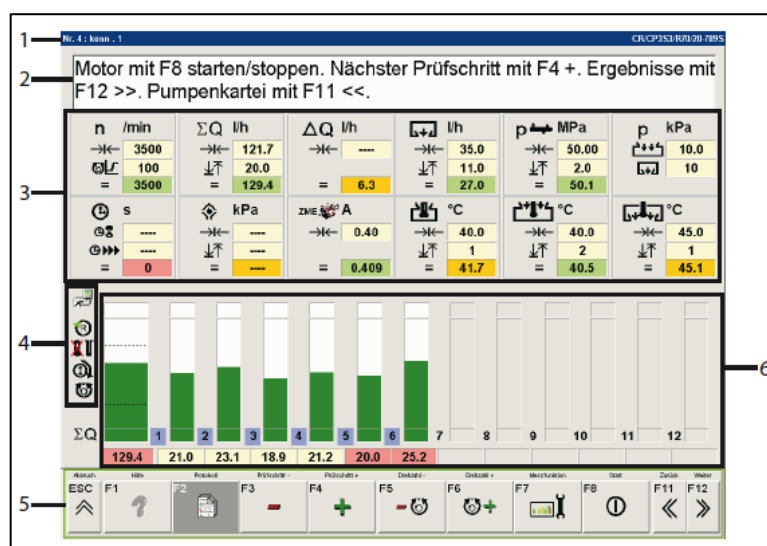




**Figura 28. Partes del banco de pruebas Bosch EPS815**

**Fuente:** (Robert, Bosch)

(Robert, Bosch) En este caso, el sistema KMA es un sistema electrónico de medición continua, que es de uso obligatorio para probar las nuevas tecnologías de inyección diésel, ya que con su uso es posible acortar sustancialmente el tiempo para ajustes, y ello se debe al gráfico de barras que se muestra en el monitor con códigos en colores cuando se exceden los niveles de tolerancia.



**Figura 29. Software EPS**

**Fuente:** (Robert Bosch Bmbh, 2007)

1. La barra de título de programa se visualiza en todos los niveles de programa.
2. Cuadro de información con informaciones e instrucciones para el operario.
3. Campos de indicación para valores teóricos, valores de tolerancia y valores de medición.
4. Indicación de estado de servicio.
5. Barra de softkeys con hardkeys y softkeys.
6. Barra de medición de caudal con indicación de valor numérica.

### **2.10.2 Equipos de ensayo e instrucciones para la comprobación de bombas de inyección.**

(Bosch Corporation, 2016) “El aceite de ensayo debe ser conforme a la norma ISO 4113. No debe estar mezclado con aceite lubricante o combustible diésel, ya que esto influye sobre los valores de medición. Igualmente, no está permitida la mezcla de aceites de ensayo ISO de diferentes fabricantes, así como también la añadidura de petróleo o combustible diésel.

La temperatura prescrita para el aceite de ensayo es, para bombas en línea, de 38... 42 °C en la entrada. Para las bombas rotativas de los tipos VA y M es de 40... 25 °C en la entrada.

La norma ISO 4113 especifica los requisitos para un líquido de calibración con la que el equipo de inyección diésel puede ser calibrado y probado en la producción, en el servicio, y en laboratorios. Tabula características, unidades de medida, los valores deseados, y métodos de determinación.

Name	Method	Units	4113
Appearance	Visual	-	Clear off-white liquid
Density @ 15°C	ISO 12185/ASTM D4052	g/ml	0.825
Viscosity, Kinematic 40C	ISO 3104/ASTM D445	mm <sup>2</sup> /s	2.53
Colour	ASTM D1500	-	0.5
Foam Sequence I, Tendency/Stability	ISO 6247/ASTM D892	ml/ml	20/0
Flash Point, PMC	ISO 2719/ASTM D93	°C/°F	84/183
Pour Point	ISO 3016/ASTM D97	°C/°F	<-30/<-22
Rust Test, Procedure A	ISO 7210/ASTM D665A	-	Pass
Rust Test	ASTM D1748	-	Pass
Copper Corrosion, 3hrs @ 100C	ASTM D130	-	1a
4 Ball wear test 300N 1450rpm/10s	ASTM D4172	mm	0.3
Lubricity HFRR	ISO 12156-1	microns	410

**Figura 30. Características del aceite de pruebas**

**Fuente:** (Castrol, 2010)

Para una revisión sobre el estado del equipo de ensayo examinar la presión de inyección de los conjuntos de portainyectores y el estado de los resortes de las tuberías de impulsión de ensayo una vez por semana, y en todo caso como máximo después del ensayo de 20 bombas de inyección. Si es necesario, reajustar la presión de abertura de los portainyectores y repara o sustituir las tuberías de impulsión.

El equipo de ensayo contiene también una relación de los tipos de bancos de pruebas autorizados para cada tamaño de bomba. Si no se observa esta prescripción tienen lugar graves errores en el ajuste o bien se obtienen resultados falsos en los ensayos.

Los radios de flexión mínimos admisibles para tuberías de impulsión de ensayo son:

**Tabla 5****Radios de flexión mínimos de cañerías**

Diámetro exterior	Espesor de pared	Radio R
Mm	mm	mm
6	2,0	16
6	1,5	25
8	2,5	50
8	2,0	50

**Fuente:** (Bosch Corporation, 2016)

## 2.11 Pruebas y calibraciones que se realizan en bombas de inyección lineales tipo A y P.

### 2.11.1 Comienzo de alimentación

Con esta prueba se define en que zona de la leva (velocidad del émbolo) se produce la inyección. El valor de ajuste es la carrera previa. El desfase angular nos permite extrapolar esta posición a todos los cilindros de la bomba. Adicionalmente en este paso de prueba se incluye el ajuste del indicador de puesta a punto de la bomba sobre el motor.

### 2.11.2 Marcha inicial.

Suministrar combustible que servirá como lubricante para la calibración a la entrada de la bomba e iniciar la prueba. Poner en marcha la bomba de inyección a 100 rpm, hasta observar que el combustible empiece a salir por todas las cañerías por el extremo de las boquillas.

Apretar los pernos de las cañerías, constatar que exista una presión en la bomba de transferencia. Poner en marcha la bomba a una velocidad limite, en este caso puede ser 500 rpm, cuidadosamente revisar todas las fugas externas,

podemos dejar a una cierta velocidad por unos minutos, motivo por el cual necesitamos que la bomba se caliente y de igual manera se purgue el aire del sistema.

### **2.11.3 Variación de avance**

Para verificar el avance, instalamos el calibrador a la bomba, ponemos el indicador en cero, y ponemos en la marcha la bomba a la velocidad de la posición de avance que aparece en las tablas de calibración. Si el avance es incorrecto, se debe ajustar de la siguiente manera.

El avance de velocidad se agrega o se quita calzas entre el pistón y la tapa del resorte. En cuanto a avance de carga se procede a manipular la palanca de cierre ajustada como se indica en la hoja de calibración, ajustar con el tornillo excéntrico colocado en la parte posterior de la tapa del gobernador.

### **2.11.4 Entrega máxima de combustible.**

Poner en marcha la bomba a la velocidad indicada en la hoja de calibración, o en la placa. Comprobar la entrega de combustible a estrangulador pleno. Medir el volumen de combustible reunido durante 200 carreras con el contador del banco d pruebas Bosch EPS 815 en la verificación de entrega de combustible, si la entrega de combustible es incorrecta ajustar.

### **2.11.5 Verificación de entrega de combustible en el arranque.**

Esta prueba determina la condición del cabezal hidráulico y del rotor y además es crítica para el funcionamiento de la bomba. Poner en marcha la bomba con el estrangulador en la posición totalmente abierta a 100 rpm y comprobar la entrega. Si la cantidad de combustible es insuficiente, cambiar la

cabeza hidráulica y el rotor. Cualquier entrega igual o superior a la cantidad requerida es aceptable.

#### **2.11.7 Operación de corte de combustible.**

Poner en marcha la bomba de inyección a la velocidad requerida y mover la palanca de corte a la posición "OFF". Detener la entrega de combustible.

#### **2.11.8 Comprobación del resorte del gobernador.**

Son tres el rpm indicadas para el ajuste de las pruebas en la tapa del gobernador. Poner en marcha la bomba a las rpm indicadas y anotar solo la entrega. A continuación, poner en marcha a las segundas rpm y ajustar el tornillo de velocidad máxima para lograr una entrega promedio de 2.0 CC. Regresar a las primeras rpm y volver a revisar la entrega. Deberá ser la misma, o 0.4 cc por debajo de la entrega que se anotó en la prueba con las primeras rpm. Si la entrega es demasiado baja, cambiar el resorte del gobernador.

#### **2.11.9 Verificación de la velocidad máxima.**

Es el momento que podemos abastecer el caudal suficiente para su óptimo desempeño, se ajusta mediante una palanca. Poner en marcha la bomba a la mitad de la velocidad anotada en su placa (o revisar el plan de calibración) y ajustar el tornillo de velocidad máxima para que de 2.0 cc de entrega. Apretar el tornillo tope y el sello.

#### **2.12 Consideraciones o factores de diseño**

(Shigley & Mitchell, 2006) "La resistencia de un elemento es un asunto muy importante para determinar la configuración geométrica y las dimensiones que

tendrá dicho elemento. En tal caso se dice que la resistencia es un factor importante de diseño.

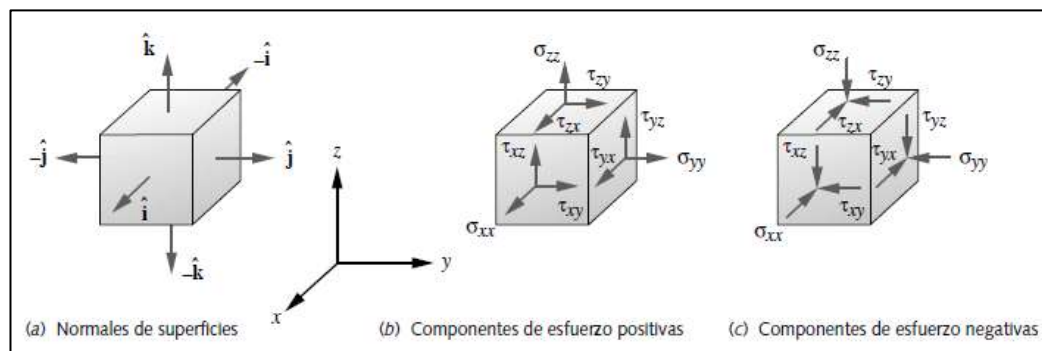
La expresión factor de diseño significa alguna característica o consideración que influye en el diseño de un elemento o, quizá, en todo el sistema. Por lo general se tienen que tomar en cuenta varios de esos factores en un caso de diseño determinado. En ocasiones, alguno de esos factores será crítico y, si se satisfacen sus condiciones, ya no será necesario considerar los demás. Por ejemplo, suelen tenerse en cuenta los factores siguientes”. (p.10)

1. Resistencia
2. Confiabilidad
3. Condiciones térmicas
4. Corrosión
5. Desgaste
6. Fricción o rozamiento
7. Procesamiento
8. Utilidad
9. Costo
10. Seguridad
11. Peso
12. Ruido
13. Estilización
14. Forma
15. Tamaño
16. Flexibilidad
17. Control
18. Rigidez
19. Acabado de superficies
20. Lubricación
21. Mantenimiento

### 2.12.1 Esfuerzos

(Norton, 2011) “El esfuerzo se define como la fuerza por unidad de área en unidades Psi o Mpa. En un elemento sometido a ciertas fuerzas, por lo general el esfuerzo se distribuye como una función que varía constantemente dentro del continuo del material. Cada elemento infinitesimal del material puede experimentar esfuerzos diferentes al mismo tiempo.

Los esfuerzos normales actúan de forma perpendicular (es decir, normalmente) a la cara del cubo y tienden a jalarla hacia afuera (esfuerzo normal de tensión) o empujarla hacia adentro (esfuerzo normal de compresión). El esfuerzo cortante actúa paralelo a las caras de los cubos, en pares sobre caras opuestas, lo cual tiende a distorsionar el cubo en una forma de romboide”. (p.69).



**Figura 31. Componentes de esfuerzo**

Fuente: (Norton, 2011)

### 2.12.2 Tensión axial

(Norton, 2011) “La carga axial a la tensión es uno de los tipos de carga más sencillos que se pueden aplicar a un elemento. Se supone que la carga se aplica a través del centroide del área del elemento, y que las dos fuerzas opuestas son colineales a lo largo del eje x. En algún lugar alejado de los extremos donde se aplican las fuerzas, la distribución del esfuerzo a través de la sección transversal del elemento es esencialmente uniforme, como se muestra en la figura 32. Ésta es una razón por la que este método de carga



se utiliza para probar las propiedades de los materiales, tal como se describe en el apéndice B. Los esfuerzos normales aplicados para tensión axial pura se calculan mediante:

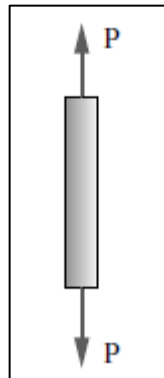
**Ecuación 1. Esfuerzos normales**

$$\sigma_x = \frac{P}{A}$$

Dónde:

P es la fuerza aplicada

A es el área de la sección transversal del punto de interés”. (p.82)



**Figura 32. Barra en tensión axial**

**Fuente: (Norton, 2011)**

### 2.12.2 Esfuerzo cortante

(Norton, 2011) “Este tipo de carga ocurre principalmente en conexiones con pernos, atornillados o remachados. Los modos de falla posibles son por cortante directo del conector (clavo, remache o tornillo), falla por contacto del conector o material envolvente, o desgarramiento del material que envuelve el conector. Véase los estudios de caso más adelante en este capítulo, para ejemplos de cálculo de estos tipos de esfuerzos.

El cortante directo ocurre en situaciones donde no está presente la flexión. Un par de tijeras (también llamado par de cortantes) se diseña para producir cortante directo sobre el material a cortar. Unas tijeras de baja

calidad o muy desgastadas no cortarán bien (incluso si están afiladas), si permiten la existencia de un espacio entre las dos cuchillas en dirección perpendicular al movimiento de éstas. La figura 33 muestra la condición de cortante directo y también una donde ocurre una flexión. Si el espacio entre las dos “cuchillas” o superficies cortantes se mantiene cercano a cero, entonces se puede suponer un estado de cortante directo y el esfuerzo promedio resultante sobre la cara de corte se estima con:

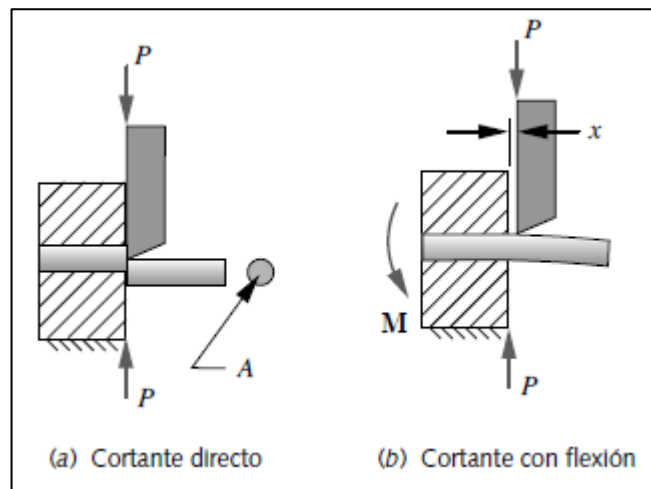
#### Ecuación 2. Esfuerzo cortante

$$\tau_{xy} = \frac{P}{A_{corte}}$$

Dónde:

P es la fuerza aplicada

$A_{corte}$  Es el área que se está cortando”. (p.83)



**Figura 33. Carga cortante**

**Fuente:** (Norton, 2011)

### 2.12.3 Torsión

(Norton, 2011) “Cuando los elementos se cargan con un momento respecto a su eje longitudinal, se dice que están en torsión y, por consiguiente, el momento aplicado se llama torque. Esta situación es común en ejes de transmisión de potencia, en tornillos y en cualquier situación

donde el vector del momento aplicado sea paralelo al eje largo de una pieza, en vez del transversal, como en el caso de la flexión. La figura 30.a muestra una barra recta que tiene una sección transversal circular uniforme con un torque puro aplicado, de tal manera que no se presentan momentos de flexión ni otras fuerzas. Esto se puede llevar a cabo con una llave inglesa de doble manija, como una llave de machuelo, la cual permite que se aplique un par puro sin fuerza transversal neta. El extremo fijo de la barra está empotrado en una pared rígida. La barra gira alrededor de su eje largo y su extremo libre se flexiona un ángulo  $\theta$ . Las suposiciones para este análisis son las siguientes:

1. El elemento analizado está alejado de las cargas aplicadas o las restricciones externas sobre la barra.
2. La barra está sometida a torsión pura en un plano normal a su eje y no hay cargas de flexión axial o de corte directo.
3. Las secciones transversales de la barra permanecen planas y perpendiculares al eje.
4. El material de la barra es homogéneo, isotrópico y cumple con la ley de Hooke.
5. Los esfuerzos permanecen por debajo del límite elástico.
6. La barra es recta inicialmente.

En secciones circulares, un elemento diferencial tomado de cualquier parte de la superficie exterior se cortará con una carga de torque. El esfuerzo  $\tau$  es cortante puro, y varía desde cero en el centro hasta un máximo en el radio exterior, como se indica en la figura 33.b.

### Ecuación 3. Torsión

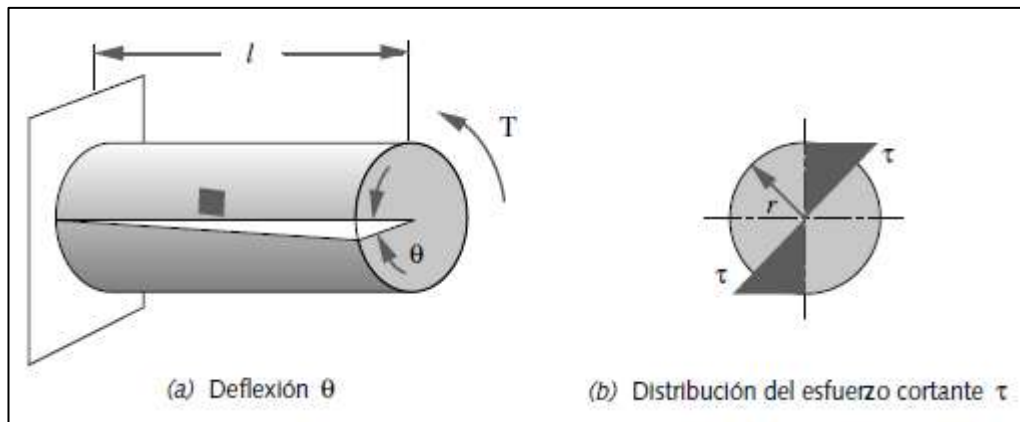
$$\tau = \frac{T\rho}{J}$$

Dónde:

$T$  Es el torque aplicado

$\rho$  Es el radio en cualquier punto

$J$  Es el momento de inercia polar del área de la sección transversal". (p.107, 108)



**Figura 34. Barra redonda en torsión pura**

Fuente: (Norton, 2011)

### CAPÍTULO III

## “DISEÑO DE ACOPLEROS Y ACCESORIOS PARA EL DESARMADO, ARMADO Y CALIBRACIÓN DE LA BOMBA DE INYECCIÓN LINEAL TIPO A Y P”.

### 3.1 Introducción de la propuesta.

En la actualidad existe demanda para el mantenimiento de vehículos a diésel, las bombas de inyección lineal son utilizadas en vehículos con inyección mecánica de tamaño mediano a grande, hay que tomar en cuenta, el mantenimiento de los componentes auxiliares que depende el motor, en este caso las bombas de inyección.

El mantenimiento de las bombas de inyección lineal tipo A y P se lo realiza en laboratorios diésel, el avance tecnológico implica la demanda de equipos de calibración sofisticados, para tener como resultado alta precisión en las mediciones que se realiza en el proceso de calibración.

Para realizar el mantenimiento de las bombas de inyección se requiere de herramientas especiales, que permitan el desarmado, armado, y la comprobación en el banco de pruebas Bosch EPS 815, las cuales deben ajustarse a diferentes parámetros de funcionalidad que son:

- Extraer, ajustar y desmontar los componentes especiales que tienen las bombas de inyección lineal. (herramienta para: comprimir resortes para liberación del árbol de levas, ajuste y desajuste de racores de impulsión, ajuste y desajuste de tuerca cilíndrica para liberación de conjunto de masas, extracción de guía para conjunto de masas). Facilitar el acople de la bomba de inyección con el banco de pruebas Bosch EPS 815.
- Realizar pruebas de calibración en el banco como son: ajuste básico de la bomba de inyección lineal tipo A y P, ajuste del regulador RQV y RQ, dentro del ajuste de los reguladores se encuentra: ajuste de la velocidad

de corte, ajuste del suministro máximo, verificación del suministro en ralentí, verificación del caudal de arranque.

- El procedimiento de calibración de bombas de inyección, comandado por el banco de pruebas de forma automática con selección manual.
- Los acopes quedan establecidas en el diseño, considerando los factores críticos de operación, resistencia y calidad de los materiales empleados para asegurar su correcto desempeño y durabilidad.
- La aplicación del software para la fabricación de los acoples frente a las elevadas exigencias que mantiene el procedimiento de calibración de bombas de inyección.

### 3.2 Descripción de los componentes

Los acoples y accesorios necesarios para el desarmado, armado y calibración de las bombas de inyección lineal usando el banco de pruebas EPS 815 se indica en la tabla 4, con la descripción de funcionamiento como datos previos para la aplicación de diseño.

**Tabla 6**

#### Descripción de componentes.

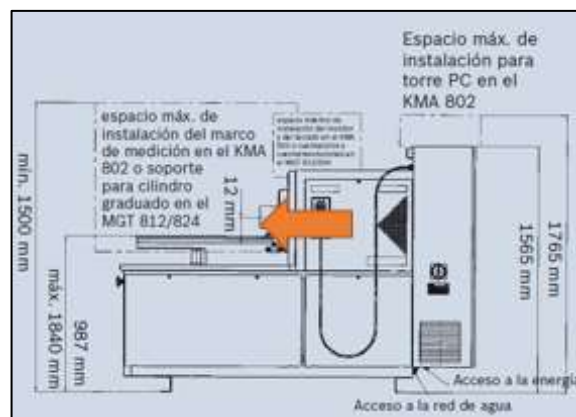
COMPONENTES	DESCRIPCIÓN
Brida principal	Trasmite el movimiento del banco de pruebas a la bomba de inyección, se coloca haciendo coincidir la chaveta del árbol de levas de la bomba con la muesca de la brida. Se considera los diámetros que tiene el árbol de levas de la bomba de inyección lineal tipo A y P. La potencia Max que transmite el banco de pruebas es 10.2 kW y la velocidad de giro de prueba de hasta 1500 rpm.

CONTINÚA 

<b>Brida</b>	Se coloca en la bomba de inyección lineal tipo A para comprimir las vibraciones, va soportado con cuatro pernos de ajuste.
<b>Base de bancada</b>	Sirve de apoyo para la bomba de inyección lineal tipo P sobre la bancada del banco de pruebas se usan dos para equilibrar el peso y suprimir las vibraciones que produce en el funcionamiento de la misma.
<b>Cañerías de alta presión</b>	Trasmiten el fluido a los inyectores y soportan la presión máxima del sistema, ya que el paso del fluido puede alcanzar hasta 1200 bares. Las formas de las cañerías de presión deben ser ajustadas según las especificaciones del fabricante.
<b>Levanta propulsor</b>	Permite el levantamiento y ajuste del propulsor para la posterior extracción del árbol de levas de la bomba de inyección lineal tipo P.
<b>Traba para propulsor</b>	Traba los resortes de los propulsores, para la posterior extracción del árbol de levas de la bomba de inyección lineal tipo A.
<b>Copa para racor</b>	ajusta y desajusta los racores de impulsión de la bomba de inyección tipo P.
<b>Extractor para guía de conjunto de masas</b>	Permite la extracción del arrastrador del conjunto de masas del regulador tipo RQ y RQ (v).
<b>Copa para tuerca cilíndrica de masas</b>	Ajusta y desajusta la tuerca cilíndrica que fija al conjunto de masas del regulador tipo RQ y RQ (v) en el arrastrador.

### 3.3 Parámetros de diseño.

Para el análisis de diseño de las herramientas y acoples, se considera las especificaciones técnicas que son facilitadas por el fabricante del banco de calibración EPS 815, en las cuales se debe tomar en cuenta el torque que transmite el motor del banco para herramientas de transmisión de movimiento, y las dimensiones de bancada a mandril (12mm) para acoples de sujeción de la bomba.



**Figura 35. Dimensiones de banco de pruebas EPS 815,**

**Fuente:** (Bosch Corporation, 2016)

**Tabla 7**

**Características técnicas del motor de banco EPS 815.**

Especificaciones técnicas	
Potencia liberada	10.2 (kW)
0 a 590 (rpm)	164 (N-m)
0 a 1500 (rpm)	65 (N-m)
A 2500 (rpm)	38 (N-m)

### 3.4 Coeficiente de confianza o factores de diseño.

(Robert L. Mott, 2006) “El termino factor de diseño, N, es una medida de la seguridad relativa de un componente bajo la acción de una carga. En la mayor parte de los casos, la resistencia del material con que se fabricara el componente se divide entre el factor de diseño para determinar un esfuerzo de diseño, que a veces se llama esfuerzo admisible o esfuerzo permisible.



Entonces el esfuerzo real que se desarrolla en el componente debe ser menor que el esfuerzo de diseño” (p.185).

**Tabla 8**

**Especificaciones para elegir el factor de diseño.**

Factor de diseño (N)	Aplicación
1.25 a 2.0	El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
2.0 a 2.5	Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño.
2.5 a 4.0	Diseño de estructuras estáticas o elementos de maquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.
4.0 o más	Diseño de estructuras estáticas o elementos de maquina bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos.
3.0 a 4.0	Diseño de estructuras bajo cargas estáticas donde haya un alto grado de confianza en todos los datos de diseño.
4.0 a 8.0	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre acerca de cargas.

El valor del factor de seguridad se toma en función de la tabla, donde se indica el trabajo al que van a estar sometidos los elementos de la máquina, en función de estos parámetros y del fundamento teórico, se procede con el diseño y la selección de los diferentes componentes y accesorios del banco de pruebas.

Factor de seguridad mínimo requerido= 1.25

**3.5 Determinación de las cargas y dimensiones.**

- Diseño de brida principal

En la bomba de inyección lineal tipo A según los valores de ajuste otorgados por el fabricante, el banco de pruebas debe transmitir una velocidad de giro de entre 100 RPM a 1300 RPM.

**Tabla 9**

**Velocidad de giro min. y máx. Bomba tipo A**

Ralentí		Asimilación			
Revoluciones	Recorrido de regulación	Revoluciones	Recorrido de regulación	Revoluciones	Recorrido de regulación
275	6	100	7.5	1300	12.4

**Fuente:** (Bosch Corporation, 2016)

Para el caso de la bomba de inyección lineal tipo P según los valores de ajuste otorgados por el fabricante, el banco de pruebas debe transmitir una velocidad de giro de entre 100 RPM a 1350 RPM.

**Tabla 10**

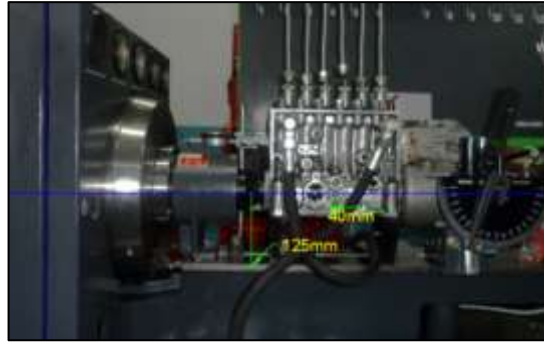
**Velocidad de giro min. y máx. Bomba tipo P**

Caudal de arranque	100 rpm
Régimen nominal superior	1350 rpm

**Fuente:** (Bosch Corporation, 2016)

- Diseño de bases para bancada bomba tipo P

El árbol de levas de la bomba de inyección debe ir alineado con el eje horizontal del mandril del banco de pruebas, la bomba debe apoyarse sobre bases que permitirán dicha alineación, en la figura 36 se observa las dimensiones a tomar en cuenta para el diseño de las bases de bancada.



**Figura 36. Dimensiones para bases de bomba de inyección tipo P**

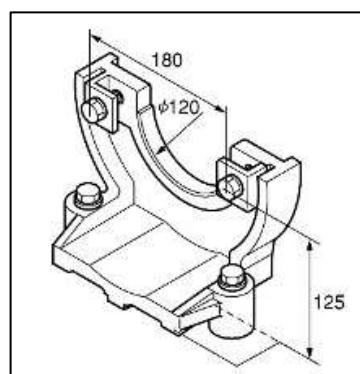
Las bases de bancada además deben permitir el desplazamiento de la bomba sobre el eje longitudinal de la bancada, las dimensiones del riel de bancada deben tomarse en cuenta para la guía de las bases a elaborar.



**Figura 37. Dimensiones para guía de bancada**

- Diseño de bases brida principal, bomba de inyección lineal tipo A

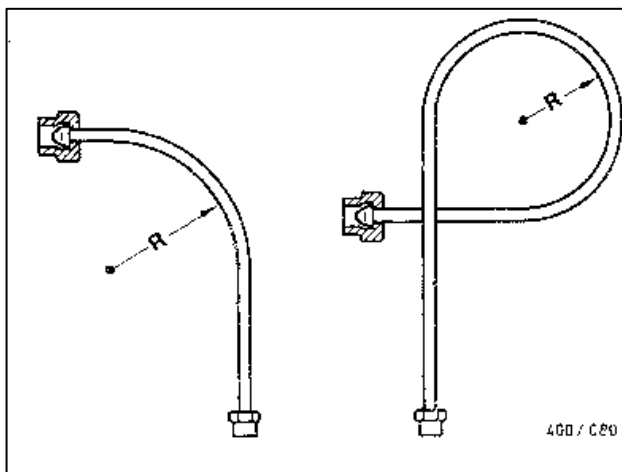
La brida principal para el montaje de la bomba lineal tipo A, se fija sobre la base principal (código Bosch 1688010129) del banco EPS 815. Para su construcción se toma en cuenta las dimensiones de la figura 37.



**Figura 38. Dimensiones de base principal para bancada**

- Dimensiones y cargas para cañerías de alta presión.

La bomba de inyección lineal puede alcanzar presiones de hasta 950 bar (refiérase a la figura I del capítulo I). Para evitar vibraciones, se debe utilizar en las radios de flexión a partir de 600 mm de longitud el sujetador de conducciones.



**Figura 39. Radios de flexión en tuberías de ensayo**

**Fuente:** (Bosch Corporation, 2016)

- Cargas para herramientas especiales.

Las herramientas especiales se aplicarán las cargas y dimensiones que se especifican en la tabla 11.

**Tabla 11**

**Especificaciones para herramientas especiales**

Herramienta	ajuste	dimensiones
Copa para racor	40 a 60 N-m	Tipo engrane Diámetro 22mm número de dientes 34
Extractor para arrastrador de conjunto de masas	100 N-m	Rosca de M21 con paso de 2mm
Copa para tuerca cilíndrica de masas	100N-m	Diámetro de 20mm con destaje de 5mm de ancho

### 3.6 Diseño y función de acoples.

#### 3.6.1 Análisis del material.

El material a utilizar debe soportar esfuerzos sometidos a torsión producidos por cargas dinámicas será el acero AISI 1020, esto debido a q transmite un torque elevado, proveniente del husillo del banco de pruebas EPS 815 en caso del acople cónico, o del elevado ajuste que realiza para el caso de herramientas para el desarmado, armado de bombas de inyección lineal.

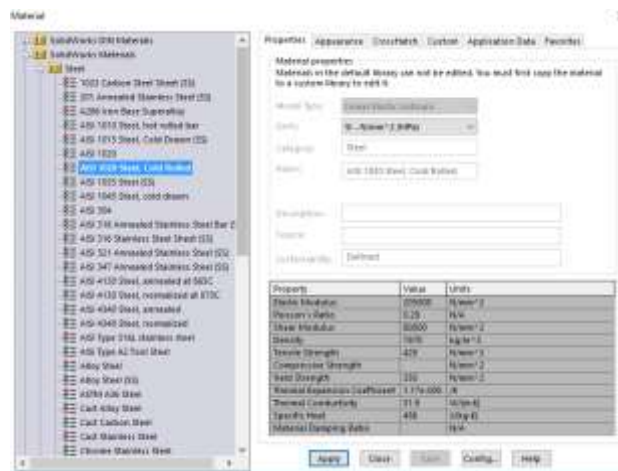


Figura 40. Propiedades mecánicas del ACERO AISI 1020.

En herramientas y accesorios sometidos a distintos esfuerzos producidos por cargas estáticas se utilizará el acero AISI 1010 reúne propiedades de resistencia, tenacidad, maleabilidad, un poco menores a las del acero AISI 1020.

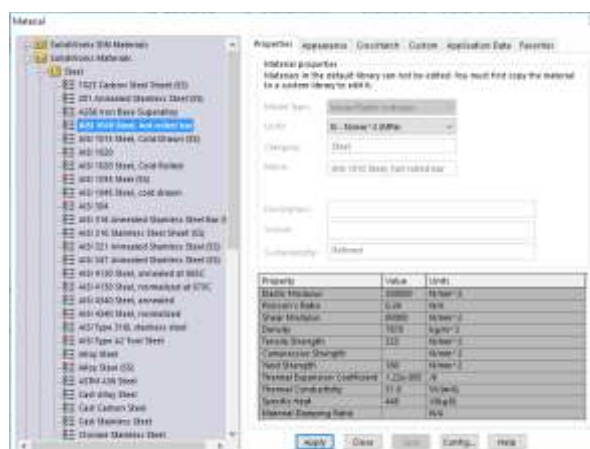


Figura 41. Propiedades mecánicas del ACERO AISI 1010.

Las cañerías de alta presión se realizarán con acero ASTM A53 este acero está destinado a aplicaciones mecánicas y de presión y también es aceptable para usos ordinarios en la conducción de vapor, agua, gas, y las líneas de aire.

**Tabla 12**

**Propiedades mecánicas del ACERO ASTM A53.**

	Grado A	Grado B
Resistencia a la tracción, min:	48,000 psi [330 MPa]	60,000 psi [415 MPa]
Fluencia, min:	30,000 psi [205 MPa]	35,000 psi [240 MPa]

**Fuente:** (Sunny Steel Enterprise Ltd.)

En tabla 13 se resume el tipo de material a usar en las herramientas y accesorios para el desarmado, armado y calibración de bombas lineales tipo A y P.

**Tabla 13**

**Materiales a utilizar en bases y piezas a construir.**

COMPONENTES	AISI 1020	AISI 1010	ASTM A53
Brida principal	X		
Brida		x	
Base de bancada		x	
Cañerías de alta presión			X
Levanta propulsor	X		
Traba para propulsor	X		
Copa para racor		x	
Extractor para arrastrador de conjunto de masas		x	
Copa para tuerca cilíndrica de masas		x	

### 3.6.2. Modelado del acople mandril- bomba

Tomando en cuenta la función que desempeña el acople en el banco de pruebas en la unión del mandril con la base de la bomba se toma una condición cónica que se une a una brida, la misma debe ajustarse los diferentes diámetros que tenga la bomba de inyección lineal tipo A y P, material AISI 1020.

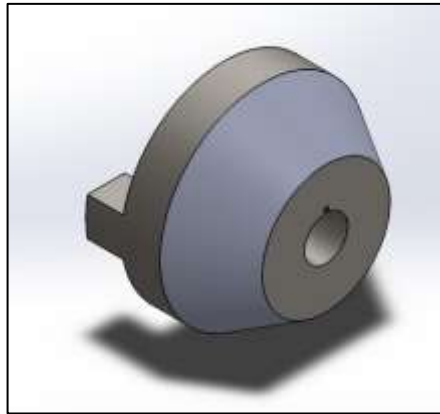


Figura 42. Modelado acople bomba- mandril.

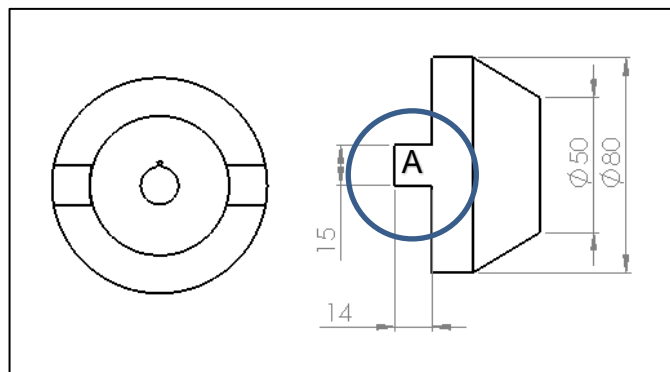


Figura 43. Modelado acople bomba- mandril.

#### Ecuación 4. Torque

$$T = F \cdot d$$

$$F = \frac{T}{d}$$

Dónde:

F=fuerza

T=torque

d=distancia

$$d = 32.5mm$$

$$T = 164 Nm$$

$$F = \frac{164 Nm}{0.0325m}$$

$$F = 5.05 KN$$

Idealizando la sección a como un rectángulo:

$$b = \frac{(80 - 50)mm}{2}$$

$$b = 15mm$$

$$Ax = 0.015^2$$

$$Ax = 2.25 \times 10^{-4}m^2$$

#### Ecuación 5. Momento de inercia

$$Ix = \frac{l^4}{12}$$

Dónde:

$Ix$  =momento de inercia transversal

$l$ =lado de la sección analizada

$$Ix = \frac{0.015^4}{12}$$

$$Ix = 4.22 \times 10^{-9}$$

#### Ecuación 6. Momento flexionante

$$M \text{ flexionante} = F \times d$$

Dónde:

$M \text{ flexionante}$ =momento flexionante

$F$  =fuerza

$d$  =distancia



$$M \text{ flexionante} = 5.05 \text{ KN} \times 0.015 \text{ m}$$

$$M \text{ flexionante} = 75.75 \text{ Nm}$$

#### Ecuación 7. Esfuerzo máximo

$$\sigma \text{ max} = \frac{Mc}{I}$$

Dónde:

$\sigma \text{ max}$ =esfuerzo flexionante máximo

$M$ =momento

$c$ =distancia desde el eje al punto de aplicación

$I$  =inercia de la sección estudiada

$$\sigma \text{ max} = \frac{75.75 \text{ Nm} \times 0.0075 \text{ m}}{4.22 \times 10^{-9} \text{ m}^4}$$

$$\sigma \text{ max} = 134.63 \text{ MPa}$$

#### Ecuación 8. Esfuerzo máximo

$$\tau \text{ max} = \frac{3V}{2A}$$

Dónde:

$\tau \text{ max}$ =esfuerzo máximo

$V$  =fuerza

$A$  =área

$$\tau \text{ max} = \frac{3 \times 5.05 \text{ KN}}{2 \times 2.25 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\tau \text{ max} = 33.67 \text{ MPa}$$

#### Ecuación 9. Esfuerzos

$$\tau_1, \tau_2 = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau_y^2}$$

Dónde:

$\tau_1, \tau_2$ =esfuerzos

$\sigma$ =esfuerzo flexionante

$\tau_y$ =esfuerzo máximo

$$\tau_1, \tau_2 = \sqrt{\left(\frac{134.63 \text{MPa}}{2}\right)^2 + 33.67 \text{MPa}^2}$$

$$\tau_1, \tau_2 = 75.27 \text{MPa}$$

#### Ecuación 10. Factor de seguridad

$$n = \frac{S_y}{\tau}$$

Dónde:

$n$ =factor de seguridad

$S_y$ =límite de fluencia

$\tau$ =choque de impacto

H1: se asume un factor de 1.5 debido al choque de impacto siendo

$$\tau_{\text{impacto}} = 1.8 * 75.27$$

$$n = \frac{205 \text{MPa}}{112.9 \text{MPa}}$$

$$n = 1.51$$

- **Validación del análisis - acople con ANSYS - simulation.**

A continuación, el acople debe ser sometido a situaciones de esfuerzos y cargas a las que está establecidos en el análisis de requerimientos.

**Esfuerzo de Von Mises.** - la energía de deformación para este componente según los resultados obtenidos para el acero AISI 1020 se observa en la figura 44.

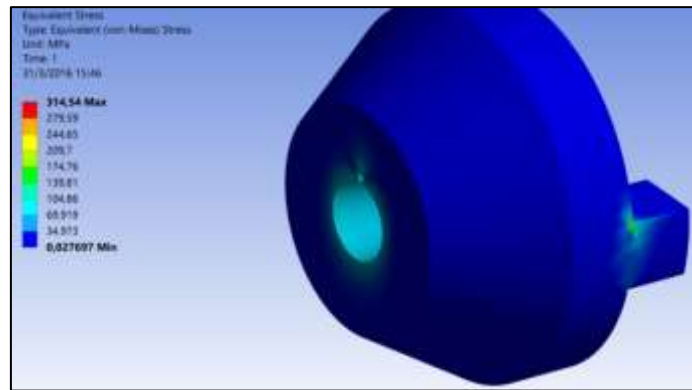


Figura 44. Tensión de Von Mises en acople cónico.

**Deformación máxima.** - se muestra el valor de la deformación máxima que presenta el miembro estructural bajo la situación de cargas establecidas (URES mm).

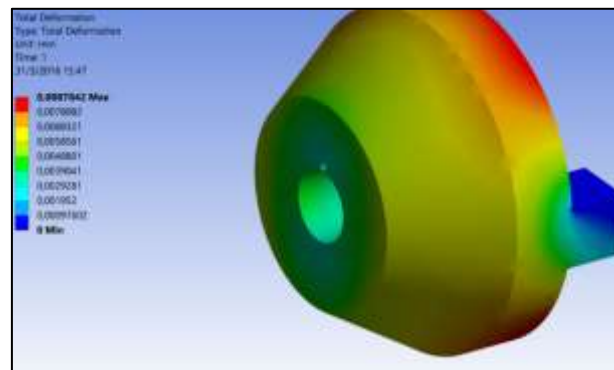


Figura 45. Deformación de acople cónico.

**Factor de seguridad.** - permite visualizar el factor de seguridad que representa la medida de la seguridad relativa de un componente bajo la acción de una carga. (Fs.).

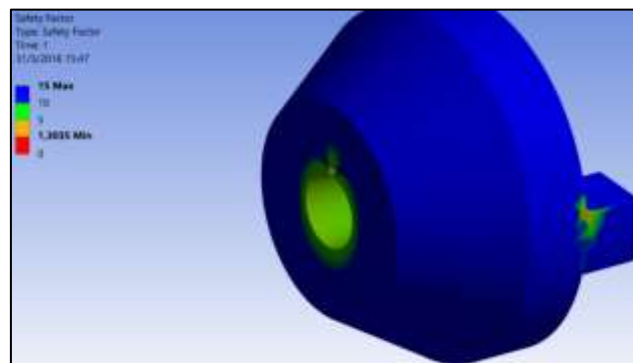
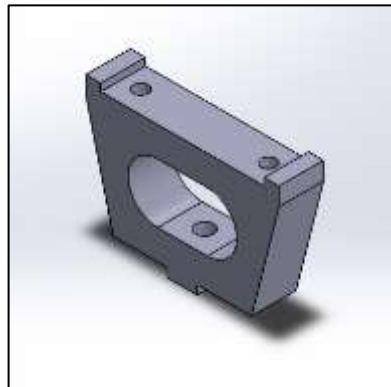


Figura 46. Factor de seguridad de acople cónico.

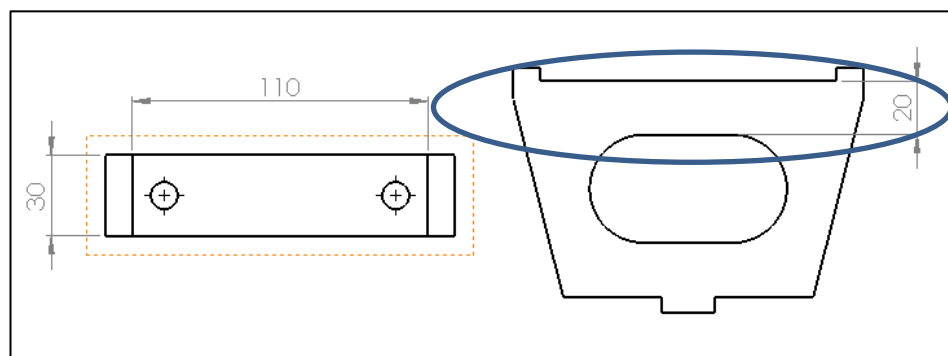
Bajo estos resultados, se establece que el acople no se deforma, bajo la acción de la carga, y su factor de diseño satisface la condición establecida es de un valor de 1.3, que indica que diseño del acople es aceptable.

### 3.6.3. Bases para bomba lineal tipo P

Las funciones de las bases para la bomba lineal tipo P son: soportar el peso de la bomba de inyección, y mantener alineado el accionamiento principal de la bomba con el husillo del banco de pruebas EPS 815. Se realiza un análisis de vibración puesto que las vibraciones del sistema deben reducirse en lo posible para mantener frecuencias menores que puedan envolver al sistema en la resonancia, material AISI1010.



**Figura 47. Base para bomba lineal tipo P**



**Figura 48. Base para bomba lineal tipo P**

Datos:

$$P = 1000 \text{ bar}$$

$$\varnothing_{\text{embolo}} = 11\text{mm}$$

**Ecuación 11. Fuerza**

$$F = P \times A \text{ émbolo}$$

Dónde:

$F$ =fuerza

$P$ =presión

$A$ =área del émbolo

$$F = 100000 \text{KPa} \times \frac{\pi * \left(\frac{11}{1000}\right)^2}{4} \text{ m}^2$$

$$F = 9.5 \text{KN}$$

$$\omega = 500 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{2\pi}{1 \text{rev}} \times \frac{1 \text{min}}{60 \text{s}} = 52.33 \text{ rad/s}$$

$$F = A \cos \omega t$$

$$F = 9.5 \text{KN} \cos 52.33 t$$

Idealizando la sección a como un rectángulo:

$$b = 0.03 \text{m}$$

$$h = 0.02 \text{m}$$

Inercia de la sección estudiada:

**Ecuación 12. Inercia**

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

Dónde:

$I_x$ =inercia

$b$ =base

$h$ =altura

$$I_x = \frac{0.03 * 0.02^3}{12}$$

$$I_x = 2 \times 10^{-8} \text{m}^4$$

Constante del material AISI 1020 con la geometría de la sección estudiada:

**Ecuación 13. Constante del material**

$$k = \frac{192 EI}{l^3}$$

Dónde:

$k$  = constante

$E$  = momento de inercia

$I$  = Inercia

$l$  = lado de la sección analizada

$$k = \frac{192 \times 20 \times 10^{10} \text{MPa} \times 2 \times 10^{-8} \text{m}^4}{(0.11 \text{m})^3}$$

$$k = 577 \text{M N.m}$$

Frecuencia del sistema:

**Ecuación 14. Frecuencia del sistema**

$$\omega_n = \left( \frac{k}{m \text{ bomba}} \right)^{1/2}$$

Dónde:

$\omega_n$  = Frecuencia del sistema

$k$  = constante

$m$  = peso de la bomba

$$\omega_n = \left( \frac{577 \text{ M Nm}}{15 \text{ Kg}} \right)^{1/2}$$

$$\omega_n = 6202.5 \text{ rad/s}$$

$$0 < \frac{\omega}{\omega_n} < 1 \therefore \text{la frecuencia del sistema no llega a resonancia.}$$

Deformación

**Ecuación 15. Deformación**

$$X_{max} = \frac{F}{K m \omega^2}$$

Dónde:

$F$ =fuerza calculada

$K$ =fuerza del banco

$m$ =peso de la bomba

$\omega$ =velocidad angular

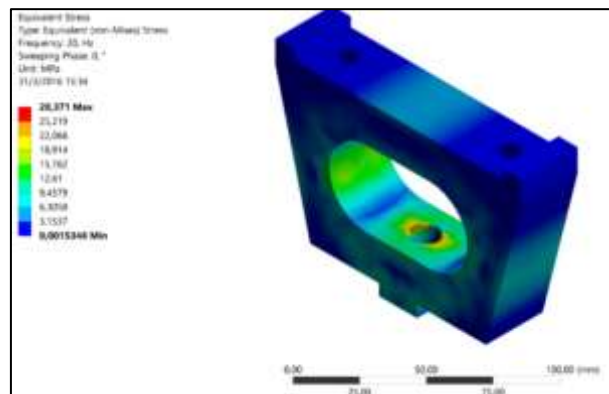
$$X_{max} = \frac{2 * 9.5KN}{577 MN \times 15 kg \times 52.33^2}$$

$$X_{max} = 8.23 \times 10^{-6} m$$

- **Validación del análisis - acople con ANSYS - simulation.**

A continuación, la base debe ser sometida a situaciones de esfuerzos y cargas a las que está establecido en el análisis de requerimientos.

**Esfuerzo de Von Mises.** - la energía de deformación para este componente según los resultados obtenidos para el acero AISI 1010 se observa en la figura 49.



**Figura 49. Tensión de Von Mises en base.**

**Deformación máxima.** - se muestra el valor de la deformación máxima que presenta el miembro estructural bajo la situación de cargas establecidas.

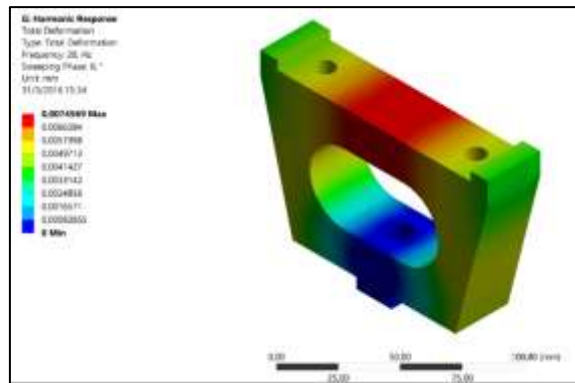


Figura 50. Deformación de base para bomba lineal tipo P.

### 3.6.3. Modelado de la llave para extracción de tuerca de contrapesas

La tuerca que ajusta el conjunto de masa tiene sección rectangular de aproximadamente 19mm x 5 mm la misma que debe soportar ajuste de 75 N-m.

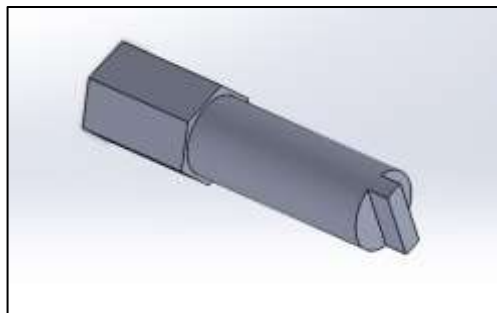


Figura 51. Modelado llave para tuerca de conjunto de masas

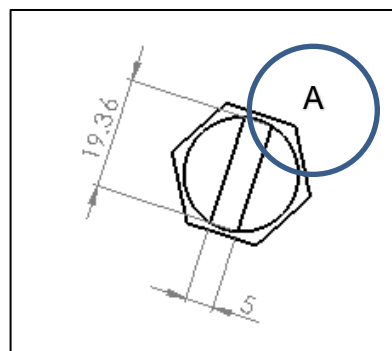


Figura 52. Vista inferior llave para tuerca de conjunto de masas

$$a = 5\text{mm}$$

$$b = 19\text{ mm}$$



Factor de concentración para áreas rectangulares:

**Tabla 14**

**Factor de concentración**

a/b	C1	C2
3	0.267	0.263
3.8	C1	C2
4	0.282	0.281

**Fuente:** (Shigley & Mitchell, 2006)

Interpolación para encontrar el factor a 3.8

**Ecuación 16. Factor de concentración**

$$c = Ca + (3.8 - \left(\frac{a}{b_1}\right)) \frac{Cb - Ca}{\frac{a}{b_2} - \frac{a}{b_1}}$$

Dónde:

C=factores de concentración

Ca=factor de concentración

a, b=distancias

$$c1 = 0.267 + (3 - 3.8) \frac{0.282 - 0.267}{4 - 3}$$

$$c1 = 0.279$$

**Ecuación 17. Esfuerzo máximo**

$$\tau_{max} = \frac{T}{c1 ab^2}$$

Dónde:

T=fuerza

c1=factor de concentración

$$\tau_{max} = \frac{75 Nm}{0.279 * 5 * 10^{-3} * 19 * 10^{-6}}$$

$$\tau_{max} = 148.93 MPa$$

**Ecuación 18. Esfuerzos**

$$\tau_1, \tau_2 = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau_y^2}$$

Dónde:

$\tau_1, \tau_2$ =esfuerzos

$\sigma$ =esfuerzo flexionante

$\tau_y$ =esfuerzo máximo

$$\tau_1, \tau_2 = \sqrt{148.93 MPa^2}$$

$$\tau_1, \tau_2 = 148.93$$

**Ecuación 19. factor de seguridad**

$$n = \frac{S_y}{\tau}$$

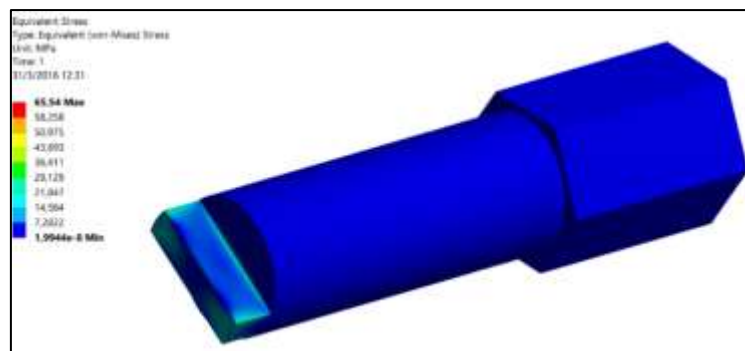
$$n = \frac{200 MPa}{148.93 MPa}$$

$$n = 1.96$$

- **Validación del análisis - acople con ANSYS - simulation.**

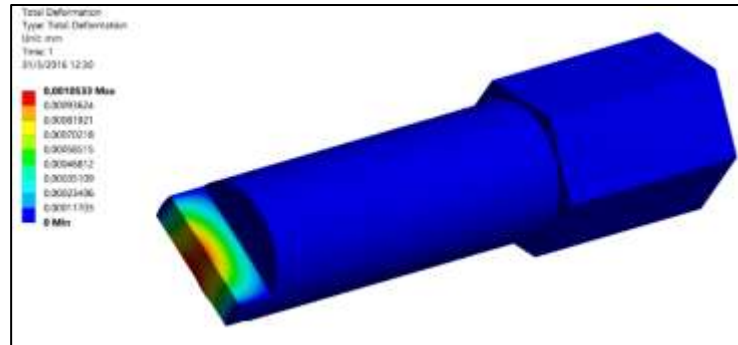
A continuación, el acople debe ser sometido a situaciones de esfuerzos y cargas a las que está establecidos en el análisis de requerimientos.

**Esfuerzo de Von Mises.** - la energía de deformación para este componente según los resultados obtenidos para el acero AISI 1020 se observa en la figura 53.



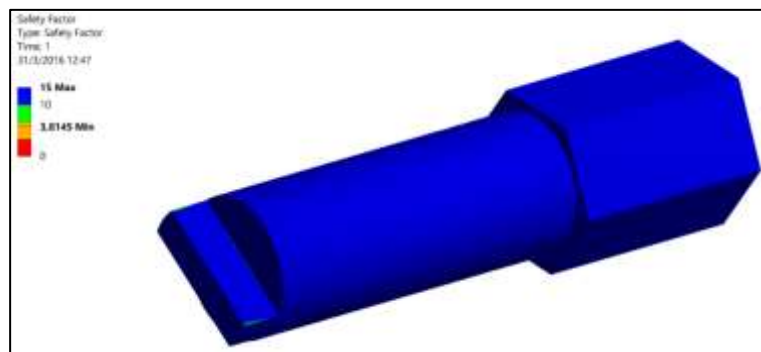
**Figura 53. Tensión de Von Mises en llave especial.**

**Deformación máxima.** - se muestra el valor de la deformación máxima que presenta el miembro estructural bajo la situación de cargas establecidas (URES mm).



**Figura 54. Deformación de llave para tuerca especial.**

**Factor de seguridad.** - permite visualizar el factor de seguridad que representa la medida de la seguridad relativa de un componente bajo la acción de una carga. (Fs.).



**Figura 55. Factor de seguridad para llave de tuerca especial.**

Bajo estos resultados, se establece que el acople no se deforma, bajo la acción de la carga, y su factor de diseño satisface la condición establecida es de un valor de 1.3, que indica que diseño del acople es aceptable.

### 3.6.4. Diseño de cañerías de alta presión.

Este elemento es el encargado de transportar el diésel ya presurizado por la bomba de inyección lineal tipo A y P hacia los inyectores de prueba.

La bomba de inyección impulsa el combustible a presiones que van desde los 900 psi hasta 1100 psi para el caso estudiado. Bajo esta condición de presión constante, que se tiene a lo largo de la cañería, de alta presión se realiza el análisis de presión y el torque aplicado en las tuercas que se acoplan a cada sección respectivamente en la parte inicial a la salida de la bomba de inyección, en un extremo y el otro al acople del inyector.

### **Modelado de cañerías.**

Tomando en cuenta la función que desempeña las cañerías en el banco de pruebas, se define, la geometría utilizando la base de la bomba, y adaptando en los acoples las cañerías y los acoples con un torque especificado, para que el combustible se distribuya a lo largo de los conductos hacia los inyectores.



**Figura 56. Modelado - cañería.**

Una vez modelado el acople cañería, en Solid Works se ejecuta el análisis de esfuerzos, siguiendo la secuencia para la comprobación por elementos finitos, en el módulo Solid Works Simulation, y analizar en una situación de análisis cuasi estático.

- **Simulación del análisis - cañerías con Solid Works - simulation.**

A continuación, el acople debe ser sometido a situaciones de esfuerzos y cargas a las que está establecida en una realidad para lo cual se realiza un estudio previo de las consideraciones a tomar.

- **Tipo de estudio y consideraciones a realizar.**

Para el caso se procede con un estudio de tipo cuasi-estático que significa que la unidad en estudio es estable.

- **Procedimiento**

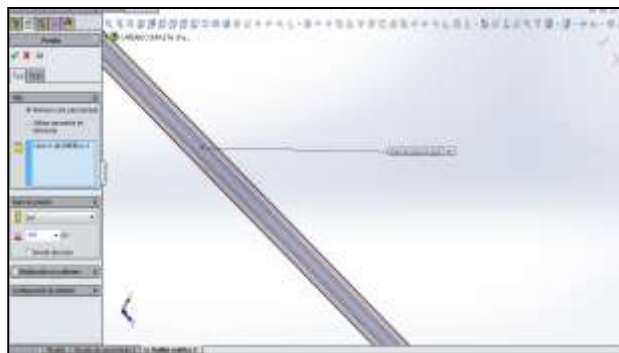
Activamos en los complementos la opción simulation, para el análisis de esfuerzos y cargas. Seleccionamos la opción de asesor de estudio, nuevo estudio y de tipo estático.



**Figura 57. Simulation, estudio de tipo estático**

**Consideración.**

Para el diseño de las cañerías se debe tomar en cuenta que el valor de la presión con que debe transportar el fluido desde la bomba de inyección hacia los inyectores. Las cañerías deben soportar la presión máxima del sistema, ya que el paso del fluido en el interior puede alcanzar hasta 1200 bar, por esta razón se seleccionó tubos de alta presión.



**Figura 58. Asignación de cargas en las cañerías.**

Según las tablas de calibración para equipos de inyección diésel al realizar los ajustes de la bomba inyectora es fundamental seleccionar las cañerías correctas y de la misma longitud ya que llegaría a unos inyectores más rápido que a otros y el comienzo de la inyección sería diferente, las características de las cañerías vienen detalladas en la siguiente tabla.

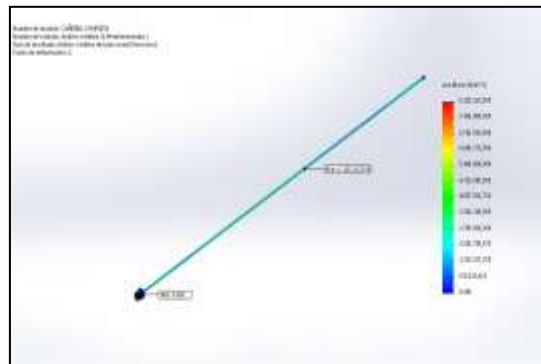
**Tabla 15**

**Medidas de las cañerías.**

Diámetro interior (mm)	Diámetro exterior (mm)	Longitud (mm)	Rosca bomba	Rosca inyector
2	6	200	M 12 x 1.5	M 14 x 1.5

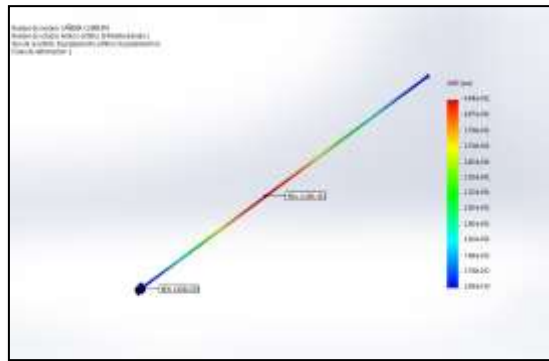
**Resultados del análisis.**

- **Primer resultado.** - permite ver el tipo de carga que está sometido el cuerpo, sea esta de tipo normal, cortante o combinado, en que se muestra el valor del punto que tiene mayor esfuerzo es decir tiene la condición más crítica.



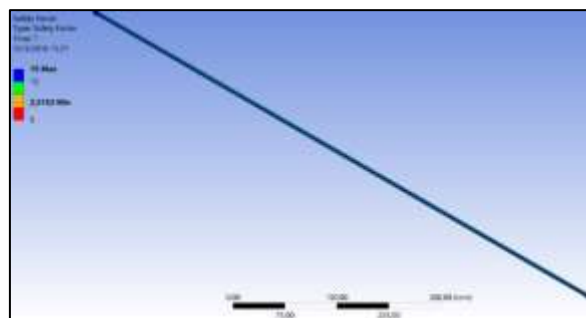
**Figura 59. Criterio de fallo - Tensión de Von Mises.**

- **Segundo resultado.** - se muestra el valor de la deformación máxima que presenta el miembro estructural bajo la situación de cargas establecidas (URES mm).



**Figura 60. Cañería - desplazamientos.**

- **Tercer resultado.** - permite visualizar el factor de seguridad que representa la medida de la seguridad relativa de un componente bajo la acción de una carga. (Fs.).



**Figura 61. Cañería - Factor de seguridad.**

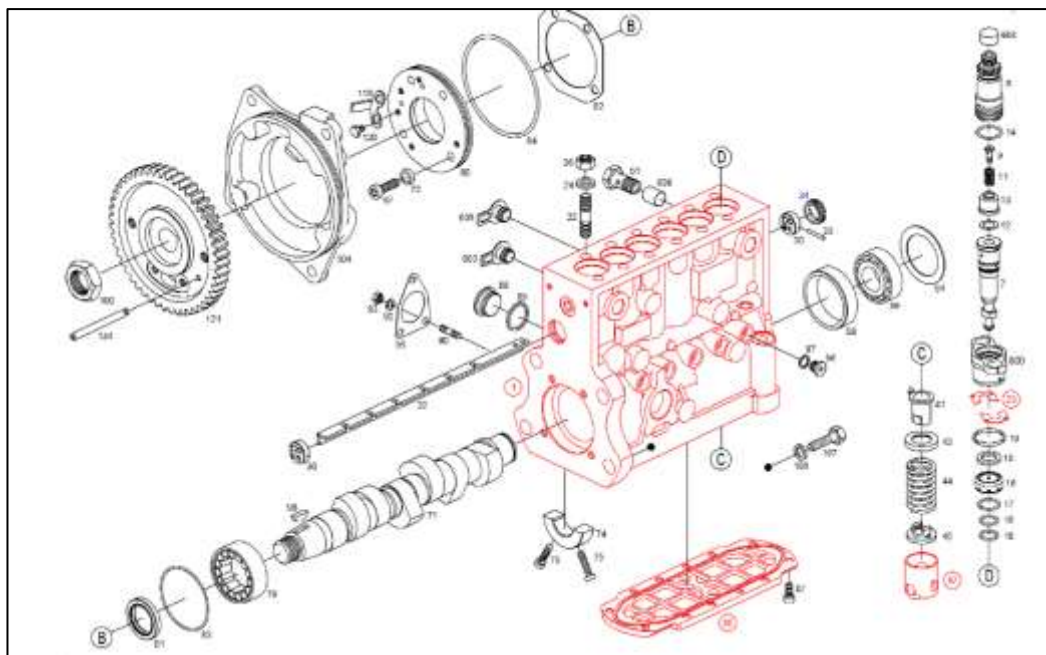
Bajo estos resultados, se establece que las cañerías no se deforma, bajo la acción de la carga, y su factor de diseño satisface la condición establecida es de un valor de 2.51, que indica que diseño del acople es aceptable.

### **3.7 Servicio de la bomba de inyección lineal P.**

#### **3.7.1 Indicaciones generales.**

Para el desarmado y armado de bombas de inyección lineal se toman en cuenta como requisitos del proceso los siguientes parámetros:

- Las piezas se deben lavar con diésel o aceite de pruebas ISO 9113.
- Sustituir los elementos, junta y los cojinetes del árbol de levas.
- Cubrir y proteger contra la corrosión las piezas de la bomba de inyección que hayan de almacenarse durante largos periodos.
- Tener en cuenta las partes de la bomba de inyección lineal.
- En la siguiente figura se puede observar un despiece de la bomba de inyección lineal PES6P110A720RS3420, la tabla adjunta ayuda a identificar las piezas de desgaste, repuestos y las piezas en las que no exista repuesto.



**Figura 62. Partes de la bomba de inyección lineal.**

**Fuente: (Bosch Corporation, 2016)**

**Tabla 16**

**Partes de la bomba de inyección lineal tipo P.**

ITEM	INFORMACIÓN	DENOMINACIÓN
1	B	CUERPO DE BOMBA
7	A	ELEMENTO DE BOMBA
8	B	RACOR DE IMPULSIÓN
9	B	PIEZA DE RELLENO, 15,70 MM
11	A	MUELLE DE COMPRESIÓN
12	A	JUNTA

CONTINÚA →



13	A	VÁLVULA DE PRESIÓN
14	A	ANILLO TOROIDAL
15	B	ARANDELA DE AJUSTE
16	B	CAPSULA
17	A	ANILLO DE MUELLE
18	A	ANILLO TOROIDAL
19	A	ANILLO DE JUNTA
22	B	PERNO ROSCADO
23	<b>Z</b>	<b>SURTIDO DE PIEZAS PLACA DE COMPENSACIÓN</b>
24	B	ARANDELA
26	B	TUERCA HEXAGONAL, DIN 934 - M10-10-A
30	B	CASQUILLO-GUÍA
32	B	VARILLA DE REGULACIÓN
33	B	CLAVIJA CILÍNDRICA
34	B	ANILLO ROSCADO
41	B	CASQUILLO DE REGULACIÓN
43	B	PLATILLO DE MUELLE
44	A	MUELLE DE COMPRESIÓN
45	B	PLATILLO DE MUELLE
47	<b>B</b>	<b>IMPULSOR DE RODILLO</b>
51	B	VÁLVULA DE DESCARGA
58	B	ANILLO DISTANCIADOR
59	A	RODAMIENTO RODILLOS CON., DIN 720 - 32205B
64	B	ANILLO DE APOYO, 1,20 MM
64	B	ANILLO DE APOYO, 1,50 MM
64	B	ANILLO DE APOYO, 1,80 MM
64	B	ANILLO DE APOYO, 2,00 MM
67	A	TORNILLO HEXAG.
71	B	INTERIOR ARBOL DE LEVAS
72	A	ANILLO DE JUNTA
74	B	COJINETE PARA ARBOLES
75	B	TORNILLO MICROENCAPSULADO, M6,0X18,00 MM
79	A	RODAMIENTO
80	B	RODILLOS CON., DIN 720 - 30206
81	A	TAPA DE COJINETE
82	B	RETEN PARA ARBOLES

CONTINÚA 

82	B	PLACA DE COMPENSACIÓN, 0,10 MM
82	B	PLACA DE COMPENSACIÓN, 0,12 MM
82	B	PLACA DE COMPENSACIÓN, 0,14 MM
82	B	PLACA DE COMPENSACIÓN, 0,16 MM
82	B	PLACA DE COMPENSACIÓN, 0,18 MM
82	B	PLACA DE COMPENSACIÓN, 0,30 MM
83	A	PLACA DE COMPENSACIÓN, 0,50 MM
84	A	ANILLO TOROIDAL
85	<b>B</b>	ANILLO TOROIDAL
87	B	<b>TAPA DE CIERRE</b>
88	B	TORNILLO HEXAG. INTERIOR, DIN 6912 - M6X14-8.8
89	A	TAPÓN ROSCADO
90	B	JUNTA PLANA, DIN 7603 - A24X29-CU
92	B	PERNO ROSCADO
93	B	ARANDELA GROVER, DIN 128 - A6-FST
95	A	TUERCA HEXAGONAL, ISO 4032 - M6-8-A
96	B	JUNTA TAPÓN ROSCADO, DIN 908 - M10X1-5.8
97	A	JUNTA PLANA, DIN 7603 - A10X13,5-CU
98	B	CHAVETA DE DISCO, DIN 6888 - 5X7,5-C 45 K
100	B	TUERCA HEXAGONAL, DIN 439 - BM20X1,5-06
104	B	BRIDA INTERMEDIA
107	B	TORNILLO HEXAGONAL
108	B	ARANDELA
118	B	AGUJA ->FD090
120	B	TORNILLO HEXAGONAL ->FD090
121	B	RUEDA DE ENGRANAJE
134	B	PERNO DE COJINETE ->FD090
603	B	CAPERUZA PROTECTORA
604	B	CAPERUZA PROTECTORA
605	B	CAPERUZA PROTECTORA
606	B	VAINA PROTECTORA
800	B	CASQUILLO DE BRIDA

Fuente: (Bosch Corporation, 2016)

### 3.7.2 Procedimiento para el desarmado de la bomba lineal tipo P.

- Limpiar cuidadosamente el exterior de la bomba de inyección con disolvente y secarlo con aire.



**Figura 63. Placa de bomba de inyección lineal PE6P110A720RS3408**

- Montar la bomba de inyección lineal sobre un dispositivo de sujeción, usar láminas de material blando a fin de no afectar a la carcasa de la bomba durante el proceso.



**Figura 64. Bomba de inyección lineal montado en el dispositivo**

- Sujetar la polea o acoplamiento de la distribución, extraer la tuerca de sujeción y retirar la polea de distribución.

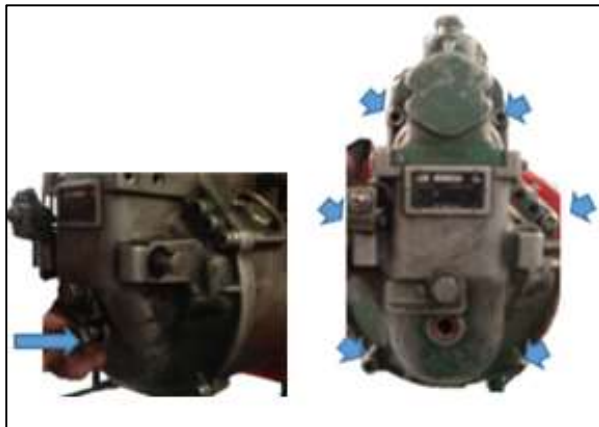


**Figura 65. Acoplamiento de distribución**

- Desmontar el tope de plena carga dependiente de la presión del regulador neumático. Retirar los tornillos de fijación.
- Aflojar las tres tuercas hexagonales que sostienen la bomba de alimentación.

Desmontar el regulador

- Desajustar los pernos de la tapa del regulador indicados en la figura.



**Figura 66. Pernos de la tapa del regulador**

- Desplazar la palanca de mando hacia el tope máximo de aceleración y retirar el varillaje, que se une con la horquilla de articulación, como se indica en la figura 67.



**Figura 67. Horquilla de articulación.**

- Retirar el seguro que une a la cremallera con la horquilla de articulación.
- Extraer la junta cardan localizado en el perno de cojinete.



**Figura 68. Unión entre la cremallera y la horquilla de aceleración**

- Sacar los seguros del pin de unión del conjunto de masas rotantes para la extracción del perno de cojinete.



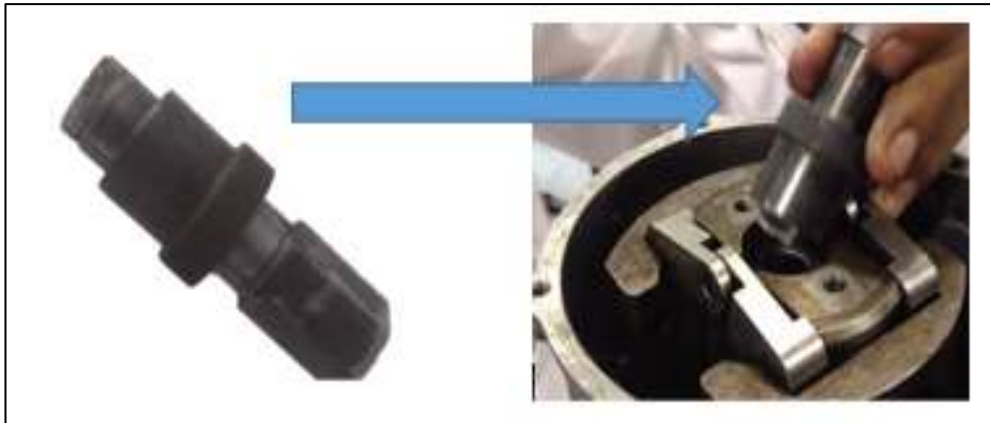
**Figura 69. Extracción del perno de cojinete**

- Retirar la arandela de seguridad y extraer el casquillo guía del regulador



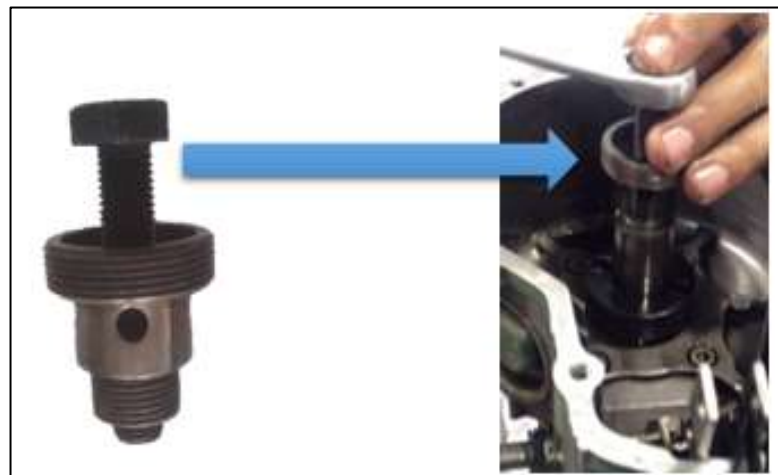
**Figura 70. Extracción del perno de cojinete**

- Utilizar la herramienta especial de tuerca del regulador para liberar las contrapesas



**Figura 71. Extracción de la tuerca de masas rotantes**

- Extraer el casquillo guía utilizando el extractor.



**Figura 72. Extracción del casquillo guía**

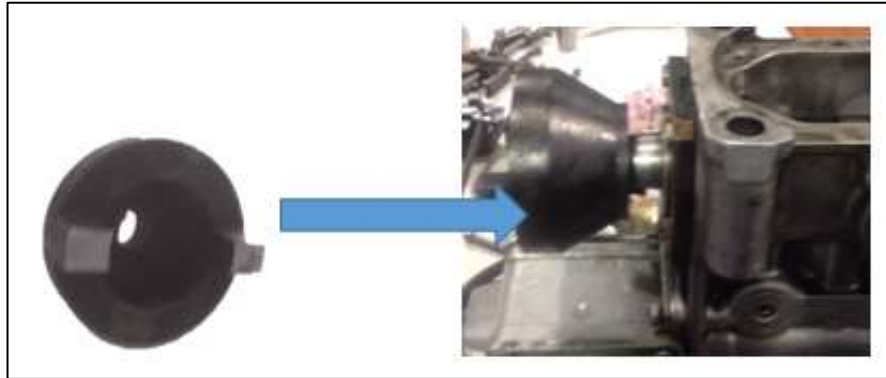
### **Desmontaje del árbol de levas**

- Retirar los pernos de hexágono de la tapa inferior de la carcasa de la bomba de inyección lineal.



**Figura 73. Tapa inferior de la bomba lineal**

- Montar sobre el árbol de levas el acoplamiento o brida principal



**Figura 74. Cojinete intermedio del árbol de levas**

- Aflojar los tapones roscados de la parte delantera de la bomba (ver figura 75).



**Figura 75. Tapones para traba.**

### **Montar el porta-empujadores**

- Utilizar el porta-empujador excéntrico girando el árbol de levas poner cada uno de los empujadores de rodillo en posición PMS.
- Introducir el porta-empujador en el taladro correspondiente de tal forma que el talón excéntrico este hacia abajo, es decir en dirección al árbol de levas.
- Girar el porta-empujador aproximadamente 180 grados, de tal manera que la excéntrica levante el empujador de rodillos de la leva del árbol.





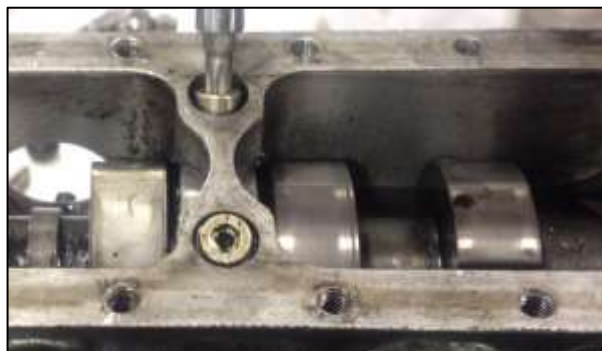
**Figura 76. Excéntricos trabando los elementos de bomba**

- Aflojar los tornillos de fijación de la tapa de cojinete del árbol de levas.
- Palanquear uniformemente la tapa de cojinete utilizando dos desarmadores.



**Figura 77. Tapa del cojinete principal.**

- Desajustar los pernos del cojinete intermedio del árbol de levas.



**Figura 78. Cojinete intermedio del árbol de levas**

- Desmontar el árbol de levas en la dirección que indica la flecha



**Figura 79. Extracción del árbol de levas.**

- Presionar la parte inferior del conjunto impulsor con un desarmador y extraer los levanta propulsores. (ver figura 80).



**Figura 80. Extracción de los levanta propulsores.**

Retirar el émbolo platillo y muelle.



**Figura 81. Extracción de los elementos de bombeo.**

- Los émbolos de bomba no deben permutarse entre sí, es decir, todas las piezas que pertenecen a un cilindro se depositaran en una repisa.



**Figura 82. Elementos de bombeo.**

- Dar vuelta a la bomba de inyección y desajustar los racores de impulsión.
- Desenroscar las tuercas hexagonales de los casquillos de brida.



**Figura 83. Extracción de racores y casquillos guías.**

- Al ir extrayendo las válvulas, observar estrictamente el mismo orden al desmontar el émbolo de la bomba.

### 3.8 Verificación de los componentes de la bomba de inyección tipo P.

#### 3.8.1 Comprobación de elementos de bombeo.

Las rampas sesgadas de los émbolos no deben estar afiladas no permitiéndose que presenten un estado redondeado ver figura.



**Figura 84. Elemento de bomba de inyección tipo P**

Las superficies de rodadura no deben presentar ningún síntoma de desgaste o estrías. Al verificar los elementos de la bomba, prestar atención a las siguientes indicaciones: La sustitución de los elementos se autoriza si se presenta:

- Desgaste de material (formación de cavidades) en la zona de las rampas sesgadas.
- Agarrotamiento o atascamiento de los elementos debidos a la suciedad o a los depósitos superficiales, pudiéndose constatar esto en el ensayo de deslizamiento del émbolo en el cilindro.
- Antes de realizar el ensayo de deslizamiento, lavar el émbolo de la bomba y el cilindro con aceite de ensayo. Sujetar el émbolo de la bomba y el cilindro lo más perpendicularmente posible. El émbolo de la bomba suele deslizarse por su propio peso en el interior del cilindro.
- La sustitución de los elementos no se autoriza si:
- Los desgastes del material (cavidades) se presentan por encima de la rampa sesgada.
- Existen puntos de rodadura relucientes sin estrías ni desgaste mecánico.
- Se observa descoloramiento en el cilindro de émbolo y cilindro de brida a consecuencia de residuos en el combustible o lubricantes, agua en el combustible o influencias térmicas.

- Al reparar, los elementos y las válvulas de presión no se deben cambiar por separado.

### 3.8.2 Comprobación las válvulas de presión.

La superficie de acoplamiento del cono de la válvula no debe estar deformada ni desgastada con irregularidad.

Si el émbolo compensador está dañado, o las válvulas se agarrota en el porta-válvulas, sustituir la válvula de presión.



**Figura 85. Válvulas de presión.**

### 3.8.3 Comprobación de rodillos y árbol de levas.

Si los empujadores de rodillo y el árbol de levas muestran huellas de desgaste excesivo o si un cono presenta danos, sustituir el árbol de levas y los empujadores de rodillo.

Se sustituirán los cojinetes intermedios que presenten huellas de desgaste.



**Figura 86. Comprobación de árbol de levas.**

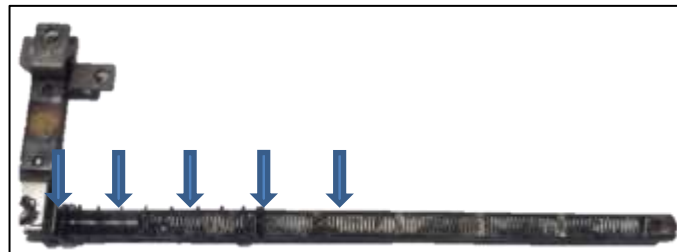
### 3.8.4 Comprobación de los muelles de émbolo y varilla de regulación.

Se sustituirán los muelles de émbolo que presenten corrosión o cuya superficie este dañada ya que corren peligro de romperse. Comprobar especialmente la zona de la primera espira



**Figura 87. Comprobación de muelles.**

Examinar si la varilla de regulación presenta ranuras desviadas.



**Figura 88. Comprobación de varilla de regulación.**

### 3.9 Proceso de desarmado para bombas de inyección en línea tipo A

- Montar la bomba de inyección sobre el soporte de fijación (entenalla).
- Desmontar la tapa de cierre, vaciar el aceite lubricante de cuerpo de la bomba.



**Figura 89. Desmontaje de la tapa de la bomba de inyección.**

- Antes del desarmado del regulador, limpie completamente el exterior de la bomba y del gobernador, y monte la bomba fijamente sobre el soporte de fijación.

### **3.9.1 Desmontaje de la cubierta del gobernador**

Para remover la cubierta del gobernador proceda de la siguiente manera:

- Desajustar el tornillo de ajuste de máxima velocidad para reducir la tensión del resorte de control en el gobernador. Saque los seis tornillos de retención de 10 mm, y separe el armado de la cubierta de la caja mientras que lo va sacando.



**Figura 90. Desmontaje de los tornillos de la tapa del regulador**

- Para retirar la tapa del regulador, colocar la palanca de mando en aceleración y retirar el dado de la guía.



**Figura 91. Desmontaje de la tapa del regulador**

- Con una pinza, retirar el seguro que une a la cremallera y a la palanca de regulación.



**Figura 92. Extracción del seguro que une la horquilla con la cremallera**

### **3.9.2 Desmontaje de la camisa del gobernador**

- Para sacar la camisa eje del gobernador, gire la camisa para separarla del pasador pivote de la palanca flotante y sáquela junto con el asiento del resorte.

### **3.9.3 Desmontaje del conjunto de contrapeso**

- Retirar los seguros en forma de arandela, para aflojar los pernos





**Figura 93. Seguros de retención para guía de manguito**

- Con la llave especial aflojar la tuerca de contrapesas.



**Figura 94. Desajuste de tuerca de contrapesas**



**Figura 95. Extracción del conjunto de contrapesas**

- Colocar el primer conjunto de impulsión a punto muerto superior girando el árbol de levas.



**Figura 96. Giro del árbol del árbol de levas**

- Insertar la herramienta para comprimir los resortes, apoyando las pestañas de bloqueo en el borde superior de rebaje para la tapa.



**Figura 97. Traba de resortes**

- Desenroscar los pernos de la tapa de cojinete principal y cojinete intermedio.



**Figura 98. Extracción de tornillos de la tapa de cojinete**

- Con un martillo de goma golpear en la parte posterior de árbol de levas para el desmontaje del mismo.



**Figura 99. Desmontaje del árbol de levas.**

- Colocar la bomba en posición horizontal y Retirar los tapones inferiores.



**Figura 100. Extracción de tapones inferiores.**

- Presionar el empujador de rodillo con un destornillador plano, retirar las trabas de muelles.



**Figura 101. Extracción de las trabas.**

- Retirar el conjunto los empujadores.



**Figura 102. Extracción de empujadores.**

- Retirar el conjunto de impulsión de bomba (émbolo, resorte y plato)



**Figura 103. Extracción de conjuntos de impulsión.**

- Los conjuntos de impulsión deben ser ordenados de manera que no se permuten entre elementos de distintos cilindros.



**Figura 104. Bandeja para depositar los componentes e bomba.**

- Sacar hacia abajo la camisa de regulación con el platillo superior y el sector dentado.



**Figura 105. Extracción la camisa de regulación con el platillo superior y el sector dentado.**

- Soltar el tornillo de seguridad de la varilla de regulación. Sacar esta varilla.



**Figura 106. Retirando la varilla de regulación.**

- Destornillar las mordazas de bloqueo de las válvulas de presión.
- Desenroscar los racores; levantar y extraer los muelles y válvulas de presión.



**Figura 107. Desenroscando los racores.**

### **3.10 Reparación y sustitución**

Una vez desarmada la bomba de inyección se debe considerar que, todas las piezas deben limpiarse minuciosamente. Las piezas desgastadas y deterioradas deben sustituirse por piezas de recambio.

- **Elementos (émbolo y cilindro de la bomba)**

El émbolo y el cilindro de la bomba no pueden sustituirse aisladamente, sino que solo deben ser cambiados conjuntamente, como elemento de bomba completo.

Al desmontar y montar debe procurarse que no cambien entre sí los émbolos y los cilindros de los distintos elementos (eventualmente marcarlos).

Más pronto o más tarde, según el grado de suciedad del combustible, aparecen señales de desgaste (rayas longitudinales), según la cabeza del

émbolo de la bomba, que conducen a una disminución de la estanqueidad de los elementos. Puede formarse un juicio sobre la posibilidad de uso de los elementos a la vista del resultado obtenido en el banco de pruebas, si las cifras indicadas en las hojas de valores de pruebas no se alcanzan, los elementos deben ser sustituidos por otros nuevos. Si un elemento tiene tendencia agarrotarse, podrá ensayarse por la prueba de caída.

Después de enjuagar con aceite de ensayo, se saca el émbolo de la bomba, aproximadamente en un cuarto. Bajo la influencia de su peso propio debe deslizar lentamente, hasta hacer tope en el talón del émbolo del cilindro de la bomba.

- **Cono de la válvula de presión y porta-válvula**

El cono de la válvula de presión y el porta-válvula no pueden ser sustituidos aisladamente, sino que solo deben cambiarse conjuntamente, como válvula de presión completa. La superficie de asiento de la válvula de presión no debe presentar golpes ni estar desgastada irregularmente. Es imposible su repasado. Si la válvula se pierde deberá montarse otra nueva. Si el émbolo de descarga está desgastado, o el cono de la válvula queda agarrotado en el porta-válvula, también deberá montarse una válvula nueva. La superficie de apoyo de la porta-válvula se ha lapeado plana y debe hallarse en perfecto estado.

- **Empujador con rodillo**

La superficie de guía de los empujadores con rodillo en el cuerpo de las bombas, debe examinarse por si presenta deterioro. Los golpes ligeros y las rayas débiles longitudinales se pueden repasar con tela de pulir. Si el desgaste es más severo deberá ser sustituido el empujador de rodillo.

Si se prevé montar un nuevo empujador con rodillo, se recomienda ajustar el tornillo del empujador de acuerdo con el viejo, fijándolo con la

contratuerca, si tiene rodela de calibración colocar el mismo número en el nuevo empujador.

El ajuste definitivo se efectúa sobre el banco de pruebas. Los tornillos de empujador deben sustituirse.

- **Árbol de levas**

Si las levas del árbol presentan fuertes señales de desgaste, o el cono muestra deterioro, deberá cambiarse el árbol. Los cojinetes intermedios deteriorados deben sustituirse.

En caso de deterioro de las pistas de rodamiento, los cojinetes de bolas o de rodillos cónicos, deberán ser sustituidos por otros nuevos. En los cojinetes de contacto angular, tanto el anillo interior, junto con la jaula, como el anillo exterior pueden ser cambiados por otros del mismo tamaño. En los cojinetes de rodillos cónicos se cambiará todo el cojinete. Los anillos de junta deteriorados (anillo retén) o las arandelas de retén (en el cojinete entre el cuerpo de la bomba y el regulador) deben sustituirse.

- **Varilla de regulación y manguito de guía**

La varilla de regulación debe deslizar con facilidad. En caso de que se agarrote o esté rayada, puede pulirse con papel de esmeril fino. Los manguitos de guía desgastados deben sustituirse.

- **Sector dentado y camisa de regulación**

Si los sectores dentados o las camisas de regulación tienen desgastados el dentado o la ranura para el talón del émbolo, deben sustituirse.

Si los orificios para el ajuste de las camisas de regulación sólo están ligeramente deteriorados, puede repararse, pero si el deterioro es grande deben sustituirse las camisas de regulación.



Si los platillos, las camisas de regulación y los sectores dentados están corroídos, deben ser repasadas y las partes pavonadas deben tratarse de nuevo.

- **Muelle del émbolo**

La protección superficial del muelle del émbolo no debe de estar deteriorada. Los puntos dañados son susceptibles a la corrosión; los muelles corroídos o de superficie dañada deben ser eliminados a causa del peligro de rotura.

- **Cuerpo de la bomba**

Los cuerpos de la bomba con fugas o fuertemente deteriorados no pueden arreglarse. Los puntos del cuerpo ligeramente deteriorados pueden retocarse. En caso necesario, aislar únicamente el asiento del elemento, con fresas de mano y comprobar si las superficies de apoyo están exentas de suciedades. Si se hubiera dado una reparación anterior en bombas policilíndricas, en las cuales no se ha previsto intencionadamente en platillos de resorte ni empujadores con rodillo para el ajuste del desplazamiento y para el ajuste de un comienzo de suministro especial, al alisar los asientos se repasen exactamente en la misma medida.



**Figura 108. Inspección del cuerpo de bomba**

### 3.11 Proceso de armado para bombas de inyección en línea tipo A.

Para el armado de la bomba de inyección invertir el procedimiento de desarmado, pero se debe tener en cuenta los siguientes puntos.

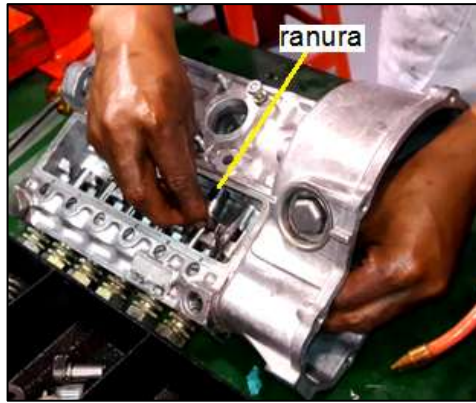
- **Realización del montaje**

Todas las piezas incluso las nuevas, deben ser lubricadas. Antes del montaje, todas las piezas móviles se sumergirán en aceite de pruebas. Los elementos y válvulas nuevas deben ser sumergidos en aceite de pruebas.

Si se ha desmontado el cuerpo del regulador o el tubo de alimentación de combustible, estos elementos se montarán otra vez. Previamente, untar bien con pasta para juntas la superficie de cierre del cuerpo del regulador.

- **Montaje de la varilla de regulación, la camisa de regulación, el platillo superior, el muelle del émbolo, el émbolo de la bomba y el platillo inferior**

Colocar la bomba a posición horizontal. Colocar la camisa de regulación con el sector dentado de forma que la ranura de la abrazadera de fijación señale precisamente hacia delante en la posición media de la varilla de regulación y el giro de la abrazadera de fijación hacia ambos lados sea el mismo en todos los elementos. Al montar el sector dentado y la camisa de regulación, prestar atención a que la señale en la ranura de la camisa de regulación (si existe) o los agujeros de ajuste señalen hacia delante, apretar bien el tornillo de fijación.



**Figura 109. Montaje los sectores dentados con las camisas de regulación**

### 3.11.1 Montaje del cilindro válvulas de presión

- Las superficies de apoyo lapeadas de los elementos y válvulas de presión a montar deben estar pulidas y absolutamente limpias.
- Sujetar la bomba sobre el soporte de fijación. Colocar el cilindro de la bomba de forma que, la ranura de guía del cilindro pase por la espiga de fijación.



**Figura 110. Montaje del conjunto de impulsión de combustible**

- Colocar la válvula de presión y el anillo de junta. Colocar el muelle de la válvula, roscar y apretar el racor de impulsión. Como el anillo de la junta se asienta hay que repetir el apriete dos veces par de ajuste 40 -50 N-m.



**Figura 111. Montaje de válvula de presión y racor.**

- Introducir los émbolos en todos los cilindros correspondientes, y realizar la prueba de deslizamiento.



**Figura 112. Prueba de deslizamiento de émbolo.**

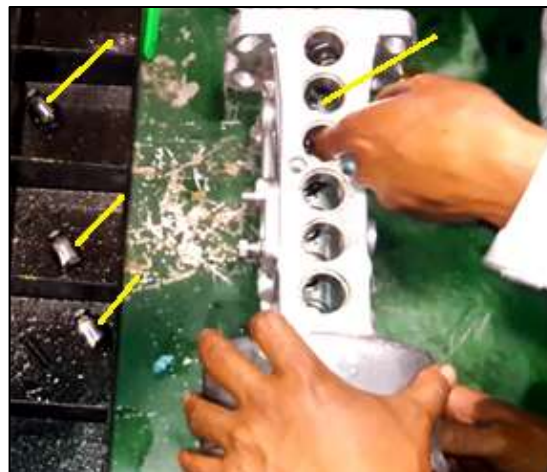
- Siempre que las coronas dentadas de las camisas de regulación sean accesibles debe comprobarse que, en cualquier posición de la varilla de regulación, la corona dentada tiene un juego todavía apreciable tanto hacia arriba y abajo como hacia los lados. Para comprobarlo, fijar la varilla de regulación.
- Colocar los platillos superiores y los muelles de émbolo. Introducir los émbolos de la bomba, juntamente con los platillos inferiores. El émbolo debe colocarse de tal forma que el número de pedido grabado sobre su talón, señale hacia arriba y adelante



**Figura 113. Introducción del émbolo y el platillo inferior del muelle.**

### 3.11.2 Montaje de los empujadores con rodillos

- Introducir los empujadores con rodillo, a través de la abertura del cojinete, alinear el perno de los empujadores de forma que entre perfectamente en la ranura de guía del cuerpo de la bomba. Empujar hacia arriba el empujador hasta que el sujeta-impulsor pueda sujetarse entre el tornillo de ajuste y la contratuerca.



**Figura 114. Introducción de los empujadores con rodillo.**

- Presionar los empujadores de rodillos con un destornillador para poder colocar los sujeta-empujadores.



**Figura 115. instalación de los sujeta-empujadores**

### **Montar el árbol de levas y ajustar el juego longitudinal**

- Al montar el árbol de levas, tener en cuenta la muesca pues sólo se encuentra en una de las dos caras de los extremos roscados. Esta muesca del árbol de levas determina el correcto orden de alimentación de los cilindros.
- Si están desmontados, meter a presión los anillos de junta (anillos retén), las arandelas de junta y los anillos exteriores de los cojinetes de bolas, en las tapas porta-cojinete. Sujetar bien la tapa porta-cojinete con todos los tornillos. Introducir el árbol de levas (para proteger el retén se cala sobre el árbol de levas un casquillo de montaje) y asegurar bien la segunda tapa de cojinete con todos los tornillos.



**Figura 116. Montaje del árbol de levas.**

Montar el cojinete intermedio, para esto se debe colocar un poco de grasa para fijarlo al árbol de levas y evitar que se desprenda.



**Figura 117. Montaje de la porta cojinete.**

### **3.11.3 Montaje del regulador y bomba de alimentación**

- Si se monta el regulador las superficies de apoyo del cuerpo de la bomba y del cuerpo del regulador se untarán con grasa liviana. Procedemos a montar las contrapesas.



**Figura 118. Montaje de contrapesas.**

- Ajustar la tuerca de las contrapesas con llave especial.



**Figura 119. Ajuste del conjunto de contrapesas.**

- Colocar la camisa del regulador con sus respectivas arandelas de seguridad



**Figura 120. Ajuste y montaje de guía de manguito.**

- Colocar el pasador que sujeta a las arandelas de seguridad



**Figura 121. Montaje del pasador.**



- Montar la tapa del regulador y asegurar los pernos



**Figura 122. Montaje de la tapa del regulador**

## CAPÍTULO IV.

### “PRUEBAS Y CALIBRACIÓN DE BOMBAS DE INYECCIÓN LINEALES TIPO A Y P EN BANCO DE PRUEBAS EPS 815”

#### 4.1 Uso del banco de pruebas Bosch EPS 815 y herramientas para la calibración de bombas de inyección lineal tipo A y P.

- Para accionar el banco de pruebas Bosch EPS 815, se debe girar la perilla indicada en sentido horario. La computadora se enciende automáticamente.



**Figura 123. Encendido del banco ESPS 815**

- Una vez encendido el banco verificar el funcionamiento de la computadora. Para dar inicio al programa EPS 945-PE/VE/CR.



**Figura 124. Programa EPS 945-PE/VE/CR**

- Después de arrancar el software de sistema KMA a través de la selección de aplicaciones de Bosch aparece la máscara "Prueba componentes inyección - menú principal" en la pantalla. El software realiza automáticamente la inicialización después del arranque. De esta manera se comprueban todos los aparatos conectados y se comprueba también su predisposición. Durante la inicialización, la hardkey F12 >> está bloqueada y sólo es liberada si la inicialización finaliza con éxito.



Figura 125. Ventana de inicio del programa

- Las indicaciones de estado en la máscara "Prueba componentes inyección menú principal" indican si el software ha detectado todos los componentes de hardware consultados. Las indicaciones de estado cambian su color de rojo a verde en caso de una detección del hardware con éxito.

Comp.	Visualiz.	Significado
KMA 802		Rojo
		Verde
DZE 800		Rojo
		Verde
CRE 800		Rojo
		Verde
		Amarillo
CRI 800		Rojo
		Verde
		Amarillo

Figura 126. Indicadores de estado

- Una vez que se estén correctamente instalados todos los equipos, pulse la tecla F12 >>. Aparece una ventana con una advertencia legal.

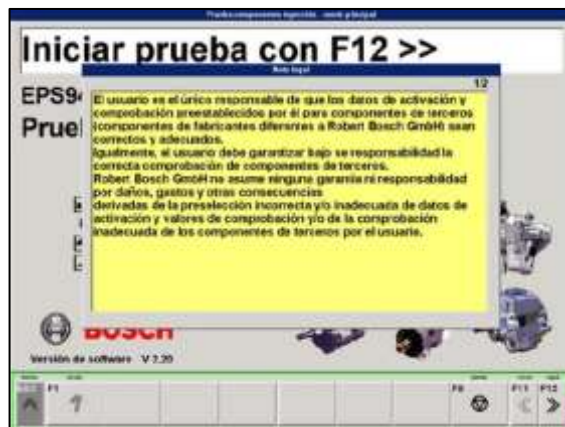


Figura 127. Ventana de advertencia legal

- Pulsando F12 V se abre la segunda página de la advertencia legal. Lea y observe la advertencia legal. Volviendo a pulsar la tecla F12 V en su teclado accederá a la pantalla "Selección de componentes".
- En esta ventana pueden realizarse las siguientes funciones:
  - Acceder a un componente con pasos de verificación (programación de los pasos de verificación) de una base de datos.
  - Crear nuevos pasos de verificación para un componente
  - Trabajar con pasos de verificación ya existentes.



Figura 128. Ventana para elegir componentes

- Pulsando la tecla F2 (banco datos) se activa un menú de opciones.



**Figura 129. Pestaña de opciones de F2**

Puede elegir entre las siguientes funciones:

Introduciendo los criterios de búsqueda en las filas de entrada tipo-pieza-número y/o tipo-fórmula, se puede delimitar la búsqueda de un componente determinado en la base de datos local o en la base de datos CD-TestData.

- **Buscar componente**

Se activa la base de datos local con sus componentes. En la base de datos local sólo hay componentes creados por usted y guardados allí por medio de la función Almacenar componente.

- **Almacenar componente**

La componente de inyección actual con el proceso de comprobación se guarda tras la selección de esta función en la base de datos local. Para guardar un componente, se debe introducir el número de tipo de pieza en la línea de introducción de datos correspondiente.

Si se ha seleccionado un componente de la base de datos ESI [tronic] CD-W o CD-TestData, no se puede seleccionar la función Almacenar componente

- **Componente nuevo**

Se borran todas las entradas en la máscara "Selección de componentes". Se puede activar o crear un componente nuevo.

- **ESI[tronic] CD-W**

Tras la selección de esta función, se borra el último componente del registro de bombas sin aviso previo. Antes de seleccionar esta función debe guardarse el componente en la base de datos. Tras la selección de esta función se llama un componente con un proceso de comprobación. El componente se ha seleccionado previamente en la base de datos de componentes de ESI [tronic] CD W.

Con las teclas F3 (paso prueba -) o F4 (paso prueba +) pueden visualizarse los pasos de prueba. Con la tecla F5 (Valor. Genera.) se visualiza la ventana "valores generales". En "valores generales" puede programar parámetros básicos independientes de los pasos de verificación para nuevos componentes (p. ej. para procesos de activación de inyectores) e introducir información de soporte para la preparación de la prueba (p. ej. adaptadores para pruebas etc.)

En los componentes de la base de datos CD-TestData, sólo se muestran los parámetros básicos que sirven como información de soporte para la preparación de la prueba (p.ej. accesorios para pruebas, número de inyectores, tensión de las baterías, etc.).

Con la tecla F6 (organizar) se visualiza un menú de selección, mediante el cual se introducen, copian y eliminan los pasos de comprobación. Tras la visualización de un componente del banco de datos CD-TestData la tecla F6 se resalta en gris y deja de ser seleccionable.

#### 4.1.1 Proceso para crear pasos de prueba (componente nuevo).

- En este proceso se describe cómo pueden generarse pasos de prueba con valores de ajuste y de comprobación para una nueva bomba de inyección. A tal fin, debe encontrarse en la ventana "Selección de componentes".
- Entradas erróneas o una selección errónea de los valores de ajuste pueden originar daños en la componente. En las hojas de comprobación figuran todos los datos para la introducción de pasos de prueba.



**Figura 130. Ventana selección de componentes**

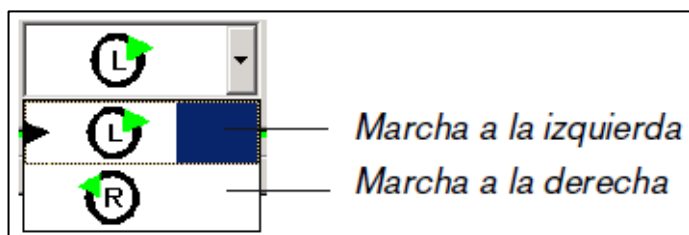
- Introducir el número de pieza y fórmula tipo en el grupo de entradas para la identificación de componentes. Al introducir la fórmula tipo/pieza debe prestarse atención a las mayúsculas/minúsculas.

En caso de una búsqueda de componente desde la base de datos se tienen en cuenta las mayúsculas/minúsculas. Resulta imprescindible la introducción del número de pieza para guardar la componente de inyección en la base de datos. En caso de bombas Zexel, el número tipo pieza debe introducirse sin guion.



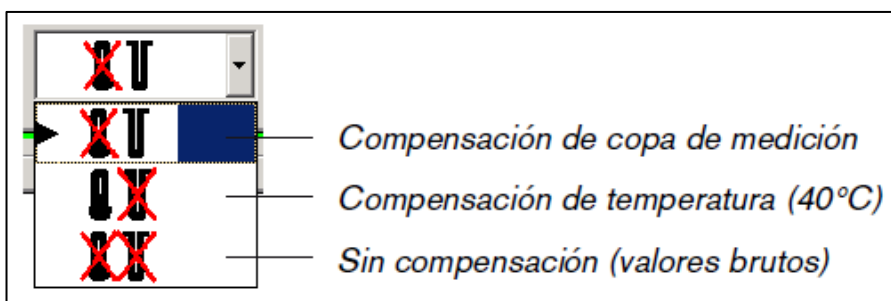
**Figura 131. Introducción de datos**

- Cerciórese de que el sentido de giro del componente o del equipo de comprobación (CAMBOX) sea correcto. Si se selecciona un sentido de giro incorrecto, se puede dañar el componente o el equipo de comprobación (CAMBOX).



**Figura 132. Sentido de giro**

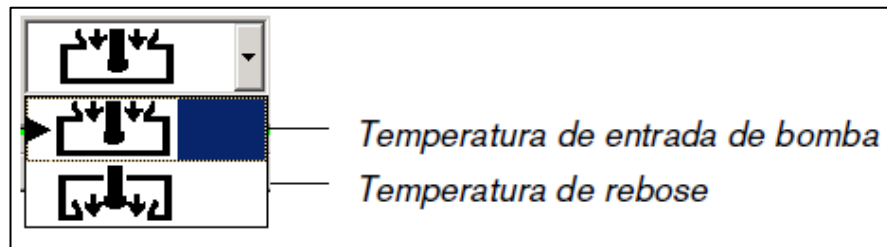
- Compensación



**Figura 133. Compensación**

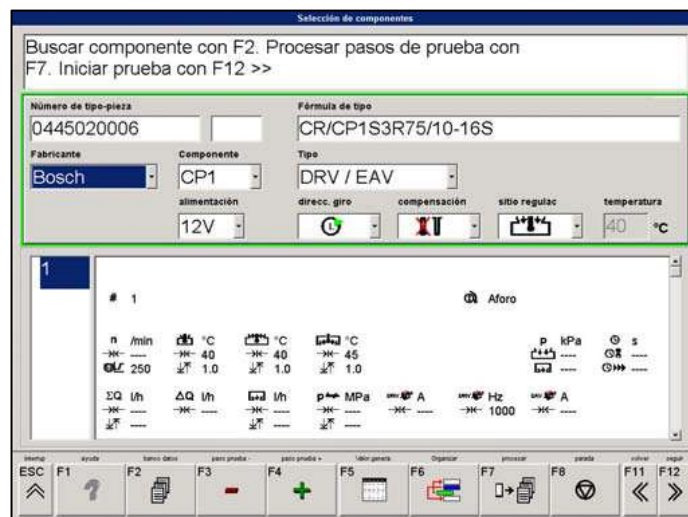


- Punto de regulación



**Figura 134. Punto de regulación**

- Tras la selección del punto de regulación aparece en una ventana resaltada en gris a la derecha junto al campo de selección "Punto de regulación" la temperatura de regulación en °C. Este valor es un valor estándar y puede modificarse en la máscara "Menú principal de comprobación de componentes de inyección" en Configuración/calibración/valores prefijo temperatura. (por ejemplo, una temperatura de rebose de 55° en lugar de 45°).
- Una vez introducidos los datos y ajustes de los componentes y activada la tecla "Enter", el programa pasa a la vista general de los pasos de verificación.



**Figura 135. Datos del componente**

- En la vista general de pasos de prueba se dispone de todas las informaciones (cantidad de pasos de prueba, entradas de valores teóricos y valores reales) mediante el paso de comprobación actual. Con las teclas F3 (paso prueba -) o F4 (paso prueba +) se selecciona un paso de prueba. Tras la selección de un nuevo paso de comprobación, se actualiza automáticamente la vista de conjunto de pasos de comprobación.
  
- Con la tecla F6 (Organizar) se visualiza un menú de selección para el procesamiento de pasos de comprobación. Las siguientes funciones le ofrecen la siguiente selección:
  - Crear nuevo paso de prueba.  
Se crea un nuevo paso de comprobación.
  - Copiar paso de prueba.  
Se copia el actual paso de comprobación.
  - Insertar copia de paso de prueba.  
Esta función aparece cuando se copia el paso de comprobación. Tras la selección, se introduce el paso de comprobación copiado.
  - Borrar paso de prueba.  
Se borra el actual paso de comprobación.

#### **4.1.2 Introducción de valores de comprobación y ajuste en pasos de prueba**

- Con la tecla F7 (procesar) en la ventana "Selección de componentes" se visualiza la ventana "Selección de componentes - Entrada del paso de prueba". La descripción de iconos para los grupos de introducciones individuales se encuentra en la página desplegable de la segunda página.

**Figura 136. Entrada del paso de prueba**

Pulsando la tecla F2 (funciones) se llama el menú de selección. Pueden seleccionarse las siguientes funciones:

- FB-poner No. Cilindro

(Sólo para PE y en la figura de medición de ángulo). Después de la llamada aparece la ventana "Ajustes". En esta ventana se fija el cilindro para el bloqueo del comienzo de suministro. Con la tecla F12 V se importa la selección. El símbolo para el bloqueo del comienzo de suministro aparece en el campo de entradas y posteriormente en la indicación de medición del cilindro seleccionado.

- Almacenar paso de prueba

Después de la llamada se guarda el actual paso de prueba.

- Vaciar paso de prueba

Después de la llamada se borran todas las entradas de este paso de prueba. Con las teclas F3 (paso prueba -) o F4 (paso prueba +) pueden visualizarse los pasos de prueba.

Con la tecla F5 (Valor.genera.) se visualiza la máscara "Valores generales". En esta máscara se puede introducir o leer la información

relativa a los accesorios de comprobación (adaptador de comprobación, soporte de tobera de comprobación, etc.) y los parámetros básicos no dependientes de la comprobación para la misma. Al cargar los procesos de comprobación del banco de datos CD-TestData se indican únicamente los parámetros básicos que resultan relevantes para la comprobación.

Con la tecla F6 (Organizar) se visualiza un menú de selección para el procesamiento de pasos de comprobación. Las siguientes funciones le ofrecen la siguiente selección:

- Crear nuevo paso de prueba  
Se crea un nuevo paso de comprobación.
  
- Copiar paso de prueba  
Se copia el actual paso de comprobación.
  
- Insertar copia de paso de prueba  
Esta función aparece cuando se copia el paso de comprobación. Tras la selección, se introduce el paso de comprobación copiado.
  
- Borrar paso de prueba  
Se borra el actual paso de comprobación. Pulsando la tecla F7 (Vista general) se vuelve a la máscara "Selección de componentes". Con la tecla F8 (parada) se desconecta la regulación de número de revoluciones del EPS. Pulsando la tecla F12 V se accede a la figura de medición de caudal.

Todas las entradas del campo Nombre paso prueba y del campo comentario aparecen en la figura de medición en la barra de título de programa. Una vez creado un proceso de verificación para un componente, guarde el componente en la pantalla "Selección de componentes" con F2 (banco datos) /almacenar componente en la base de datos.

### 4.1.3 Buscar y seleccionar una nueva componente de la base de datos local

Existe la posibilidad de seleccionar en la “selección de componentes” unas componentes concretas mediante la entrada de criterios de búsqueda en las filas de entrada de número de tipo-pieza y de fórmula tipo.



**Figura 137. Ventana selección de componentes**

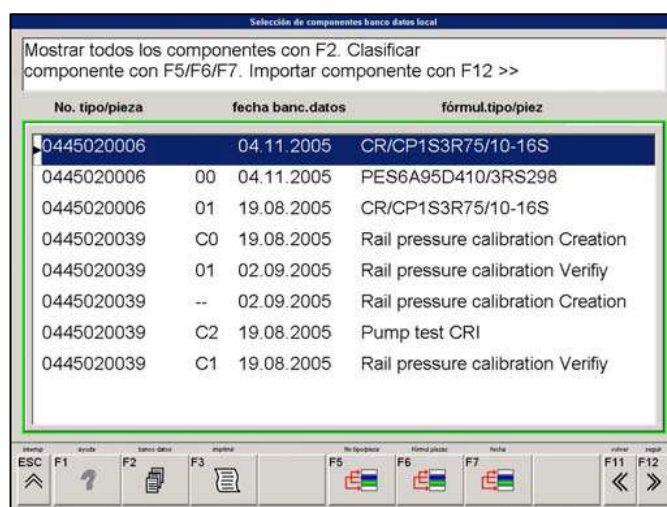
Si no se introducen criterios de búsqueda, es decir, se dejan vacías las filas de entrada, el programa enumera todas las componentes de la base de datos local.

Introducir los criterios de búsqueda en las filas de entrada, pulsar la tecla F2 (banco datos) en el teclado y seleccionar Buscar componente. Al momento de realizar introducciones de textos en la fila de entrada de la Fórmula tipo debe prestarse atención a las mayúsculas/minúsculas.



**Figura 138. Pestaña de opción F2**

Después de seleccionar la función “Buscar componente” se enumeran todos los componentes, clasificados por el número de pieza de tipo, que coincidan con los criterios de búsqueda en las filas de entrada. El primer componente en la lista aparece con una barra azul como fondo.



**Figura 139. Lista de componentes**

Con la tecla F2 (banco datos) y con la función Mostrar todos los componentes se vuelven a mostrar todas las componentes de la base de datos local. Con la función Borrar componente se borra la componente que aparece con una barra azul como fondo.

Con las teclas F5 (Número tipo de pieza), F6 (fórmula piezas) y F7 (fecha) se clasifican las componentes como sigue:

- Número de pieza del modelo.
- Fórmula de la pieza del modelo.
- Fecha.

Seleccionar la componente con la tecla de cursor hasta que aparezca con una barra azul como fondo y pulsar la tecla F12 V. Los pasos de prueba y los datos de ajuste de la componente seleccionada se visualizan desde la base de datos y se encuentran disponibles en la Selección de componentes.



**Figura 140. Selección de componente**

Seleccionar la primera prueba y se abre la ventana de ensayo dependiendo cual sea la prueba a realizarse.



Figura 141. Inicio de prueba

Para arrancar la prueba se debe presionar F8. Se despliega la ventana de advertencia en la cual indica que todo debe estar en orden ya que el motor va a comenzar a girar. Y finalmente presionar las dos teclas Shift como indica la figura.

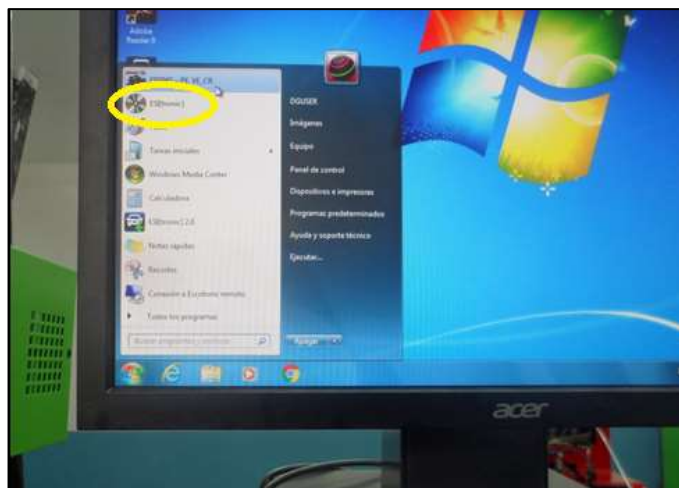


Figura 142. Ventana de advertencia

#### 4.1.4 Seleccionar componente de ESI [tronic]

Para esta función es necesario que el ESI [tronic] CD- W esté instalado en el ordenador y que se haya establecido la conexión de acceso.

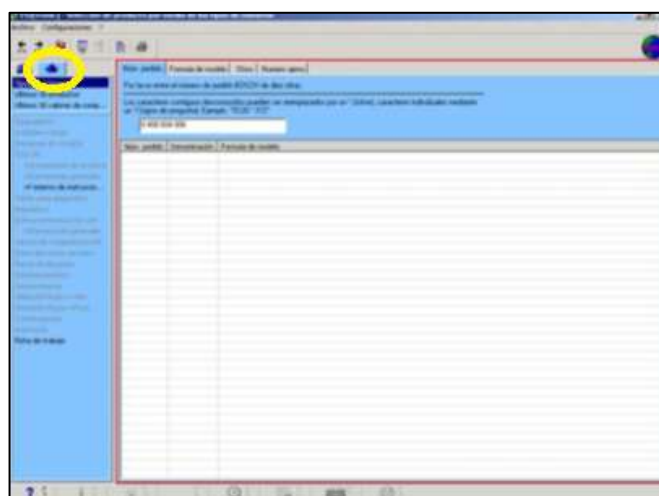




**Figura 143. Inicio programa ESI [tronic]**

Todos los datos de componente y los resultados de medición del último componente de inyección comprobada se pierden tras la selección de esta función. Guardar la componente actual en la base de datos local antes de la selección de la función ESI [tronic].

Iniciar el programa ESI [tronic] mediante la Menú de aplicaciones Bosch. Seleccionar la opción marcada en la figura. Seleccione el componente deseado mediante ESI [tronic], p. ej., introduciendo el número de pedido de diez dígitos de Bosch del componente. Mediante la ayuda de ESI [tronic] se adquiere mayor conocimiento acerca de la selección de productos en ESI [tronic].



**Figura 144. Ventana para introducir el dato del componente**

Aparece una ventana de selección con el componente deseado.

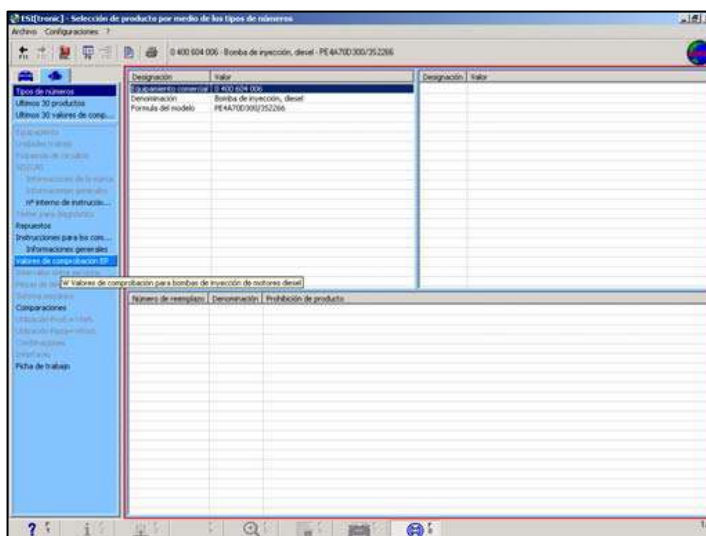


Figura 145. Componente deseado

**"Valores de comprobación EP".**

Aparece una ventana de selección con el componente deseado junto con la fecha de edición. Seleccionar el componente y aparecen datos adicionales como la tabla de calibración.



Figura 146. Valores de comprobación

#### 4.2. Pruebas y ensayos: Calibración de bombas de inyección lineal.

Para la calibración de la bomba de inyección lineal tipo P se debe tener en cuenta lo siguiente:

#### 4.2.1. Preparación de la bomba de inyección tipo P para la calibración.

- Desmontar la bomba de alimentación.
- Desmontar el tope de plena carga dependiente de la presión de la carga.
- Montar el cono de accionamiento de 25 mm del árbol de levas.



Figura 147. Ajuste del acople

- Colocar los caballetes de fijación sobre el riel de sujeción del banco de pruebas, pero sin atornillarlos aun firmemente.

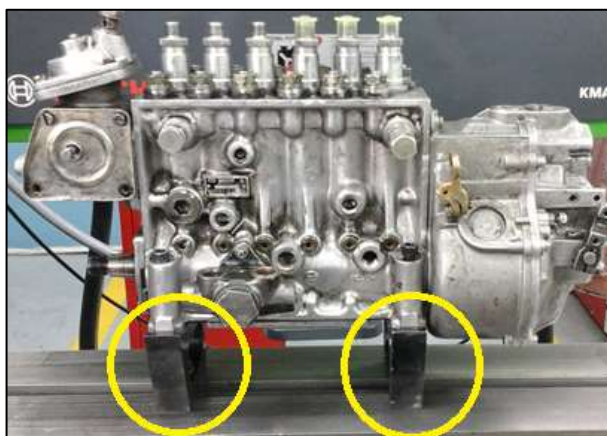


Figura 148. Ajuste del acople

- Colocar la bomba de inyección lineal tipo P sobre los caballetes de sujeción y ajustar.



**Figura 149. Ajuste de las bases**

- Llenar la cantidad de aceite lubricante según lo que especifica la siguiente tabla.



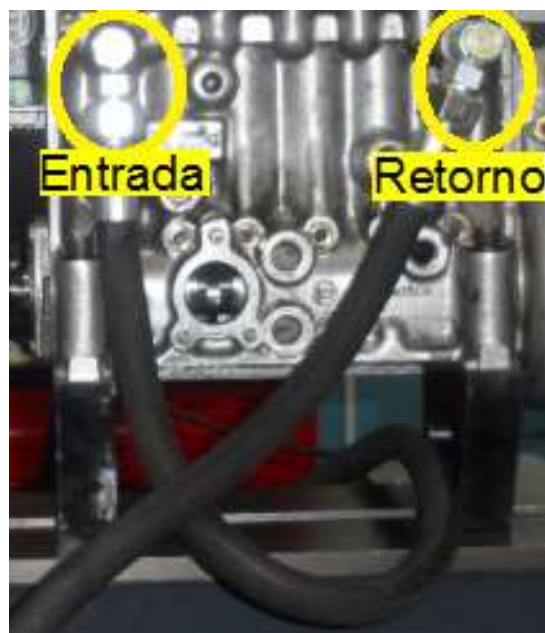
**Figura 150. Colocación de aceite**

- Enroscar las tuberías de impulsión (cañerías) de ensayo en los racores de impulsión.



**Figura 151. Montaje de cañerías**

- Fijar en la entrada de combustible de la bomba de inyección tipo P la manguera flexible de alimentación y su retorno.



**Figura 152. Montaje de mangueras de alta presión**

- Para asegurarse de que el accionamiento de la bomba no se bloquea, mover varias veces el árbol de levas girando el volante con la mano.
- Ajustar las cañerías a los inyectores de alta presión.



**Figura 153. Ajuste de cañerías**

- Montar el dispositivo de medición del recorrido de regulación correspondiente a la versión de la bomba de inyección.
- Desplazar la barra de regulación de la bomba de inyección hacia el regulador hasta el tope mecánico.
- En esta posición, ajustar a “0” el reloj de medición del dispositivo de medición del recorrido de regulación.

#### **4.2.2. Pruebas de calibración de la bomba de inyección lineal tipo P.**

Para realizar las pruebas se debe obtener la hoja de calibración, la cual nos facilita el programa ESI-TRONIC, el proceso de obtención de esta hoja se lo detalla en el capítulo 4.1 en el manejo del banco de pruebas Bosch EPS 815.

Una vez adquirida la hoja de calibración podemos obtener los datos y las pruebas a realizarse según el tipo de bomba que se tiene. En el caso de la bomba lineal tipo P tenemos las siguientes pruebas:

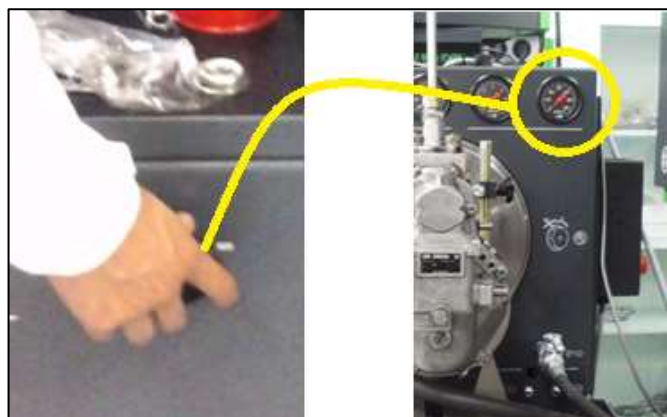
### 4.3 Condiciones banco de ensayo para realizar pruebas de calibración

- Para poder realizar las pruebas se debe seleccionar en el programa EPS 945 nuevo componente y seguir los pasos que se explica en el capítulo 4.1 manejo del banco de pruebas EPS 815. Introducir los datos según el código de la bomba y la tabla de valores de comprobación.



**Figura 154. Almacenamiento de datos**

- Verificar que los tubos de rebose de todos los porta-inyectores de ensayo estén cerrados.
- Conectar el banco de pruebas para bombas de inyección y ajustar la presión de la bomba de transferencia en 150 KPa.



**Figura 155. Ajuste de presión**

- Accionar el calentador de aceite de ensayo el cual nos indica que debe tener una temperatura de 40°C



Figura 156. Temperatura del aceite

#### 4.3.1 Comienzo de alimentación.

Tabla 17

#### Hoja de calibración del ángulo de fase

Orden de levas	1-5-3-6-2-4
De calaje angular árbol de levas (°) (+/- 0.50)	0-60-120-180-240-300

- Para realizar esta prueba se debe colocar el primer cilindro en posición de inyección. Continuar presionando F7 y seleccionar ir a posición cero.

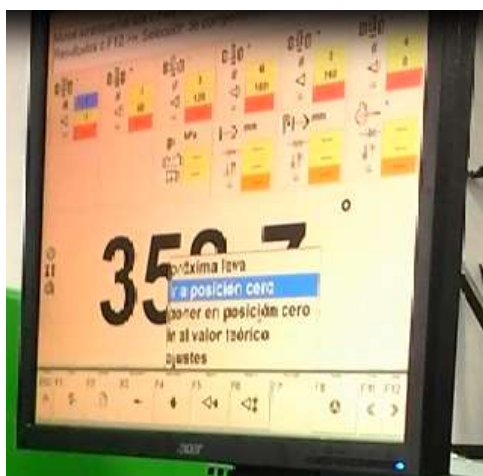
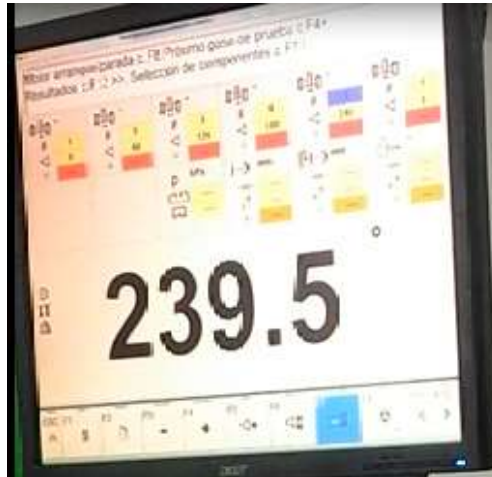


Figura 157. Opciones de F7



- Una vez que el primer cilindro se encuentra en la posición cero seleccionar próxima leva. Verificar que cada cilindro inyecta a los grados que la tabla indica como indica la figura que el cilindro 2 inyecta a los 239.5°.



**Figura 158. Inyección del cilindro número 2**

#### 4.3.2 Ajuste básico a altas revoluciones.

**Tabla 18**

##### Hoja de calibración de caudal a 700 rpm

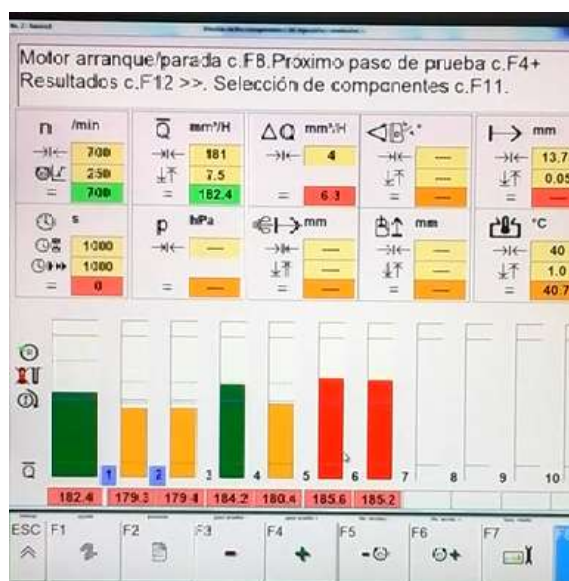
Revoluciones (rpm)	700
Carrera de regulación (mm)	13.75 (+-0.05)
Caudal alimentación (cm <sup>3</sup> ) /1000 carreras	181 (+-4)

- Desplazar la barra de regulación de la bomba de inyección desde la posición de stop en dirección a “Voll” (lleno) hasta alcanzar el recorrido de regulación prescrito en la tabla de calibración.



**Figura 159. Regulación de la palanca.**

- El caudal de suministro indicado en los valores de ensayo es el valor medio de todos los distintos caudales individuales averiguados.
- Simultáneamente tiene que no se supere la dispersión de valores admisible en las hojas de valores de ensayo.
- La dispersión designa la diferencia entre el mayor y el menor caudal suministrado.
- Una vez finalizado el ajuste básico tiene lugar la medición relacionada en las hojas de valores de ensayo, el cual nos indica que recorrido de regulación. Se observa que la cantidad inyectada en los cilindros no es la adecuada y se procede a la calibración.



**Figura 160. Medición de caudal**

- Realizar la calibración moviendo todo el elemento a la derecha o izquierda según se desee aumentar o disminuir el caudal. Según se muestra la figura.

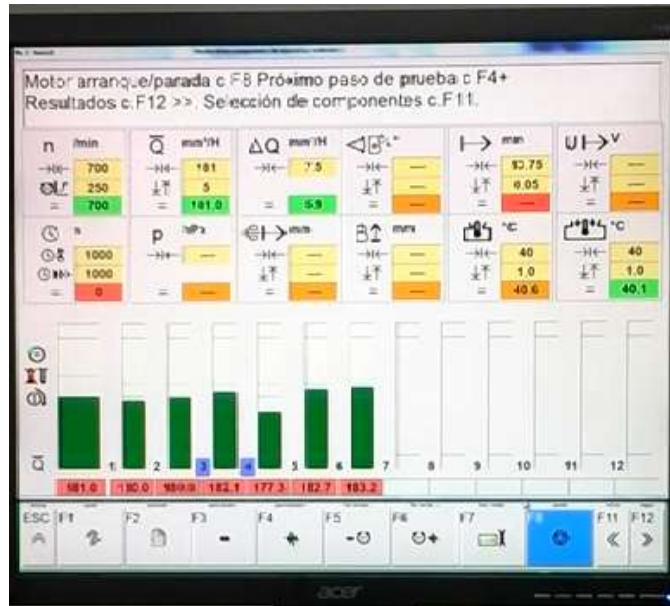


**Figura 161. Calibración de caudal**

- Si al hacerlo no se alcanza el caudal de suministro prescrito en la hoja de ensayo, pueden considerarse las siguientes causas:
  - Utilización de elementos de bomba incorrectos o que ya no estén en condiciones de uso.
  - Utilización de válvulas de presión incorrectas o que ya no estén en condiciones de uso.
  - Muelles de válvulas de presión y piezas de relleno incorrectos en los racores.
  - Ajuste incorrecto de la tensión previa de los muelles de válvulas de presión, especialmente en el caso de bombas de inyección con válvulas de presión de compensación.
- Las válvulas de presión de asimilación pueden reconocerse por el pequeño taladro, existente entre el cono de obturación y el collar de

descarga del macho de válvula. La cota de ajuste  $b$  para la tensión previa del muelle de válvulas de presión se indica en las hojas de valores de ensayo, apartado C “observaciones”.

- Sin embargo, esta cota debe entenderse únicamente como medida de ajuste previo, y el espesor exacto de la arandela colocada bajo el muelle de las válvulas de presión se averigua a través del caudal de suministro.
- Si es mayor la tensión previa del muelle, mayor será el caudal de suministro en el margen superior de revoluciones.
- Efectuar el ajuste o modificación de la tensión previa del muelle de la válvula de presión en la siguiente forma: desmontar el racor de impulsión del cuerpo de la bomba y sacar el muelle de la válvula de presión.
- Según el resultado de la medición del caudal de suministro, colocar arandelas de compensación más delgadas o más gruesas bajo el muelle de la válvula en el racor de impulsión
- Colocar una nueva junta de anillo toroidal, y depositar el muelle de la válvula sobre el macho de la válvula.
- Colocar sobre el muelle la arandela de compensación y eventualmente la pieza de relleno. Enroscar de nuevo el racor de impulsión en el cuerpo de la bomba.
- Apretar el racor según el par indicado en la siguiente tabla:
- Efectuar de nuevo el ensayo del caudal de suministro. Si es necesario, corregir de nuevo hasta alcanzar el caudal prescrito.
- Una vez realizada la prueba después de efectuar las diferentes calibraciones se observa que la cantidad de caudal inyectado es el correcto de acuerdo a los datos de la tabla de calibración.



**Figura 162. Medición de caudal aceptable**

- Para continuar con la siguiente prueba presionamos F4 (Paso de prueba)

#### 4.3.3 Ajuste básico a bajas revoluciones.

**Tabla 19**

**Hoja de calibración de caudal a 250 rpm**

Revoluciones (rpm)	250
Carrera de regulación (mm)	5.4 (+-0.1)
Caudal alimentación (cm <sup>3</sup> ) /1000 carreras	32 (+-2.5)

- Desplazar la barra de regulación de la bomba de inyección desde la posición de stop en dirección a “Voll” (lleno) hasta alcanzar el recorrido de regulación prescrito en la tabla de calibración.

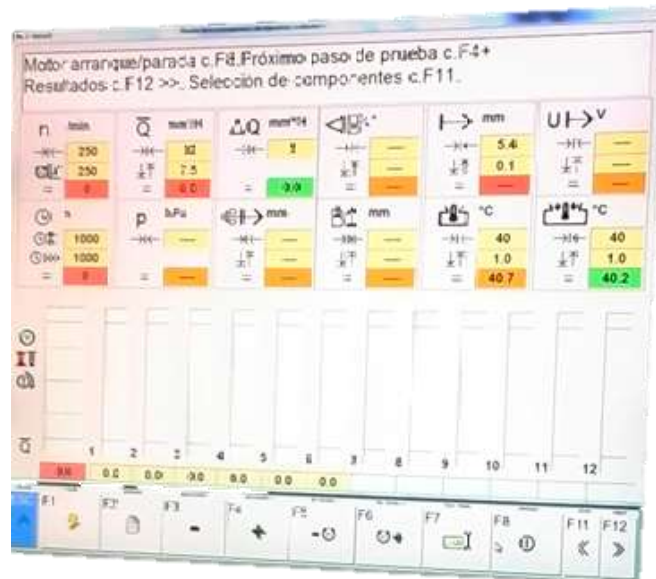


Figura 163. Prueba a 250 rpm

- Una vez finalizado el ajuste básico tiene lugar la medición relacionada en las hojas de valores de ensayo, el cual nos indica que recorrido de regulación. Se observa que la cantidad inyectada en los cilindros no es la adecuada y se procede a la calibración.

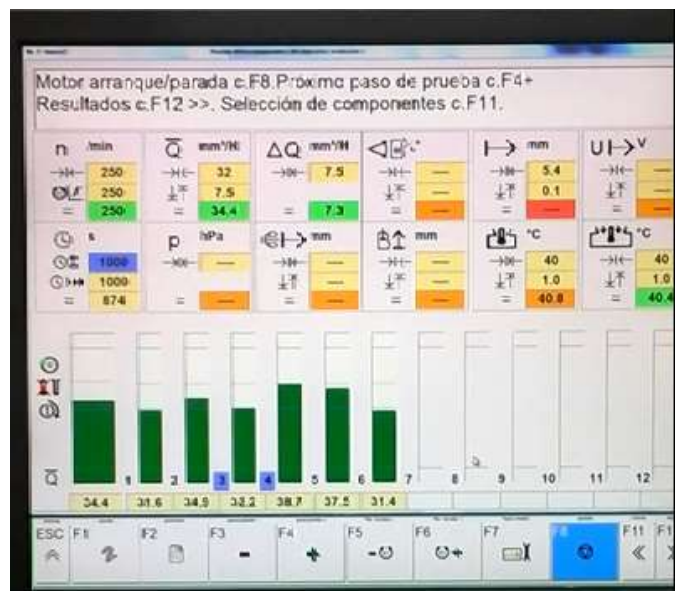


Figura 164. Medición de caudal aceptable

#### 4.3.4 Carreras de manguito

En este proceso se verifica según las revoluciones, la carrera del manguito según la tabla de calibración.

**Tabla 20**

**Hoja de calibración de recorrido del manguito**

Carreras de manguito	
Revoluciones (rpm)	Carreras de manguito (mm)
950	6.5 (+-0.2)
250	1.2 (+-0.1)
500	4.5 (+-0.4)
700	6.5 (+-0.2)
1100	7.25 (+-0.25)



**Figura 165. Medición del recorrido del manguito**

- Si la medida no es la adecuada se procede a la calibración, girando el tornillo que se encuentra en el regulado con una pinza.



**Figura 166. Calibración recorrida del manguito**

### 4.3.5 Palanca de mando régimen superior

**Tabla 21**

#### Hoja de calibración de la palanca de mando a altas rpm

Posición de palanca de mando (°)	119 (+-4)
Carrera de regulación (mm)	12.7
Revoluciones (rpm)	1165 (+-5)
Carrera de regulación (mm)	4
Revoluciones (rpm)	1255 (+-15)
Carrera de regulación (mm)	0.50 (+-0.50)
Revoluciones (rpm)	1350 (+-5)

### 4.3.6 Palanca de mando régimen inferior

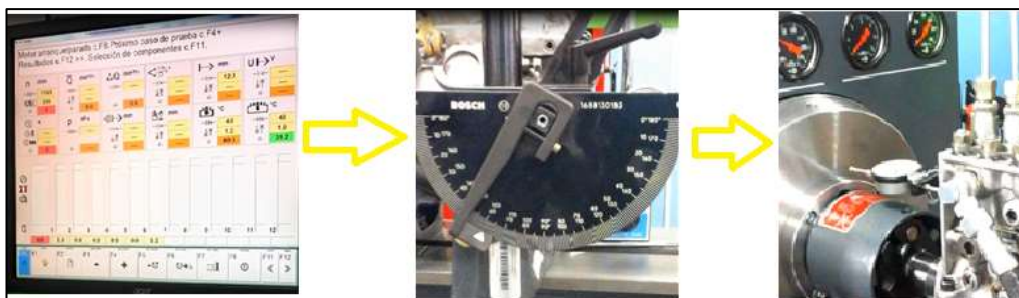
**Tabla 22**

#### Hoja de calibración de la palanca de mando a bajas rpm

Posición de palanca de mando (°)	11 (+-4)
Carrera de regulación (mm)	5.4 (+-0.1)
Revoluciones (rpm)	250
Carrera de regulación (mm)	2
Revoluciones (rpm)	375 (+-30)
Carrera de regulación (mm)	>6.8
Revoluciones (rpm)	100

- Las comprobaciones nos indica en la tabla que a tantas revoluciones nos el recorrido de la palanca de regulación debe dar cierto número de recorrido.





**Figura 167. Comprobación del recorrido de la palanca**

- Si el recorrido no es el correcto procedemos a la calibración en el tornillo de la palanca.



**Figura 168. Tornillo de calibración**

#### 4.3.7 Ralentí Inferior

**Tabla 23**

**Hoja de calibración de ralentí**

Revoluciones (rpm)	250
Caudal de alimentación (cm3)	32 (+/-4.5)

- En esta prueba se realiza la medición del caudal a ciertas revoluciones y si este caudal no es el adecuado se procede a calibrar.

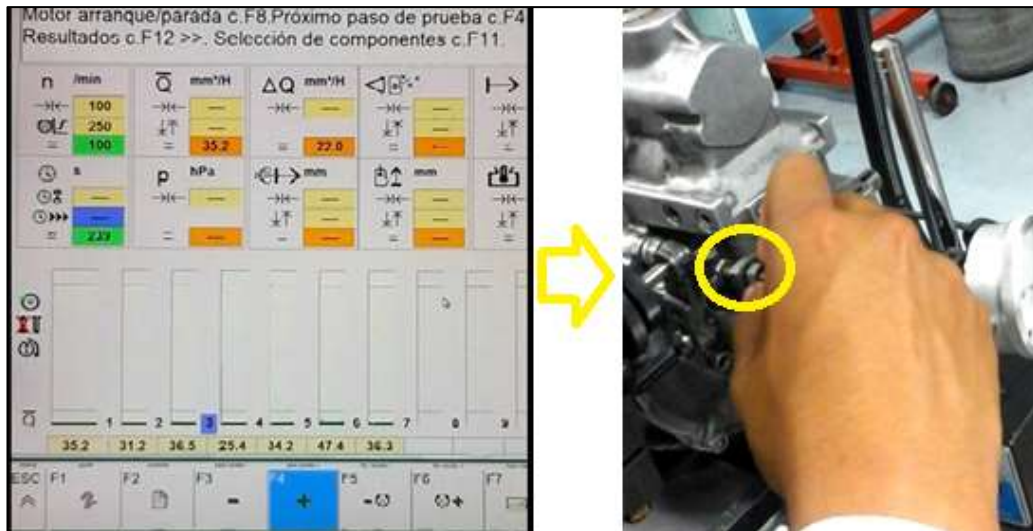


Figura 169. Tornillo de calibración ralenti

- Una vez realizada la calibración se procede a ejecutar la prueba para tomar la nueva medición.



Figura 170. Caudal de ralenti

#### 4.3.8 Plena carga en función del regulador LDA

**Tabla 24**

**Hoja de calibración de caudal en función del regulador LDA**

Revoluciones (rpm)	500
Presión (hPa)	1200
Carrera de regulación	13.75 (+-0.05)
Revoluciones (rpm)	500
Presión (hPa)	750
Carrera de regulación	3.45 (+-0.05)
Revoluciones (rpm)	500
Presión (hPa)	300
Carrera de regulación	0.85 (+-0.01)

- Para ejecutar esta prueba montar el regulador LDA.



**Figura 171. Montaje regulador**

- En la toma aire en el LDA se coloca un compresor que indique la cantidad de aire (manómetro) que es suministrado al regulador.



**Figura 172. Compresor**

- Una vez que se encuentra montado el regulador con su respectiva toma de sire se procede a ejecutar la prueba.
- Si la medida no es la adecuada procedemos a regular, esto se realiza ajustando el tornillo que se observa en la figura.



**Figura 173. Tornillo de regulación**

#### 4.3.9 Caudal plena carga

**Tabla 25**

**Hoja de calibración de plena carga**

Revoluciones (rpm)	700
Presión de carga (hPa)	1200
Caudal de alimentación (cm <sup>3</sup> )	181 (+-4)

- Ejecutar la prueba y tomar los datos obtenidos, si los valores no coinciden con los de la tabla de calibración se procede a calibrar el LDA.

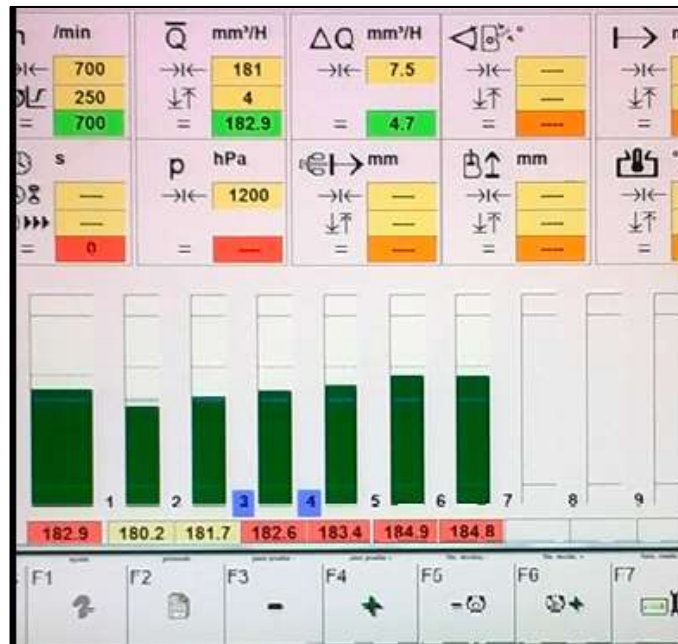


Figura 174. Caudal obtenido de la medición

#### 4.4 Preparación de la bomba de inyección lineal tipo A

- Desmontar la bomba de alimentación.
- Desmontar la tapa de la cámara del muelle.
- Cerrar el taladro abierto en la carcasa de la bomba de inyección.
- Instalar la brida de sujeción frontal.



Figura 175. Valores de comprobación

- Ajustar la bomba sobre la base principal



**Figura 176. Ajuste de la bomba en la base**

- Montar el cono de accionamiento (17 mm) del árbol de levas y ajustar al mandril del banco de calibración.



**Figura 177. Montaje del acople cónico**

- Ajustar todo el conjunto en el banco de pruebas y colocar la entrada de combustible.



**Figura 178. Montaje de la bomba**

- Llenar la cantidad de aceite lubricante según lo que especifica la siguiente tabla.

**Tabla 26**

**Cantidad de aceite en la bomba de inyección**

Bomba con regulador		Numero de cilindros de la bomba								
		2	3	4	5	6	8	10	12	
Litros	Cnt. En	RQ(v)	0.6	0.6	0.7	0.7	0.75	0.8	0.9	1.0
		RSV	0.3	0.3	0.4	0.4	0.45	0.5	0.6	0.65
		RZU	0.7	0.7	0.8	0.8	0.85	0.9	1.0	1.1
		Sin regulador	0.15	0.15	0.2	0.25	0.25	0.35	0.5	0.5

- Enroscar las tuberías de impulsión de ensayo en los racores de impulsión.



**Figura 179. Colocación de cañerías**

- Fijar en la entrada de combustible de la bomba de inyección tipo A.



**Figura 180. Entrada de combustible**

- Montar el transportador a la palanca de mando de la bomba de inyección.



**Figura 181. Montaje del graduador**

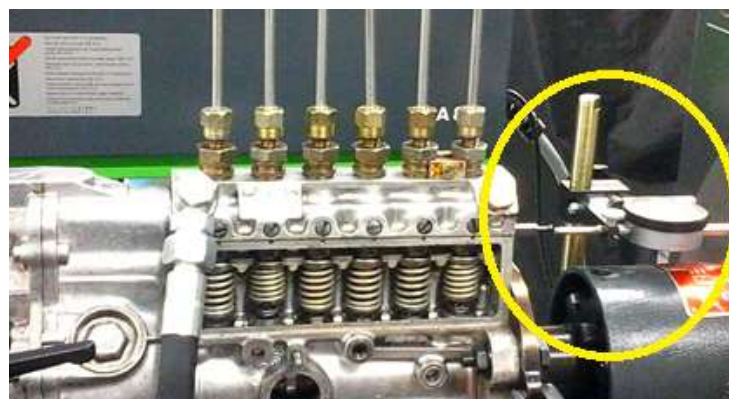
- Para asegurarse de que el accionamiento de la bomba no se bloquea, girar varias veces el árbol de levas mediante el volante del banco de pruebas, utilizando la palanca.





**Figura 182. Ajuste de la bomba en el banco**

- Abrir los tapones roscados de los tubos de rebose de todos los porta-inyectores de ensayo.
- Ajustar las cañerías a los inyectores de alta presión.
- Por los tubos de rebose de los porta-inyectores de ensayo sale aceite de ensayo, la formación de espuma inicial tiene que desaparecer. En cuanto salga aceite de ensayo sin espuma, desconectar el banco de pruebas y cerrar de nuevo los tapones roscados de los tubos de rebose.
- Montar el dispositivo de medición del recorrido de regulación correspondiente a la versión de la bomba de inyección.



**Figura 183. Montaje del reloj palpador**

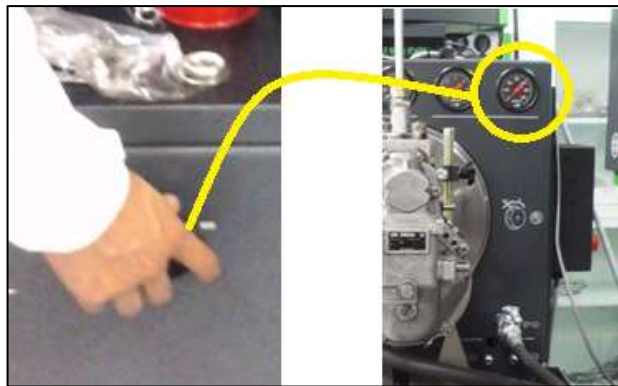
#### 4.5 Pruebas de calibración de la bomba de inyección lineal tipo A.

Para realizar las diferentes pruebas a una bomba de inyección se debe tener la hoja de calibración la cual nos facilita el programa ESI-TRONIC, este proceso de obtención de la hoja de calibración nos indica en el capítulo 4.1 correspondiente al manejo del banco de pruebas Bosch EPS 815.

Una vez adquirida la hoja de calibración podemos obtener los datos y las pruebas a realizarse según el tipo de bomba que se tiene. En el caso de la bomba lineal tipo A tenemos las siguientes pruebas:

##### 4.5.1 Ajuste básico: comprobar y ajustar

- Identificar el tipo de bomba de inyección mediante el código de la bomba localizado en la parte frontal de la bomba de inyección.
- Verificar que los tubos de rebose de todos los porta-inyectores de ensayo estén cerrados.
- Conectar el banco de pruebas para bombas de inyección.
- Ajustar la presión de la bomba de transferencia en 250 Psi.



**Figura 184. Verificación de presión**

- Accionar el calentador de aceite de ensayo el cual nos indica que debe tener una temperatura de 40°C



**Figura 185. Temperatura del aceite**

- Desplazar 12.4 mm la barra de regulación de la bomba de inyección desde la posición de stop en dirección a “Voll” (lleno).

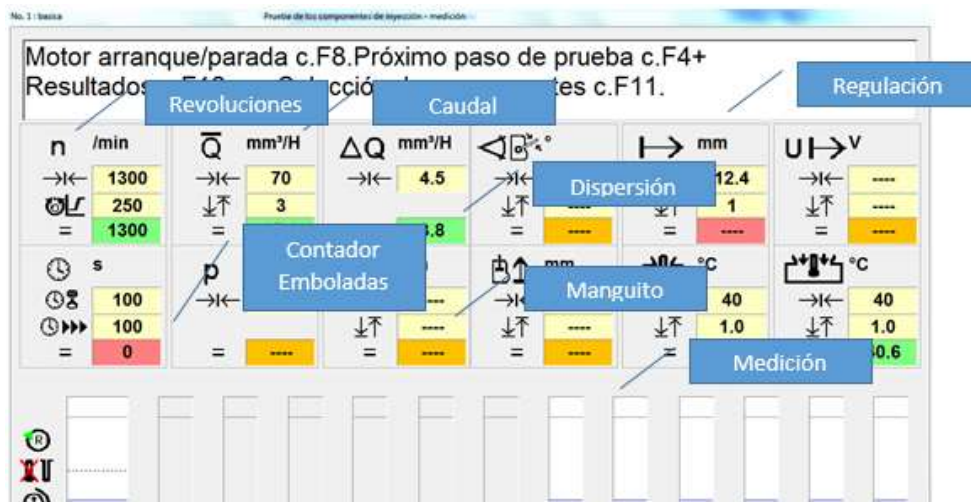
#### 4.5.2 Caudal suministrado:

**Tabla 27**

**Datos de calibración de caudal**

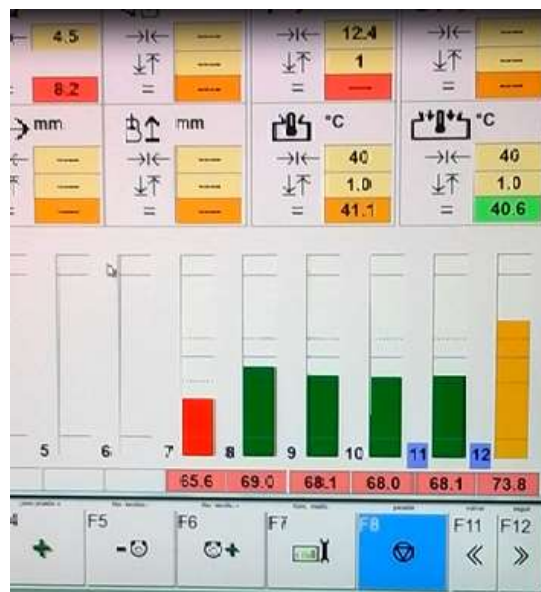
1300 (rpm)	70.5-71.5mm <sup>3</sup>
274 (rpm)	4-9mm <sup>3</sup>

- En esta prueba se debe tener un caudal de 70.5-71.5mm<sup>3</sup>, en un número de 1300 rpm. Con una tolerancia de 3 y una dispersión de 4,5. Según indica la tabla de valores de ensayo.
- El caudal de suministro indicado en los valores de ensayo es el valor medio de todos los distintos caudales individuales averiguados.
- Simultáneamente tiene que no se supere la dispersión de valores admisible en las hojas de valores de ensayo.
- La dispersión designa la diferencia entre el mayor y el menor caudal suministrado.



**Figura 186. Verificación de caudal**

- Proceder a realizar la prueba para obtener los valores de caudal que inyecta la bomba de inyección en cada una de los cilindros.



**Figura 187. Verificación de caudal**

- Si por resultar valores no admisibles como los es en el caso de los cilindros marcados de color rojo y naranja, se debe realizar una corrección del ajuste de la bomba de inyección proceder de la siguiente forma:
- Soltar el bloqueo de la barra de regulación en el dispositivo de medición del recorrido de la regulación.



**Figura 188. Palanca de regulación**

- Detenemos la prueba que se está ejecutando, apagar el giro del motor y la presión de la bomba.



**Figura 189. Encendido y apagado**

- Desplazar la barra de regulación hasta que resulte accesible la ranura de los tornillos de apriete en los piñones de regulación.
- Aflojar con el destornillador los tornillos de apriete del cilindro a corregir, y girar el casquillo de regulación con una herramienta adecuada.



**Figura 190. Calibración de caudal**

- El caudal de suministro se incrementa girando los casquillos de regulación en dirección al regulador.
- Después de corregir el ajuste, apretar de nuevo los tornillos de apriete de los piñones de regulación.
- Una vez realizada la calibración, encender el movimiento de giro del motor y la presión de aceite para ejecutar la prueba.
- Si al hacerlo no se alcanza el caudal de suministro prescrito en la hoja de ensayo, pueden considerarse las siguientes causas:
  - Utilización de elementos de bomba incorrectos o que ya no estén en condiciones de uso
  - Utilización de válvulas de presión incorrectas o que ya no estén en condiciones de uso.
  - Muelles de válvulas de presión y piezas de relleno incorrectos en los racores.
- Obtener los datos de caudales con la calibración realizada. Y verificar si son los correctos. En este caso los valores obtenidos son admisibles ya que se encuentran en color verde.

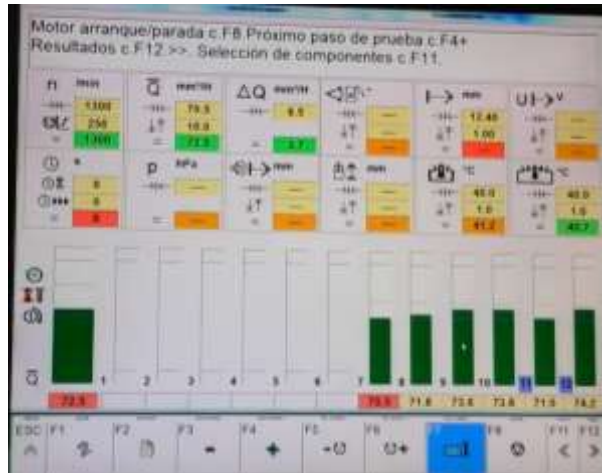


Figura 191. Caudal obtenido a 1300 rpm.

### 4.5.3 Ralentí

Tabla 28

#### Datos de calibración de ralentí

Revoluciones (rpm)	Recorrido de la palanca de regulación (mm)
275	6

- En esta prueba la tabla de calibración indica que en 275 rpm se debe tener un recorrido de 6 mm.
- Realizar la prueba para obtener los valores.



Figura 192. Recorrido cremallera

- Si los datos obtenidos no son los adecuados, procedemos a calibrar.
- Para la calibración del recorrido se tiene un tornillo de regulación el cual se lo ajusta según lo requerido.



**Figura 193. Tornillo de regulación.**

#### 4.5.4 Regulación del regulador

**Tabla 29**

**Datos de calibración de recorrido de la cremallera**

Revoluciones (rpm)	Recorrido de la palanca de regulación (mm)
700	16
1360	11,4
1450	4
1600	<1

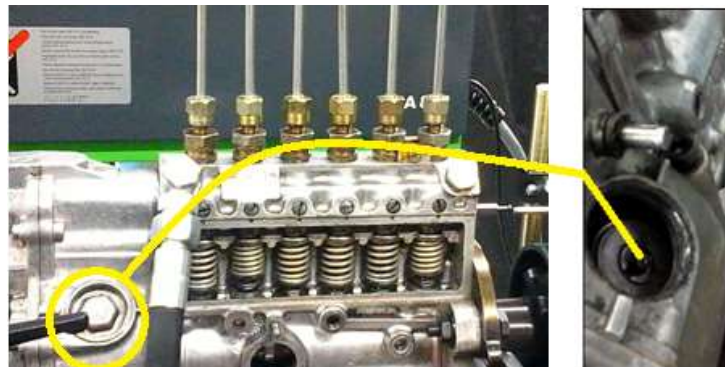
- Para el procedimiento de esta prueba simplemente la palanca de regulación debe estar a fondo y los recorridos deben dar según los datos de la hoja de calibración.





**Figura 194. Verificación del recorrido de la cremallera**

- Para esta prueba se tiene las diferentes revoluciones que indica, si en el caso que la medida no es la adecuada procedemos a calibrar en el regulador girando la parte que se indica en la figura.



**Figura 195. Calibración del recorrido de la cremallera**

## CAPÍTULO V

### MARCO ADMINISTRATIVO

#### 5.1 Recursos

Con la finalidad de llevar a cabo el proyecto de manera eficiente y organizada, se optimiza el uso de los recursos: tecnológicos, humanos, económicos y materiales que son aspectos fundamentales para la ejecución e incidencia del mismo.

##### 5.1.1 Recursos humanos.

En la ejecución del proyecto el grupo de investigación estuvo conformado por:

**Tabla 30**

##### Recurso humano

No.	NOMBRE	DETALLE
1	Ing. Germán Erazo	Director
2	Carlos Arévalo	Investigador
3	José Tejada	Investigador

##### 5.1.2 Recursos Tecnológicos

Para el cumplimiento de las metas propuestas, fue imprescindible el uso de materiales y equipos tecnológicos tales como:

**Tabla 31**

##### Recursos tecnológicos

No.	Recursos tecnológicos
1	Banco EPS 815
2	Torno
3	Fresadora
4	Software EPS 945
5	Software ESI Tronic 2016

CONTINÚA 

6	Software Solid Works 2014
7	Software Ansys 2015
8	Cámara fotográfica
9	Computador portátil

### 5.1.3 Recursos materiales

Comprende todos los elementos tangibles que se requirieron para materializar el proyecto como son:

**Tabla 32**

#### Recursos materiales

No.	Recursos materiales
1	Bomba de inyección lineal tipo A
2	Bomba de inyección lineal tipo P
3	Acero AISI 1010
4	Acero AISI 1020
5	12m de cañería para alta presión ASTM A53

### 5.2. Análisis de costos del proyecto

En la ejecución del proyecto se debe considerar, el costo total del mismo conformado con todo el equipo para poner a punto una bomba de inyección diésel tipo A y P. De acuerdo a esto se determinó la rentabilidad de la ejecución del proyecto, para representar un equipo competente frente a otros de sus mismas características técnicas. Además, este análisis sirve como parámetro para determinar un costo final en el mercado.

**Tabla 33****Costos de acople cónico**

Material	Cantidad	Unidad	Costo	Total
Acero AISI 1020	0.5	Bloque	\$50	\$25
Mano de obra	3	h	\$10	\$30
Luz eléctrica	2	kW/h	\$0.18	\$0.36
<b>Total</b>				<b>\$ 55.36</b>

**Tabla 34****Costos de brida para bomba de inyección tipo A**

Material	Cantidad	Unidad	Costo	Total
Acero AISI 1010	0.5	Bloque	\$40	\$20
Mano de obra	2	h	\$10	\$20
Luz eléctrica	1.5	kW/h	\$0.18	\$0.27
<b>Total</b>				<b>\$ 40.27</b>

**Tabla 35****Costos de base de bancada para bomba de inyección tipo P.**

Material	Cantidad	Unidad	Costo	Total
Acero AISI 1010	1	Bloque	\$40	\$40
Mano de obra	2.5	h	\$10	\$25
Luz eléctrica	2.5	kW/h	\$0.18	\$0.45
<b>Total</b>				<b>\$ 65.45</b>

**Tabla 36****Costos de cañería de alta presión**

Material	Cantidad	Unidad	Costo	Total
Cañería ASTM A53	1	m	\$15	\$15
Mano de obra	0.25	h	\$16	\$4
Luz eléctrica	0.5	kW/h	\$0.09	\$0.09
<b>Total</b>				<b>\$ 19.09</b>

**Tabla 37****Costos de levanta propulsores**

Material	Cantidad	Unidad	Costo	Total
Acero AISI 1010	0.1	bloque	\$40	\$4
Mano de obra	0.25	h	\$10	\$2.50
Luz eléctrica	0.5	kW/h	\$0.18	\$0.09
<b>Total</b>				<b>\$6.59</b>

**Tabla 38****Extractor de conjunto de masas**

Material	Cantidad	Unidad	Costo	Total
Acero AISI 1020	0.25Kg	bloque	\$50.00	\$12.50
Mano de obra	2 horas	h	\$10.00	\$20.00
Luz eléctrica	2kw-h	kW/h	\$0.18	\$0.36
<b>Total</b>				<b>\$32.86</b>

Tabla 39

## Copa para tuerca cilíndrica de masas

Material	Cantidad	Unidad	Costo	Total
Acero AISI 1020	0.25Kg	bloque	\$50.00	\$12.50
Mano de obra	2.5 horas	h	\$10.00	\$25.00
Luz eléctrica	2kw-h	kW/h	\$0.18	\$0.36
<b>Total</b>				<b>\$37.86</b>

Tabla 40

## Análisis total de costos

No.	Elemento	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1	Acople cónico	Conexión del husillo del banco de pruebas y accionamiento de la bomba	2	55.36	110.72
2	Brida para bomba de inyección tipo A	Sostienen a la bomba de inyección tipo a en la base principal de bancada	1	40.27	40.27
3	Base de bancada para bomba de inyección tipo P	Sostienen y alinea la bomba de inyección en la bancada.	2	\$65.45	130.90
4	Cañería de alta presión	Dirige el combustible desde la bomba hacia los inyectores	12	\$19.09	229.08
5	Levanta propulsores	Permite la extracción del árbol de levas	6	\$6.59	39.54
6	Extractor de conjunto de masas.	Extrae el árbol de levas del ensamble de regulador	1	\$32.86	\$32.86
7	Copa para tuerca cilíndrica de masas	Permite el ajuste y desajuste de la tuerca de fijación	1	\$37.86	\$37.86
<b>Total</b>					<b>621.23</b>

### 5.2.4 Análisis del costo – beneficio.

Al realizar el balance entre el costo económico junto con los alcances del proyecto, se evidencia que el proyecto titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ACCESORIOS PARA LA CALIBRACIÓN DE BOMBAS LINEALES TIPO A-P PARA EL BANCO DE PRUEBAS BOSCH EPS-815” ha cumplido con los objetivos ya que representa un beneficio para la comunidad como proyecto de aplicación en laboratorio de Motores como complemento para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L. Se obtuvo un equipo para la calibración de bombas de inyección con características similares a las existentes en el mercado con un valor aproximado de 621.23 dólares.

**Tabla 41**

#### Ingresos por calibración de bomba de inyección lineal.

Trabajo	Cantidad	tiempo	Precio	Total
Calibración	20 / mes	0.5 horas	\$50	\$1000

**Tabla 42**

#### Costos que influyen en la calibración de una bomba

Consumo	Costo	Total, mensual
Operador	\$ 400	\$400
Luz	\$0.36/hora	\$3.60
Aceite de ensayo	\$3.96/h	\$39.60
Adicionales repuestos	\$100	\$100
<b>Total</b>		<b>543.20</b>

La inversión en la adquisición de herramientas para la calibración de bombas de inyección lineal es de \$621.23, para la recuperación del capital invertido se resta el valor total del costo mensual obtenido para calibración del ingreso neto mensual obtenido por calibración de bombas de inyección lineal, el resultado es de \$456.80, dividiendo la inversión inicial para la ganancia mensual obtenemos que el capital invertido se recupera en 1 mes 12 días.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES.

- Se diseñó: bases de bancada, brida de sujeción, acoples cónicos, cañerías de presión que permiten la precisión en la calibración de bombas lineales tipo A-P mediante el uso del banco de pruebas Bosch EPS-815
- Se construyó: extractor de masas, copa para tuerca cilíndrica y levanta propulsores que permiten el ajuste y servicio de las bombas de inyección lineal tipo A y P.
- Se realizó pruebas de funcionamiento de comienzo de la alimentación, marcha inicial, entrega máxima de combustible, verificación de entrega de combustible a diferentes regímenes, operación, corte de combustible de las bombas de inyección lineal tipo A y P, en el banco de pruebas y se verificó el correcto funcionamiento de las mismas.
- Se desarrolló un manual de uso del banco de pruebas Bosch EPS 815 para la precisión en la calibración de bombas lineales tipo A y P.
- Se obtuvo resultados confiables de acuerdo a cada una de las hojas de calibración tanto de la bomba de inyección lineal tipo A y P.
- Se utilizó herramientas de diseño asistido por computador sometiendo a las herramientas bases y acoples a distintas condiciones de esfuerzos, obteniendo factores de seguridad entre 1.23 a 2, garantizando la confiabilidad de uso de las mismas
- Se realizó análisis de movimiento vibratorio usando técnicas de diseño en las bases de bancada para verificar el correcto funcionamiento del sistema bomba de inyección – banco de pruebas, obteniendo deformaciones máximas de  $8.23 \times 10^{-6} m$ .



## RECOMENDACIONES

- Para realizar cualquier calibración siempre debe guiarse de los valores especificados en las tablas de calibración, teniendo en cuenta el tipo de bomba de inyección.
- Diseñar y construir módulos electrónicos para la calibración de bombas y equipo de inyección de riel común CRDI, y HEUI para la complementación del banco de pruebas Bosch EPS 815.
- Diseñar y construir módulos electrónicos para la calibración de bombas y equipo de inyección electromecánicos VP37, VP44 para la complementación del banco de pruebas Bosch EPS 815.
- El ejecutar cualquier ensayo en el banco de pruebas Bosch EPS 815 debe realizarse con precaución, aplicando siempre las normas de seguridad para evitar accidentes, debido a que trabaja a altas revoluciones.
- Para mantenerle en buen estado al banco de pruebas siempre hay que brindarle un mantenimiento en cuanto al cuidado que debemos brindarle con el fin de alargar su vida y rendimiento.
- Verificar el estado en que se encuentra el aceite de pruebas para evitar daños mayores y poder alargar la vida útil del banco de pruebas Bosch.
- Al realizar el montaje de las bombas de inyección en el banco de pruebas se debe tener en cuenta que un apriete adecuado en los diferentes pernos que sujetan la bomba puede evitar accidentes.

- Para obtener información del programa ESI TRONIC se debe tener en cuenta que el computador debe estar conectado a una red de internet ya que sin este no funciona.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Shigley, J., & Mitchell, L. (2006). *Diseño en ingeniería mecánica*. México, D.F : Mc Graw Hill.

Norton, R. (2011). *"Diseño de máquinas un enfoque integrado"*. México, D.F : Pretince Hall.

Ocaña, O. A. (2000). *Tratado del Automóvil La técnica en los siglos XX-XXI*. Madrid : Dossat

Ruiz, R. (2007). *Metodología de la Investigación* (Vol. 1).

H. Gerschler, S. (2000). *Tecnología del automóvil GTZ*. Barcelona: Reverté, S. A., Barcelona: Reverté.

Robert L. Mott, P. (2006). *Diseño de elementos de maquinas*. México, D.F: Pretince Hall.

De Castro, M. V. (2001). *El motor diésel en el automóvil*. Barcelona: Ceac  
BOSCH.(2015). *Sistemas Modernos de Inyección a Diésel* .  
*Boschautopartes*. México, D.F: Ceac.

Torres, P., & Pons. (2002). *Mecánica Vehículos Pesados, Manual de enseñanza programada*. Madrid: PONS.

Analuca, W., & Sangucho, C. (2013). *"Diseño y construcción de un sistema de simulación, diagnóstico y comprobación de sistemas de alimentación de combustible para inyector diesel electrónicos h.e.u.i"*. Latacunga: Universidad de Las Fuerzas Armadas.

Bosch Corporation. (2010). "Manual del Banco EPS 815". Alemania : Bosch

Bosch Corporation. (2016). ESI tronic. Alemania.

Bosch Corporation. (2016). ESI TRONIC 2016. Alemania.

Herrera Loy, L. C. (2012). Concepción, diseño y selección, de equipamiento tecnológico para taller de comprobación y reparación de bombas de inyección e inyectores, en la empresa militar industrial, coronel, “Francisco Aguiar Rodríguez”.

Robert Bosch Bmbh. (2007). Descripción de programa EPS 945-PE/VE/CR. Alemania : Bosch

Robert Bosch Ltda. (s.f.). Sistemas de Inyección Diésel. *Inyeccion Diesel*. Brasil : Bosch.

Robert, Bosch. (s.f.). *Banco de comprobación de componentes EPS 815*. Obtenido de [http://es-ww.bosch-automotive.com/es/internet/ww/products\\_workshopworld/testing\\_equipment\\_products/diesel\\_system\\_testing\\_testingequipment\\_products/eps\\_815/eps\\_815\\_dieselsystem\\_testingequipment\\_products\\_workshopworld.html](http://es-ww.bosch-automotive.com/es/internet/ww/products_workshopworld/testing_equipment_products/diesel_system_testing_testingequipment_products/eps_815/eps_815_dieselsystem_testingequipment_products_workshopworld.html), (Revisado el: 20 de mayo del 2016 )

Sunny Steel Enterprise Ltd. (s.f.). *Sunny Steel Enterprise Ltd*. Obtenido de <http://www.sunnysteel.com/espanol/ASTM-A53-especificaciones-estandar.php#.VzCycFL8YQs>, (Revisado el: 26 de mayo del 2016 )

Castrol. (19 de 11 de 2010). Obtenido de [http://msdspds.castrol.com/bpglis/FusionPDS.nsf/Files/2AF8D13D25BFB750802577E0005BB19F/\\$File/BPXE-8BGMVA\\_0.pdf](http://msdspds.castrol.com/bpglis/FusionPDS.nsf/Files/2AF8D13D25BFB750802577E0005BB19F/$File/BPXE-8BGMVA_0.pdf), (Revisado el: 10 de junio del 2016 )

## **ANEXOS**

## ANEXO A Listado de accesorios y herramientas bomba tipo P

### Accesorios y herramientas para la bomba de inyección tipo P

Empujadores



Extractor



Acople cónico



Llave de dado para racor



CONTINÚA →

Llave para extraer la tuerca del regulador



Manómetro regulable



Bases de la bomba



## ANEXO B Listado de accesorios y herramientas bomba tipo A

Accesorios y herramientas para la bomba de inyección tipo A	
Brida para acoplamiento	
Herramienta para sujetar los muelles	
Extractor	
Llave para extraer la tuerca del regulador	

CONTINÚA 



Acople cónico



③ **Valores de Ensayo  
Bombas de Inyección  
y Reguladores**

**40**

MPP 001/4 OMB 8,1 a  
2. Edición

**Testoil-ISO 4113**

PES 6 A 90 D 410 RS 2494 RQ 275/1300 AB 1034 OL  
Komb.-Nr. 0 400 846 426

Sustituye 5.81  
Empresa OM-Brescia  
Motor 8360.05.291  
103 kW

Todos los valores de ensayo son válidos únicamente para bancos de pruebas de bombas de inyección Bosch y para aparatos de ensayo Bosch

**A. Regulación de la bomba de inyección**

Comienzo del suministro para carrera improductiva 2,15-2,25 mm (a partir de) 9,0-12,0 mm

Numero de revolución r.p.m.	Recorrido de regulación mm	Caudal suministrado cm <sup>3</sup> /100 carreras	Diferencia cm <sup>3</sup> /100 carreras	Recorrido de regulación mm	Caudal suministrado cm <sup>3</sup> /100 carreras	Fuerza inicial de muelle (válvula de aspiración) mm
1	2	3	4	5	6	7
1300	12,4±0,1	7,05 - 7,15	0,3(0,45)			
275	8,3-8,5	0,4 - 0,9	0,2(0,4)			

Ajustar suministro uniforme según los valores en los recuadros

**B. Regulación del regulador**

Comprobación del colchon		Regulación final				Regulación de valores				Asimilación	
r.p.m.	Recorrido de regulación mm	Punto de ajuste r.p.m.	Recorrido de reg mm	Valores de ensayo r.p.m.	Recorrido de regulación mm	Punto de ajuste r.p.m.	Recorrido de reg mm	Valores de ensayo r.p.m.	Recorrido de regulación mm	r.p.m.	Recorrido de regulación mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
700	15,6-16,4	700	6,0	11,4 4,0 1600	1345-1360 1450-1480 0 - 1,0	275	6,0	100 275 465-605±2,0mm 600 max. 1,0	min. 7,5 5,9-6,1	1300 810 710 600	12,4±0,1 12,6±0,3 13,3±0,1 13,4±0,2

Recorrido de asimilación del conjunto masas rotantes cota a 0,4 mm Corte del caudal p345 - 1360 min<sup>-1</sup> Recorrido de regulación 1 mm en las cotas

**C. Regulación de la bomba de inyección con regulador adosado**

Caudal de plena carga en la palanca de mando del regulador (Temperatura del aceite de ensayo 40°)		Topo de la vavita de regulación	Variación del caudal suministrado		Caudal de arranque	
r.p.m.	cm <sup>3</sup> /1000 carreras	r.p.m.	r.p.m.	cm <sup>3</sup> /1000 carreras	r.p.m.	cm <sup>3</sup> /1000 carreras
1	2	3	4	5	6	7
1300	70,5 - 71,5 (68,5 - 73,5)	500	700 500	71,5 - 74,5 (69,5 - 76,5) 65,5 - 68,5 (63,5 - 70,5)	-	-

Valores de comprobación entre paréntesis

5.84

VALORES DE ENSAYO EP BOSCH

Atender a indic. en columna observac.

Observar las informaciones de servicio resp. indicaciones de ensayo y ajuste. Ver microficha(s) W400/...

Edición : 26.03.97  
Aceite de ensayo : ISO 4113

Num. combinacion : 9 400 087 436

Bomba de inyeccion  
Designacion bomba : PE6P110A320RS310RV  
Num. de tipo EP : 0 411 816 737

Regulador  
Desig. regulador : RQV250...110DPA1120  
Num. tipo regul. : 9 420 080 364

Num. del cliente : 8133051

Indicaciones especificas de cliente  
Cliente : VOLVO-TRUCK  
Motor : THD 101 KC  
Potencia cigñenal : 228.0

CONDICIONES BANCO DE ENSAYO

Tuberia afluencia : 3.1

Temp. entrada  
aceite de ensayo : 40  
°C : ± 2.0

Valvula de rebosa : 1 417 413 025

Pres. entrada bar : 1.5

Combinacion porta-  
inyectores de  
ensayo : 0 681 343 009

Presion de  
apertura bar : 173.5  
Tolerancia bar : ± 1.5

Tuberia impulsión  
ensayo : 1 680 750 015

Diámetro exterior : 6.0

D21

x : 3.0  
x longitud mm : 600

OBSERVACIONES

(A) VALORES DE AJUSTE BOMBA INYECCIE  
Ajustar valores \_\_\_\_\_ no subreya  
dos de alimentacion uniforme

COMIENZO DE ALIMENTACION

Pres. ensayo bar : 26.0  
Tolerancia bar : ± 1.0

Carrera previa  
(Desde PMI) mm : 3.05  
Tolerancia mm : ± 0.05  
Tolerancia  
verificacion mm : ± 0.10  
Carrera regulac.  
mm : 10.50  
Tolerancia mm : ± 1.50

Orden de Levas : 1- 5- 3- 6- 2-  
: 4

Decalaje angular  
comienzo alimenta  
\* arbol levas : 0-60-120-180-240  
Tolerancia \* : ± 0.50  
Toler. comprobac.  
\* arbol de levas : ± 0.75

AJUSTE BASICO

Régimen 1/min : 700

Carrera regulac.  
mm : 13.75  
Tolerancia mm : ± 0.05

Caudal alim.  
cm<sup>3</sup>/1000 carreras : 181.0

Tolerancia  
cm<sup>3</sup>/1000 carreras : ± 1.0

Tolerancia compr.  
cm<sup>3</sup>/1000 carrera : ± 4.0

Dispersión

Tolerancia  
cm<sup>3</sup>/1000 carreras : 4.0

Tolerancia compr.  
cm<sup>3</sup>/1000 carrera : 7.5

Régimen 1/min : 250  
Carrera regulac.  
mm : 5.40  
Tolerancia mm : ± 0.10  
Caudal alim.  
cm<sup>3</sup>/1000 carreras : 32.0  
Tolerancia  
cm<sup>3</sup>/1000 carreras : ± 2.5  
Tolerancia compr.  
cm<sup>3</sup>/1000 carrera : ± 5.0  
Dispersión  
Tolerancia  
cm<sup>3</sup>/1000 carreras : 4.5  
Tolerancia compr.  
cm<sup>3</sup>/1000 carrera : 7.5

(B) VAL. DE AJUSTE BOMBA INYECCION  
CON REGULADOR INTEGRADO

#### CARRERAS DE MANGUITO

Régimen 1/min : 950  
carreras de  
manguito mm : 6.50  
Tolerancia mm : ± 0.20

Régimen 1/min : 250  
carreras de  
manguito mm : 1.20  
Tolerancia mm : ± 0.10

Régimen 1/min : 500  
carreras de  
manguito mm : 4.50  
Tolerancia mm : ± 0.40

Régimen 1/min : 700  
carreras de  
manguito mm : 6.50  
Tolerancia mm : ± 0.20

Régimen 1/min : 1100  
carreras de  
manguito mm : 7.25  
Tolerancia mm : ± 0.25

#### POSICION DE MANGUITO

022

posición de  
palanca de mando  
grad. : - 1  
Régimen 1/min : 1175  
Carrera regulac.  
mm : 16.50  
Tolerancia mm : ± 1.30

#### CAUD. PLENA CARGA EN TOPE PLENA CARGA

Régimen 1/min : 700  
Presión carga hPa : 1200  
Caudal alim.  
cm<sup>3</sup>/1000 carreras : 181.0  
Tolerancia  
cm<sup>3</sup>/1000 carreras : ± 1.0  
Tolerancia compr.  
cm<sup>3</sup>/1000 carrera : ± 4.0  
Dispersión  
Tolerancia  
cm<sup>3</sup>/1000 carreras : 4.0  
Tolerancia compr.  
cm<sup>3</sup>/1000 carrera : 7.5

#### PALANCA DE MANDO

posición de  
palanca de mando  
grad. : 65.0  
tolerancia grad. : ± 4.0  
posición de  
palanca de mando  
grad. : 119.0  
tolerancia grad. : ± 4.0

REGIMEN NOMINAL SUPERIOR  
carr. regulac. mm : 12.70  
Régimen 1/min : 1165  
Tolerancia 1/min : ± 5

carr. regulac. mm : 4.00  
Régimen 1/min : 1255  
Tolerancia 1/min : ± 15

carr. regulac. mm : 0.50  
Tolerancia mm : ± 0.50  
Régimen 1/min : 1350

#### REGIMEN NOMINAL INFERIOR

posición de  
palanca de mando  
grad. : 64.0  
tolerancia grad. : ± 4.0

posicion de  
palanca de mando  
grad. : 11.0  
tolerancia grad. : ± 4.0

Ensayo:

Régimen 1/min : 250  
carr. regulac. mm : 5.40  
Tolerancia mm : ± 0.10

carr. regulac. mm : 2.00  
Régimen 1/min : 375  
Tolerancia 1/min : ± 30

Régimen 1/min : 100  
Recorrido de re-  
gulation mm mín. : > 6.80

COMPENSACION

Régimen 1/min : 700  
carr. regulac. mm : 13.75  
Tolerancia mm : ± 0.05

Ensayo mando tope plena carga en fun-  
cion presien de carga (LDA,ADA,ALDA)

AJUSTE

Régimen 1/min : 500  
Presion hPa : 1200  
carr. regulac. mm : 13.75  
Tolerancia mm : ± 0.05

Presion hPa : -  
Régimen 1/min : 500

MEDICION

Régimen 1/min : 500

Presion hPa : 750  
carr. regulac. mm : 3.45  
Tolerancia mm : ± 0.05

Presion hPa : 300  
carr. regulac. mm : 0.85  
Tolerancia mm : ± 0.15

Bloqueo de arranque

CURVA CAUDAL ALIMENTACION

D23

Presion carga hPa : -  
Régimen 1/min : 700  
Caudal alim.  
cm<sup>3</sup>/1000 carreras : 107.0  
Tolerancia  
cm<sup>3</sup>/1000 carreras : ± 1.0  
Tolerancia compr.  
cm<sup>3</sup>/1000 carrera : ± 4.0

CAUDAL DE ARRANQUE




Régimen 1/min : 100  
carr. regulac. mm : 20.50  
Tolerancia mm : ± 0.50  
Caudal alim.  
cm<sup>3</sup>/1000 carreras : 170.0  
Tolerancia  
cm<sup>3</sup>/1000 carreras : ± 10.0  
Tolerancia compr.  
cm<sup>3</sup>/1000 carrera : ± 14.0

RALENTI INFERIOR

Régimen 1/min : 250  
Caudal alim.  
cm<sup>3</sup>/1000 carreras : 32.0  
Tolerancia  
cm<sup>3</sup>/1000 carreras : ± 2.5  
Tolerancia compr.  
cm<sup>3</sup>/1000 carrere : ± 5.0  
Dispersien  
Tolerancia  
cm<sup>3</sup>/1000 carreras : 4.5  
Tolerancia compr.  
cm<sup>3</sup>/1000 carrera : 7.5

Fin de hoja de valores de comprobacion

## ANEXO D Resultados de las pruebas realizadas en el banco de pruebas Bosch

 <b>BOSCH</b>	<b>EPS945</b>	V 3.84	10.05.2016 10:54:45 prueba general
Cliente	Centro de peritación		
Número de cliente			
Número de pedido			
Teléfono			
Fax			
comentario	verificador		
Número de tipo-pieza	Fórmula de tipo	direcc. giro	compensación
<b>0400846426</b>	<b>PES6A90D410RS2494</b>		
Fabricante	Componente	Tipo	temperatura
<b>Bosch</b>	<b>PE</b>	<b>Mecánico</b>	<b>40 °C</b>
porta-iny.ensayo	Tubo pres.ensayo	fecha modificac.	No.equipo prueba
		<b>06.05.2016</b>	
queja			
resultado			
comentario			
# 1	AJUS.BOMBA		Medic. ángulo
	FASE		
# 2	BASICO		Aforo
	CALIBRACION BASICA		
# 3	BASICO		Aforo
	AJUSTE BASICO		
# 4	REGULADOR		Aforo
			
# 5	RALENTI		Aforo
			

ANALISIS: la bomba de inyección lineal PES6A90D410RS2494 está en condiciones óptimas para su uso en un automotor.



Cliente

Centro de peritación

Número de cliente  
Número de pedido  
Teléfono  
Fax  
comentario

verificador

Número de tipo-pieza <b>0411816737</b>	Fórmula de tipo <b>PE6P110A320RS3108V</b>	direcc. giro 	compensación 
Fabricante <b>Bosch</b>	Componente <b>PE</b>	Tipo <b>Mecánico</b>	sitio regulac 
porta-iny.ensayo	Tubo pres.ensayo	fecha modificac. <b>04.05.2016</b>	temperatura <b>40 °C</b>
			No.equipo prueba

queja

resultado

comentario

# 1 COMALIM Medic. ángulo

# 2 AJUST BASIC Aforo

<b>n</b> /min	°C	mm	<b>U &gt;</b> V	mm	<b>p</b> hPa	<b>p</b> kPa	s
→ ← 700	→ ← 40.0	→ ← ---	→ ← ---	→ ← ---	→ ← ---	→ ← ---	→ ← 0
250	↓↗ 1.0	↓↑ ---	↓↑ ---	↓↑ ---	= ---	---	0
= 700	= 34.7	= ---	= ---	= ---	= ---	= ---	= 62
<b>Q̄</b> mm³/H	<b>ΔQ</b> mm³/H	<b>∠α</b> °	<b>l &gt;</b> mm	<b>#</b> mm³/H	<b>#</b> mm³/H	<b>#</b> mm³/H	<b>#</b> mm³/H
→ ← 181.0	→ ← 5.0	→ ← ---	→ ← 13.75	Q1 = 181.2	Q2 = 184.6	Q3 = 177.6	Q4 = 179.3
↓↑ 7.5	= 9.0	↓↑ ---	↓↑ 1.00	Q5 = 179.7	Q6 = 175.6	Q7 = ---	Q8 = ---
= 179.7	= 9.0	= ---	= ---	Q9 = ---	Q10 = ---	Q11 = ---	Q12 = ---

# 3 AJUST BASIC2 Aforo

<b>n</b> /min	°C	mm	<b>U &gt;</b> V	mm	<b>p</b> hPa	<b>p</b> kPa	s
→ ← 250	→ ← 40.0	→ ← ---	→ ← ---	→ ← ---	→ ← ---	→ ← ---	→ ← 0
250	↓↗ 1.0	↓↑ ---	↓↑ ---	↓↑ ---	= ---	---	0
= 250	= 39.4	= ---	= ---	= ---	= ---	= ---	= 94

**RESULTADOS:** la bomba de inyección lineal PE6P110A320RS3108 tiene deficiencia en la dispersión de caudal dando como resultado dispersión de 9 se recomienda revisar el estado de las válvulas de la bomba de inyección.

**BOSCH**

EPS945

V 3.84

04.05.2016 13:37:30  
prueba general

Número de tipo-pieza		Fórmula de tipo		direcc. giro		compensación	
<b>0411816737</b>		<b>PE6P110A320RS3108V</b>					
Fabricante	Componente	Tipo		sitio regulac.		temperatura	
<b>Bosch</b>	<b>PE</b>	<b>Mecánico</b>				<b>40 °C</b>	
porta-iny.ensayo	Tubo pres.ensayo		fecha modificac.		No.equipo prueba		
				<b>04.05.2016</b>			

$\bar{Q}$	mm <sup>3</sup> /H	$\Delta Q$	mm <sup>3</sup> /H	$\angle \alpha$	°	$\rightarrow$	mm	#	mm <sup>3</sup> /H	#	mm <sup>3</sup> /H	#	mm <sup>3</sup> /H	#	mm <sup>3</sup> /H
$\rightarrow$	32.0	$\rightarrow$	4.5	$\rightarrow$	---	$\rightarrow$	7.40	Q1 =	35.5	Q2 =	43.0	Q3 =	35.5	Q4 =	32.9
$\downarrow$	3.5			$\downarrow$	---	$\downarrow$	1.00	Q5 =	34.0	Q6 =	31.1	Q7 =	---	Q8 =	---
=	35.3	=	<b>11.9</b>	=	---	=	---	Q9 =	---	Q10 =	---	Q11 =	---	Q12 =	---

#	5	MANGUITO 2		Aforo
#	6	MANGUITO 3		Aforo
#	7	MANGUITO 4		Aforo
#	8	MANGUITO 5		Aforo

n	/min	$\angle \alpha$	°C	$\rightarrow$	mm	UI	V	$\rightarrow$	mm	p	hPa	p	kPa	$\rightarrow$	s
$\rightarrow$	1100	$\rightarrow$	40.0	$\rightarrow$	---	$\rightarrow$	---	$\rightarrow$	7.25	$\rightarrow$	---	$\rightarrow$	---	$\rightarrow$	---
$\downarrow$	250	$\downarrow$	1.0	$\downarrow$	---	$\downarrow$	---	$\downarrow$	0.30	$\downarrow$	---	$\downarrow$	---	$\downarrow$	---
=	1099	=	40.2	=	---	=	---	=	<b>7.80</b>	=	---	=	---	=	27

$\bar{Q}$	mm <sup>3</sup> /H	$\Delta Q$	mm <sup>3</sup> /H	$\angle \alpha$	°	$\rightarrow$	mm	#	mm <sup>3</sup> /H	#	mm <sup>3</sup> /H	#	mm <sup>3</sup> /H	#	mm <sup>3</sup> /H
$\rightarrow$	---	$\rightarrow$	---	$\rightarrow$	---	$\rightarrow$	---	Q1 =	0.0	Q2 =	0.0	Q3 =	0.0	Q4 =	0.0
$\downarrow$	---			$\downarrow$	---	$\downarrow$	---	Q5 =	0.0	Q6 =	0.0	Q7 =	---	Q8 =	---
=	0.0	=	0.0	=	---	=	---	Q9 =	---	Q10 =	---	Q11 =	---	Q12 =	---

#	9	CAUDAL PLEN		Aforo
---	---	-------------	--	-------

n	/min	$\angle \alpha$	°C	$\rightarrow$	mm	UI	V	$\rightarrow$	mm	p	hPa	p	kPa	$\rightarrow$	s
$\rightarrow$	700	$\rightarrow$	40.0	$\rightarrow$	---	$\rightarrow$	---	$\rightarrow$	---	$\rightarrow$	1200	$\rightarrow$	150.0	$\rightarrow$	0
$\downarrow$	250	$\downarrow$	1.0	$\downarrow$	---	$\downarrow$	---	$\downarrow$	---	$\downarrow$	---	$\downarrow$	---	$\downarrow$	0
=	700	=	40.2	=	---	=	---	=	---	=	---	=	---	=	54

$\bar{Q}$	mm <sup>3</sup> /H	$\Delta Q$	mm <sup>3</sup> /H	$\angle \alpha$	°	$\rightarrow$	mm	#	mm <sup>3</sup> /H	#	mm <sup>3</sup> /H	#	mm <sup>3</sup> /H	#	mm <sup>3</sup> /H
$\rightarrow$	181.0	$\rightarrow$	4.5	$\rightarrow$	---	$\rightarrow$	---	Q1 =	182.7	Q2 =	186.8	Q3 =	182.7	Q4 =	178.4
$\downarrow$	7.5			$\downarrow$	---	$\downarrow$	---	Q5 =	182.2	Q6 =	181.0	Q7 =	---	Q8 =	---
=	182.3	=	<b>8.4</b>	=	---	=	---	Q9 =	---	Q10 =	---	Q11 =	---	Q12 =	---

**RESULTADOS:** la bomba de inyección lineal PE6P110A320RS3108 tiene deficiencia en la dispersión de caudal dando como resultado dispersión de 9 se recomienda revisar el estado de las válvulas de la bomba de inyección.





Número de tipo-pieza		Fórmula de tipo		direcc. giro		compensación	
<b>0411816737</b>		<b>PE6P110A320RS3108V</b>					
Fabricante	Componente	Tipo		sitio regulac		temperatura	
<b>Bosch</b>	<b>PE</b>	<b>Mecánico</b>				<b>40 °C</b>	
porta-iny.ensayo	Tubo pres.ensayo			fecha modificac.	No.equipo prueba		
				<b>04.05.2016</b>			

#	10	REG SUP 1			Aforo										
<b>n</b>	/min		°C		mm		V		mm	<b>p</b>	hPa	<b>p</b>	kPa		s
	1165		40.0		---		---		---		---		---		---
	250		1.0		---		---		---		---		---		---
	1165		40.3		---		---		---		---		---		47
<b>Q</b>	mm³/H	<b>ΔQ</b>	mm³/H	<b>α</b>	°	<b>I</b>	mm	<b>#</b>	mm³/H	<b>#</b>	mm³/H	<b>#</b>	mm³/H	<b>#</b>	mm³/H
	---		---		---		12.70	<b>Q1 =</b>	<b>0.0</b>	<b>Q2 =</b>	<b>0.0</b>	<b>Q3 =</b>	<b>0.0</b>	<b>Q4 =</b>	<b>1.5</b>
	---		---		---		1.00	<b>Q5 =</b>	<b>0.0</b>	<b>Q6 =</b>	<b>0.0</b>	<b>Q7 =</b>	---	<b>Q8 =</b>	---
	0.3		1.5		---		<b>11.60</b>	<b>Q9 =</b>	---	<b>Q10 =</b>	---	<b>Q11 =</b>	---	<b>Q12 =</b>	---
#	11	REG SUP 2			Aforo										
#	12	REG SUP 3			Aforo										
#	13	REG INF 1			Aforo										
#	14	REG INF 2			Aforo										
#	15	REG INF 3			Aforo										
#	16	COMPENSAC			Aforo										
#	17	CAUDAL ARR			Aforo										
<b>n</b>	/min		°C		mm		V		mm	<b>p</b>	hPa	<b>p</b>	kPa		s
	100		40.0		---		---		---		---		---		---
	250		1.0		---		---		---		---		---		---

RESULTADOS: la bomba de inyección lineal PE6P110A320RS3108 tiene deficiencia en el recorrido de la regulación se recomienda revisar estado del conjunto de masas o contrapesas.

**BOSCH**

EPS945

V 3.84

04.05.2016 13:37:30  
prueba general

Número de tipo-pieza		Fórmula de tipo		direcc. giro		compensación									
<b>0411816737</b>		<b>PE6P110A320RS3108V</b>													
Fabricante		Componente		sitio regulac		temperatura									
<b>Bosch</b>		<b>PE</b>				<b>40 °C</b>									
porta-iny.ensayo		Tubo pres.ensayo		fecha modificac.		No.equipo prueba									
				<b>04.05.2016</b>											
=	100	=	40.5	=	---	=	---	=	57						
$\bar{Q}$	mm <sup>3</sup> /H	$\Delta Q$	mm <sup>3</sup> /H	$\angle \alpha$	°	$\rightarrow$	mm	#	mm <sup>3</sup> /H	#	mm <sup>3</sup> /H	#	mm <sup>3</sup> /H	#	mm <sup>3</sup> /H
$\rightarrow$	170.0	$\rightarrow$	14.0	$\rightarrow$	---	$\rightarrow$	20.50	Q1 =	84.1	Q2 =	114.1	Q3 =	141.9	Q4 =	131.7
$\downarrow$	14.0	$\downarrow$	---	$\downarrow$	---	$\downarrow$	1.00	Q5 =	161.2	Q6 =	137.6	Q7 =	---	Q8 =	---
=	<b>128.4</b>	=	<b>77.1</b>	=	---	=	---	Q9 =	---	Q10 =	---	Q11 =	---	Q12 =	---
#	18	RALENTI INF				Aforo									
$n$	/min	$\rightarrow$	°C	$\downarrow$	mm	$\rightarrow$	V	$\rightarrow$	mm	$\rightarrow$	hPa	$\rightarrow$	kPa	$\rightarrow$	s
$\rightarrow$	250	$\rightarrow$	40.0	$\rightarrow$	---	$\rightarrow$	---	$\rightarrow$	---	$\rightarrow$	---	$\rightarrow$	---	$\rightarrow$	---
$\downarrow$	250	$\downarrow$	1.0	$\downarrow$	---	$\downarrow$	---	$\downarrow$	---	$\downarrow$	---	$\downarrow$	---	$\downarrow$	---
=	250	=	40.5	=	---	=	---	=	---	=	---	=	---	=	48
$\bar{Q}$	mm <sup>3</sup> /H	$\Delta Q$	mm <sup>3</sup> /H	$\angle \alpha$	°	$\rightarrow$	mm	#	mm <sup>3</sup> /H	#	mm <sup>3</sup> /H	#	mm <sup>3</sup> /H	#	mm <sup>3</sup> /H
$\rightarrow$	32.0	$\rightarrow$	5.0	$\rightarrow$	---	$\rightarrow$	---	Q1 =	32.9	Q2 =	40.4	Q3 =	33.5	Q4 =	31.0
$\downarrow$	7.5	$\downarrow$	---	$\downarrow$	---	$\downarrow$	---	Q5 =	33.5	Q6 =	33.1	Q7 =	---	Q8 =	---
=	34.1	=	<b>9.4</b>	=	---	=	---	Q9 =	---	Q10 =	---	Q11 =	---	Q12 =	---

RESULTADOS: la bomba de inyección lineal PE6P110A320RS3108 tiene deficiencia en el caudal de arranque se recomienda revisar el estado de los elementos de bombeo.

## ANEXO E Planos de herramientas



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el siguiente trabajo fue desarrollado por el Sr. Carlos Daniel Arévalo Rocha y el Sr. José Raúl Tejada Cruz bajo nuestra supervisión.

Ing. Germán Erazo  
Director del Proyecto

Ing. Danilo Zambrano  
Director de Carrera

Dr. Juan Díaz  
Secretario Académico