

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Mecánico Automotriz*

PROYECTO TÉCNICO:

**“DIAGNÓSTICO DEL MOTOR HYUNDAI D4BH MEDIANTE
DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL SISTEMA DE INYECCIÓN
PARA EL MEJORAMIENTO DEL RENDIMIENTO Y
DISMINUCIÓN DE OPACIDAD”**

AUTORES:

ANDRÉS GUSTAVO HEREDIA PACHECO
WLADIMIR ALEXANDER CHALAN CASTILLO

TUTOR:

ING. LAURO FERNANDO BARROS FAJARDO

CUENCA - ECUADOR

2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Andrés Gustavo Heredia Pacheco con documento de identificación N° 1401185226 y Wladimir Alexander Chalan Castillo con documento de identificación N° 0105033013, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“DIAGNÓSTICO DEL MOTOR HYUNDAI D4BH MEDIANTE DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL SISTEMA DE INYECCIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL RENDIMIENTO Y DISMINUCIÓN DE OPACIDAD”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Mecánico Automotriz* en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero del 2020

.....
Andrés Gustavo Heredia Pacheco
C.I. 1401185226

.....
Wladimir Alexander Chalan Castillo
C.I. 0105033013

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DIAGNÓSTICO DEL MOTOR HYUNDAI D4BH MEDIANTE DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL SISTEMA DE INYECCIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL RENDIMIENTO Y DISMINUCIÓN DE OPACIDAD”**, realizado por Andrés Gustavo Heredia Pacheco y Wladimir Alexander Chalan Castillo, obteniendo el *Proyecto Técnico*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero del 2020



.....
Ing. Lauro Fernando Barros Fajardo

C.I. 0103653457

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Andrés Gustavo Heredia Pacheco con documento de identificación N° 1401185226 y Wladimir Alexander Chalan Castillo con documento de identificación N° 0105033013, autores del trabajo de titulación: **“DIAGNÓSTICO DEL MOTOR HYUNDAI D4BH MEDIANTE DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL SISTEMA DE INYECCIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL RENDIMIENTO Y DISMINUCIÓN DE OPACIDAD”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico* es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, enero del 2020

.....
Andrés Gustavo Heredia Pacheco
C.I. 1401185226

.....
Wladimir Alexander Chalan Castillo
C.I. 0105033013

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios y a la Virgen por ser mi fortaleza en todos los momentos pasados en mi vida.

Agradezco a mis padres que me brindaron apoyo siempre para seguir adelante y poder culminar mis estudios como Ing. Mecánico Automotriz.

Agradezco también al Ing. Lauro Barros que nos guio y brindo apoyo para culminar el proyecto.

Andrés Gustavo Heredia Pacheco

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres que han sido más que un sustento las personas que más me han apoyado para poder cumplir esta meta.

Andrés Gustavo Heredia Pacheco

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios y a la Virgen del Cisne por ser mi guía y fortaleza en toda mi vida.

Agradezco a mis padres que son mi inspiración de perseverancia y trabajo duro para cumplir este gran sueño.

Agradezco también al Ing. Lauro Barros quién nos guió y brindó apoyo para la culminación de éste proyecto.

Al Ing. Marco Sangurima y a la Sra. Mónica Gallegos quienes creyeron y apoyaron desde el principio éste proyecto.

Wladimir Alexander Chalan Castillo

DEDICATORIA

En primer lugar quiero dedicar este proyecto a mis padres Francisca y Humberto quienes en todo momento creyeron en mí y estuvieron apoyándome, a mis hermanos Estalin, María José y Pamela quienes me han alentado en el transcurso de mi carrera universitaria y para la culminación de este proyecto.

Wladimir Alexander Chalan Castillo

RESUMEN

El presente proyecto: “**Diagnóstico del motor Hyundai D4BH mediante diseño experimental en el sistema de inyección para el mejoramiento del rendimiento y disminución de opacidad**”, consiste en realizar un Diagnóstico y corrección de fallos para mejorar el rendimiento y opacidad en el motor Hyundai D4BH mediante la manipulación del sistema de inyección.

Se realizará mediciones de potencia-torque y opacidad del estado inicial del vehículo para saber cuáles son las condiciones iniciales del vehículo, para luego diagnosticar los fallos y realizar la respectiva calibración en los elementos del sistema de inyección como son bomba e inyectores, luego de realizado los cambios se hará otra toma de datos de potencia-torque y opacidad para realizar una comparación del estado inicial del vehículo y luego de realizado el respectivo mantenimiento, verificando así como ha mejorado dicho vehículo.

Palabras claves: Sistema de inyección, potencia, torque, bomba.

ABSTRACT

The present project: **“Hyundai D4BH engine diagnosis through experimental design in the injection system for performance improvement and opacity reduction”**, consists of performing a diagnosis and correction of faults to improve performance and opacity in the Hyundai D4BH engine through Injection system manipulation.

Measurements of power-torque and opacity of the initial state of the vehicle will be made to know what the initial conditions of the vehicle are, then diagnose the failures and perform the respective calibration on the elements of the injection system such as pump and injectors, after performed the changes will be made another power-torque and opacity data collection to make a comparison of the initial state of the vehicle and after the respective maintenance, verifying this vehicle has improved.

Keywords: Injection system, power, torque, pump.

INDICE

PROBLEMA	1
JUSTIFICACIÓN	2
OBJETIVOS	3
Objetivo General:	3
Objetivos específicos:	3
METODOLOGÍA	4
CAPÍTULO 1	5
1 GENERALIDADES	5
1.1 Motor diésel.....	5
1.1.1 Clasificación General	5
1.1.2 Funcionamiento	6
1.1.3 Potencia del motor.....	7
1.1.4 Torque del motor	7
1.1.5 Curva característica de potencia – torque	7
1.1.6 Opacidad	7
1.2 Ventajas e Inconvenientes de los motores diésel	8
1.3 Objetivos e idea general del sistema de inyección	8
1.4 Disposiciones del sistema de inyección.	9
1.5 Bomba de inyección.....	11
1.5.1 Bomba rotativa	11
1.6 Los inyectores	19
1.6.1 Partes de un inyector Diésel.....	19
1.6.2 Funcionamiento de un inyector.....	20
1.6.3 Clasificación.....	20
CAPÍTULO 2	23
2 OBTENCIÓN DE DATOS DE RENDIMIENTO Y OPACIDAD	23
2.1 Equipo utilizado.....	23
2.1.1 Banco de pruebas MAHA LPS 3000	23
2.1.2 Opacímetro tecnotest modelo 4032	24
2.1.3 Vehículo	24
2.2 Proceso de medición de potencia	26
2.2.1 Acondicionamiento del equipo para el ensayo	26
2.2.2 Diagrama de flujo para medir torque - potencia	31
2.2.3 Resultados obtenidos	31

2.3	Proceso para la medición de opacidad	33
2.3.1	Calibración del opacímetro	33
2.3.2	Proceso antes de realizar la prueba	34
2.3.3	Proceso durante la medición.....	36
2.3.4	Diagrama de flujo para medición de opacidad.....	38
2.3.5	Resultados	39
CAPÍTULO 3		41
3	DIAGNÓSTICO DE AVERÍAS EN EL SISTEMA DE INYECCIÓN.....	41
3.1	Maquinas herramientas	41
3.1.1	Banco de pruebas de Inyectores Diésel Mecánicos	41
3.1.2	Banco de pruebas para bombas de inyección (lineal – rotativa).....	42
3.2	Desmontaje de inyectores de combustible.	43
3.3	Inyectores	46
3.3.1	Datos Técnicos del Inyector.	46
3.3.2	Estado Inicial de Inyectores.....	47
3.4	Resultados	50
3.5	Desarmado del Inyector.	51
3.5.1	Inspección de elementos del inyector.	52
3.6	Desmontaje de bomba rotativa.	55
3.6.1	Calado de bomba rotativa VE en el motor D4BH.....	55
3.6.2	Desmontaje	58
3.7	Montaje de la bomba de inyección al banco SPEEDMAQ SSX-2012	61
3.7.1	Montaje de transmisión.....	61
3.7.2	Centrado de bomba.....	62
3.7.3	Montaje de cañerías y solenoide	63
3.7.4	Montaje del reloj medidor de avance.	64
3.7.5	Proceso de medición	66
3.7.6	Resultados obtenidos	66
CAPÍTULO 4		68
4	CORRECCIÓN DE FALLOS Y OBTENCIÓN DE DATOS.....	68
4.1	Desarmado de Bomba de inyección Rotativa tipo VE.....	68
4.1.1	Medición del valor “K”	70
4.1.2	Medición del valor “kf”	73
4.2	Corrección de fallos.	76
4.2.1	Inyectores.....	76
4.2.2	Calibración de inyectores	78

4.2.3	Armado de inyector.....	79
4.2.4	Bomba de inyección: Corrección de fallos y Armado.....	80
4.2.5	Calibración de bomba de inyección	85
4.3	Montaje de Bomba de inyección e Inyectores en el motor.	89
4.3.1	Montaje de inyectores.....	89
4.3.2	Montaje de la bomba de inyección:	89
4.4	Purgado y encendido.	90
4.4.1	Purgado de la bomba de inyección	90
4.4.2	Encendido del motor	91
4.5	Obtención de datos en rendimiento y opacidad posteriores al mantenimiento.	91
4.5.1	Opacidad	91
4.5.2	Torque – Potencia	92
CAPITULO 5	94
5	EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE POTENCIA, TORQUE Y OPACIDAD.....	94
5.1	Potencia torque según el fabricante.....	94
5.2	Potencia y torque del motor sin modificaciones en el sistema de inyección.	95
5.3	Potencia y Torque en estado final.	95
5.4	Análisis	96
5.4.1	Análisis de Potencias obtenidas.....	96
5.4.2	Análisis de Torques	97
5.5	Opacidad	97
5.5.1	Opacidad del vehículo sin modificación	98
5.5.2	Opacidad del motor después de las modificaciones en el Sistema de Inyección. 99	
5.5.3	Análisis	99
6	CONCLUSIONES	100
7	RECOMENDACIONES	101
8	BIBLIOGRAFÍA	102
9	Anexos	104

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva característica de Potencia Torque	7
Figura 2. Partes del sistema de inyección	9
Figura 3. Sistema CRDi	10
Figura 4. Sistema de inyección Cummins	11
Figura 5. Bomba rotativa tipo VE	12
Figura 6. Diferencia de tamaño entre bomba rotativa VE y bomba lineal PE	12
Figura 7. Bomba de alimentación (funcionamiento)	15
Figura 8. Presión de la bomba con respecto a la velocidad	15
Figura 9. Válvula reguladora de presión función	16
Figura 10. Solenoide de corte de combustible	16
Figura 11. Partes del regulador de control a todas velocidades	17
Figura 12. Suministro de combustible con respecto a la velocidad de la bomba	17
Figura 13. Regulador de velocidad min/máx. (M - M).....	18
Figura 14. Suministro de combustible con respecto a la velocidad de la bomba	18
Figura 15. El inyector	19
Figura 16. Partes de un inyector	19
Figura 17. Funcionamiento del inyector	20
Figura 18. Inyector Abierto	21
Figura 19. Inyector Cerrado	21
Figura 20. Fase de funcionamiento del inyector	21
Figura 21. Inyector Mecánico	22
Figura 22. Inyectores de varios orificios	22
Figura 23. Banco de potencia MAHA LPS 3000	23
Figura 24. Opacímetro tecnotest modelo 4032	24
Figura 25. Camión Hyundai HD45	25
Figura 26. Icono MAHA.....	27
Figura 27. Tapas del banco de potencia	27
Figura 28. Introducción del vehículo Hacia los rodillos	27
Figura 29. Centrado de llantas en los rodillos	28
Figura 30. Sujeción del vehículo con bandas	28
Figura 31. Inicio del sistema	29
Figura 32. Sincronización de rpm del banco y vehículo	29
Figura 33. Cambio de marchas de segunda a Cuarta	30
Figura 34. Pantalla de resultados	30
Figura 35. Flujograma para obtener la potencia	31
Figura 36. Resultado de torque - potencia	32
Figura 37. Acerado del equipo	34
Figura 38. Verificación del tubo de escape	34
Figura 39. Nivel de aceite del motor	35
Figura 40. Temperatura del vehículo	35
Figura 41. Inicio del programa	35
Figura 42. Precalentamiento del equipo	36
Figura 43. Programa en cero	36
Figura 44. Colocación de la sonda en el tubo de escape	37
Figura 45. Revoluciones del motor	37

Figura 46. Resultados de opacidad	38
Figura 47. Diagrama para medir la opacidad	39
Figura 48. Banco de pruebas	41
Figura 49. Banco de pruebas Speedmaq sxx-2012	42
Figura 50. Desconexión de alimentación de energía	44
Figura 51. Bujía de precalentamiento	44
Figura 52. Desmontaje de cañerías de alimentación de inyectores	44
Figura 53. Desmontaje de cañería de retorno de los inyectores	45
Figura 54. Arandela de retorno de combustible de inyector	45
Figura 55. Extracción de inyectores	46
Figura 56. Desmontaje de arandelas de punta de inyectores	46
Figura 57. Inyector	47
Figura 58. Ajuste de inyectores	48
Figura 59. Cierre de pinzas de sujeción	48
Figura 60. Goteo de tobera	49
Figura 61. Forma de chorro del inyector (buen estado).....	49
Figura 62. Forma de chorro del inyector (mal estado).....	49
Figura 63. Desarmado del inyector	51
Figura 64. Desarmado del inyector	52
Figura 65. Partes del inyector	52
Figura 66. Toberas.....	53
Figura 67. Cuerpo del inyector	53
Figura 68. Separador	54
Figura 69. Partes del inyector para inspección visual	54
Figura 70. Desmontaje del tapa válvulas	56
Figura 71. Desmontaje de la tapa de distribución	56
Figura 72. Calado de la bomba	57
Figura 73. Calado de la bomba	57
Figura 74. Punto de polea del cigüeñal	57
Figura 75. Vista general del calado del motor.....	58
Figura 76. Inmovilización de la rueda dentada.....	58
Figura 77. Desconexión eléctrica	59
Figura 78. Desconexión del cable de aceleración.....	59
Figura 79. Retiro de resorte y filtro.....	59
Figura 80. Resorte y filtro	60
Figura 81. Desconexión de estrangulador de rebose.....	60
Figura 82. Pernos de sujeción	60
Figura 83. Posición de la bomba	61
Figura 84. Bomba desmontada	61
Figura 85. Montaje de transmisión	62
Figura 86. Soporte de montaje	62
Figura 87. Ajuste de pernos de soporte	63
Figura 88. Conexión de alimentación y retorno de aceite.....	63
Figura 89. Conexión en banco de pruebas.....	64
Figura 90. Conexión de alimentación a solenoide	64
Figura 91. Colocación del O-RING.....	64
Figura 92. Montaje del reloj medidor de avance	65
Figura 93. Conexión a la alimentación de aire	65

Figura 94. Inyector de prueba	65
Figura 95. Conexión de cañerías de inyectores	66
Figura 96. Desmontaje de eje del acelerador.	68
Figura 97. Desmontaje de la tapa del acelerador.	68
Figura 98. Desmontaje del eje de acelerador.	69
Figura 99. Desmontaje de resorte del eje del acelerador.	69
Figura 100. Desmontaje del eje del regulador.....	70
Figura 101. Desmontaje de la tapa de cabezal.	70
Figura 102. Desmontaje de la tapa de cabezal.	71
Figura 103. Obtención de valor de “K”.	71
Figura 104. Obtención de valor de “k”.	72
Figura 105. Desmontaje del cabezal.	72
Figura 106. Medición del valor de “kf”	73
Figura 107. Medición del valor de “kf”	73
Figura 108. Desarmado del conjunto cabezal.....	74
Figura 109. Conjunto cabezal.	75
Figura 110. Espesor de “Botón”.	75
Figura 111. Limpieza de toberas en Ultrasonido.	77
Figura 112. Tobera.....	77
Figura 113. Rectificación del cuerpo del inyector.	78
Figura 114. Bomba en la base giratoria	80
Figura 115. Plunger.	81
Figura 116. Montaje del plunger.....	81
Figura 117. Montaje de resortes y anillo de rebose.	82
Figura 118. Montaje del cabezal.....	82
Figura 119. Montaje del conjunto regulador.	83
Figura 120. Montaje de resorte del acelerador.	84
Figura 121. Montaje de tapa del regulador.	84
Figura 122. Palanca de aceleración.....	85
Figura 123. Ajuste de tornillo a plena carga	86
Figura 124. Ajuste de la presión de la cámara de la bomba	86
Figura 125. Ajuste del tornillo de ralentí	87
Figura 126. Ajuste del perno de tope de velocidad máxima	87
Figura 127. Resultados de opacidad	91
Figura 128. Medición de Torque - Potencia	92
Figura 129. Grafica de Torque - Potencia	94
Figura 130. Grafica de Torque - Potencia	95
Figura 131. Gráfica de Torque - Potencia.....	96
Figura 132. Grafica de potencias obtenidas	96
Figura 133. Grafica de torques Obtenidos	97
Figura 134. Grafica de opacidad permisible vs la obtenida	98
Figura 135. Grafica de opacidad permisible vs la obtenida	99

PROBLEMA

Los camiones Hyundai modelo HD 45 del año 2017 son los vehículos de carga semipesado más vendidos en la marca Hyundai por el concesionario autorizado “ASIACAR S.A.”, con un total de 20 vehículos comercializados en la ciudad de Cuenca y según el historial de garantía emitido por el taller del concesionario y se determinó que la flota de éstos vehículos vendidos hasta la fecha presentan un bajo rendimiento y una opacidad superior al 50% según lo establecido en la norma INEN 2207 debido a fallos de fábrica, además se sabe que éste vehículo no aprueba la primera revisión técnica vehicular presencial en cuánto a opacidad se refiere, el cual genera malestar en los dueños e influye en el aumento de contaminación de Cuenca; también hay que considerar que el taller no da un mantenimiento correctivo a los vehículos nuevos antes de realizar la entrega a los futuros compradores.

JUSTIFICACIÓN

El presente estudio permite determinar las causas más comunes que provocan el bajo rendimiento y el alto porcentaje de opacidad, que presenta la flota de vehículos del concesionario “ASIACAR S.A.”, así como las debidas correcciones para dichos fallos, de modo que se procederá a utilizar bancos de diagnosis específicos para la calibración del sistema de inyección del motor Hyundai D4BH; además que desarrollar este tipo de investigación permitirá optimizar recursos con la aplicación de un correcto mantenimiento preventivo beneficiando así a la empresa y evitando molestias en los futuros compradores; por ende la aplicación de un correcto mantenimiento preventivo prolongará el tiempo de vida de los elementos que componen el sistema de inyección.

OBJETIVOS

Objetivo General:

- Diagnosticar el motor Hyundai D4BH mediante diseño experimental en el sistema de inyección para el mejoramiento del rendimiento y disminución de opacidad.

Objetivos específicos:

- Analizar el estado del arte mediante información bibliográfica para el desarrollo del diseño experimental.
- Obtener muestras de mediciones mediante pruebas en el banco dinamométrico y opacímetro verificando así el estado actual del motor en rendimiento y opacidad.
- Diagnosticar mediante la utilización de bancos de prueba de bomba e inyectores los fallos que influyen en el bajo rendimiento del motor Hyundai D4BH.
- Corregir los fallos y Obtener muestras de datos mediante pruebas en el banco dinamométrico y opacímetro posterior a la corrección mediante la calibración de los parámetros de entrega y presión en bomba e inyectores.
- Evaluar los resultados de opacidad y potencia después de realizadas las correcciones en función de la norma NTE INEN 2207 y ficha técnica del fabricante en bomba e inyectores respectivamente.

METODOLOGÍA

Metodología Cuantitativa.- Mediante la metodología cuantitativa se pretende obtener los parámetros de potencia torque y opacidad del motor Hyundai D4BH usando magnitudes numéricas las mismas que pueden ser tratadas con herramientas de campo estadístico para la obtención de datos antes de realizar el mantenimiento preventivo.

Metodología Analítica.- Mediante el método analítico que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos, se pretende determinar los fallos más comunes que influyen en el bajo rendimiento y aumento de opacidad y así identificar el error de estos, logrando comprender mejor su comportamiento.

Metodología Experimental.- Este tipo de metodología permite controlar las variables más importantes como es entrega y presión en bomba e inyectores, logrando la corrección de los fallos establecidos ya que está basado en una metodología científica donde se controla el resto de los factores que podrían influir en los fallos.

Metodología Cuantitativa.- Mediante la metodología cuantitativa se pretende obtener los parámetros de potencia torque y opacidad del vehículo Hyundai HD 45 usando magnitudes numéricas las mismas que pueden ser tratadas con herramientas de campo estadístico para la obtención de datos luego de realizar el mantenimiento preventivo.

Metodología Comparativa.- Mediante el método comparativo se pretende poner los dos grupos de datos (antes de realizar el mantenimiento y luego de realizar el mantenimiento del vehículo) uno al lado del otro, para establecer sus similitudes y diferencias y de ello sacar conclusiones que definan la eliminación del problema o que establezcan caminos futuros para mejorar el conocimiento.

CAPÍTULO 1

1 GENERALIDADES

1.1 Motor diésel

El motor diésel presenta una evolución que inicia en el año de 1892, cuando su creador Rudolph Diesel crea una máquina que supere las prestaciones y sea más eficiente que hasta en ese entonces era la “Máquina de vapor”.

En ese año no existía el conocimiento tecnológico en combustibles; se tenía en cuenta para la combustión necesario 3 elementos básicos: comburente, combustible y calor; el calor era uno de los problemas menos graves, pero con el combustible existía un gran inconveniente; Rudolph Diesel en su primer motor lo hace funcionar introduciendo un combustible en estado sólido que utilizaba partículas de carbón y era común en esa época.

Debido a las limitaciones de funcionamiento del motor diésel limitan cada vez más la dosificación del aire y combustible, y de esta depende la potencia, por eso se vuelve necesario tener un combustible que se pudiera mezclar de manera homogénea con el aire. Entonces en principio se utilizaron compuestos semilíquidos y líquidos (alquitrán de hulla), pero luego de solucionar este problema surgió otro, que era buscar la manera de introducir el combustible creador hacia el cilindro y que se unan dichas sustancias; después de varios inconvenientes se logró introducir el combustible a presión de aire, conociéndose dicho proceso como insuflación de aire.

Finalmente, en 1920 se crea el motor diésel que se utiliza en la actualidad, después de 8 años que fallece Rudolph Diesel su creador, desde ese entonces el motor diésel se ha ido desarrollando cada vez más, ya que su versatilidad ayudo para tener implicaciones diversas e ilimitadas al gran aporte de Rudolph el más grande en la era industrial.

1.1.1 Clasificación General

El motor diésel tiene su propia clasificación de acuerdo a sus características y ventajas, las que se muestran a continuación:

Rpm

- 300 rpm o menos, designados como lentos

- 400 a 1000 rpm, designados como medios
- 1500 rpm en adelante se designan rápidos

Ciclo de trabajo

- Cuatro tiempos
 - Alimentación convencional
 - Sobrealimentados
- Dos tiempos
 - Sobrealimentados

Inyección del combustible

- Inyección directa
- Inyección indirecta

Sistema de refrigeración

- Aire (directa)
- Agua (indirecta)

1.1.2 Funcionamiento

El motor diésel a diferencia del motor Otto no necesita chispa para su funcionamiento, todo comienza mediante la temperatura inicial proporcionada por las bujías de precalentamiento las cuales tienen un rango de activación dependiendo de la magnitud del motor; con el objetivo de otorgar mayor temperatura a la entrada de aire; la presión a la que se somete, producida en la etapa de compresión eleva rápidamente la temperatura produciendo la combustión.

El diésel se inyecta en la cámara de combustión del motor (Inyección Directa), cuando se inyecta en la cámara de pre-combustión es una inyección indirecta, los encargados de realizar este trabajo son los inyectores, mediante la tobera la cual atomizará el combustible a gran presión para que se mezcle con el aire a temperaturas elevadas (entre 700 y 900 °C); obteniendo como resultado una combustión del aire combustible; éste efecto ocasiona que el pistón sea impulsado drásticamente hacia abajo generando un movimiento rectilíneo, el mismo que la biela transmite al cigüeñal y éste lo transforma en un movimiento de rotación.

1.1.3 Potencia del motor

En los motores diésel la potencia es la rapidez con la que trabaja el motor, es el trabajo realizado en un tiempo por el motor. Para obtener una máxima potencia no es más que el producto del torque por la velocidad de giro en que lo genera.

1.1.4 Torque del motor

El torque es la fuerza producida desde el motor hacia sus ejes, esto se traduce que, a mayor fuerza de giro producida desde el motor con una velocidad máxima, el torque producido será máximo.

1.1.5 Curva característica de potencia – torque

En la figura 1 se muestra la curva característica de la potencia y torque que producen los motores, donde la potencia está dada en (kilowatts vs revoluciones por minuto) y el torque en (Newton metro vs revoluciones por minuto).

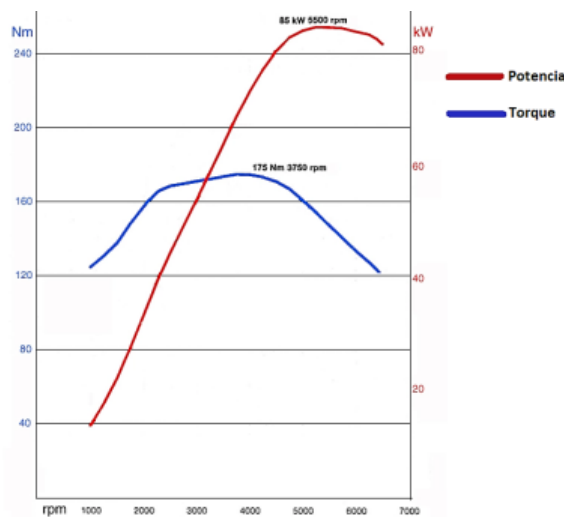


Figura 1. Curva característica de Potencia Torque

1.1.6 Opacidad

La opacidad es la capacidad de la materia de no dejar pasar luz en determinadas proporciones.

Para medir la opacidad en el Ecuador se rige la norma INEN NTE 2202 (Determinación de la opacidad de emisiones de escape de motores de diésel mediante la prueba estática) mientras que los límites de opacidad están regidos por la norma INEN NTE 2207 (Límites

permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que utilizan diésel), estas normas aparecen en el capítulo 2.

1.2 Ventajas e Inconvenientes de los motores diésel

- Los motores diésel tienen ventajas en comparación a los motores a gasolina ya que existe un menor consumo, así como su bajo precio.
- Las grandes prestaciones en velocidad, potencia y torque debido al avance tecnológico como turbocompresores y gestión electrónica.
- Una de las principales desventajas de los motores diésel se genera por lo económico, como mantenimiento y valor del vehículo.

1.3 Objetivos e idea general del sistema de inyección

En los motores diésel la combustión se genera cuando se inyecta la mezcla en la cámara de combustión, donde se encuentra el aire comprimido caliente. Para que exista la combustión se utiliza el oxígeno del aire y el diésel los cuales son mezclados homogéneamente.

Para obtener la combustión del motor más favorable y el rendimiento máximo del mismo es necesario que los gases no quemados de escape sean en mínimas cantidades. Si se inyecta una excesiva cantidad de combustible o la combustión es deficiente, el motor empieza a emitir excesivo humo de color negro por el escape, dando lugar a un posible sobrecalentamiento y conllevar a la rotura de pistones o daños por deterioro de otros elementos.

El aire entra al cilindro a lo largo del tiempo de admisión por medio de un filtro; mediante el sistema de alimentación el combustible pasa del depósito a la bomba de inyección, luego se envía el combustible a una determinada presión hacia los inyectores, los cuales se encargarán de introducir el combustible pulverizado en sus respectivos cilindros.

El funcionamiento del motor depende de una correcta inyección del combustible en la cámara de combustión. Principales condiciones para aumentar el rendimiento del motor:

- Suministrar al cilindro y en ciclo la correcta cantidad de combustible y adaptarse en las marcha del motor.

- Comenzar la inyección en el momento adecuado y preciso, para tener una correcta combustión, variando el punto de inyección en consonancia con el régimen de giro del motor y con las condiciones de carga.
- Pulverizar el combustible subdividiéndolas en pequeñas gotas para hacer más simple el proceso de inflamación.
- Obtener una mezcla homogénea de aire-combustible en el interior de la cámara de combustión.

En los motores diésel la combustión es a presión constante, y el combustible inyectado en determinadas cantidades en todo el proceso de inyección, para que la presión permanezca de manera constante, es decir que por cada grado que gira el cigüeñal se inyecta la cantidad necesaria de combustible que pueda quemarse por completo en ese espacio de tiempo, para lo cual la subida de presión por la etapa de combustión se compensará con el descenso del pistón.

Para conseguir los objetivos el sistema de inyección está compuesto por: depósito, bomba de alimentación, regulador, variador de avance e inyectores, bomba de inyección.

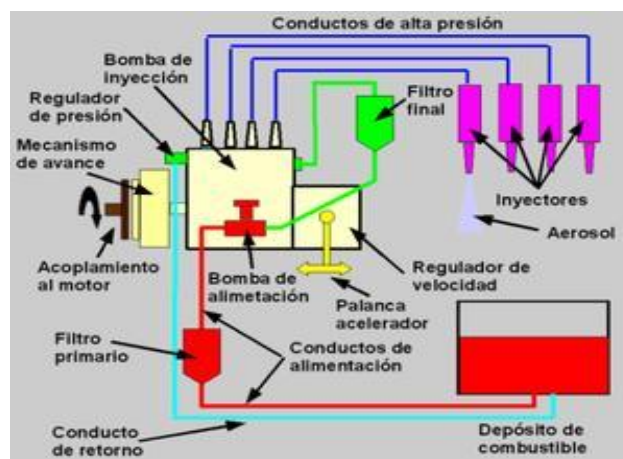


Figura 2. Partes del sistema de inyección

Fuente: (Albeiro, 2008)

1.4 Disposiciones del sistema de inyección.

Según las disposiciones del sistema de inyección en vehículos grandes y lentos se ha optado por bombas individuales para cada cilindro. En cambio para vehículos pequeños y rápidos inicialmente se optó por una sola bomba la cual acogía un grupo de cilindros de bombeo uno por cada motor (Bombas en línea), posteriormente la solución fue una sola bomba, con un solo cilindro de bombeo que tenga disposición de distribuidor la misma

que envíe el combustible a los 4 inyectores y en la actualidad se ha apostado por el sistema CRDi el cual posee una bomba de alta presión la misma que mediante una válvula electrónicamente controlada SCV mantiene su presión interna, enviando el combustible a una riel común y posteriormente a los inyectores que se abren y cierran comandados electrónicamente por la computadora.

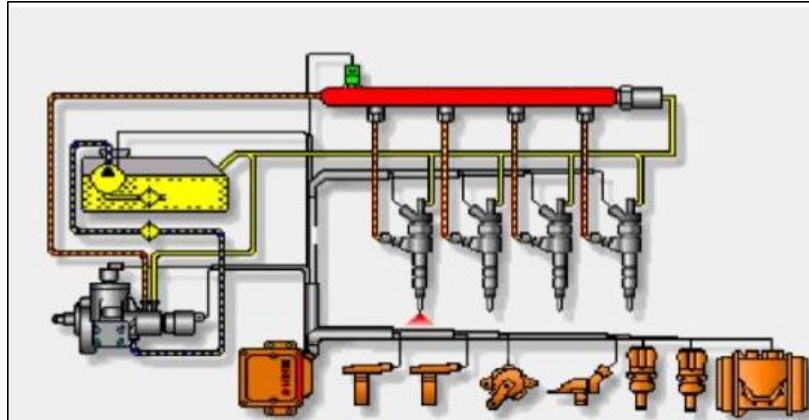


Figura 3. Sistema CRDi

Fuente: (Arellano Cabrera, 2015)

La disposición CUMMINS en el sistema PT, el combustible filtrado es absorbido por una bomba de engranes y es enviado hacia los inyectores, que son accionados mecánicamente en un instante determinado por medio de las levas, y otros elementos.

El funcionamiento de las levas y los demás elementos empujan hacia abajo el plunger del inyector, lo que produce alta presión en el combustible que se deposita en la cámara de combustión.

La bomba se impulsa mediante engranes desde el cigüeñal. La velocidad y el volumen de la bomba se relacionan a las revoluciones del motor.

(Muricio Garcés, 2004).

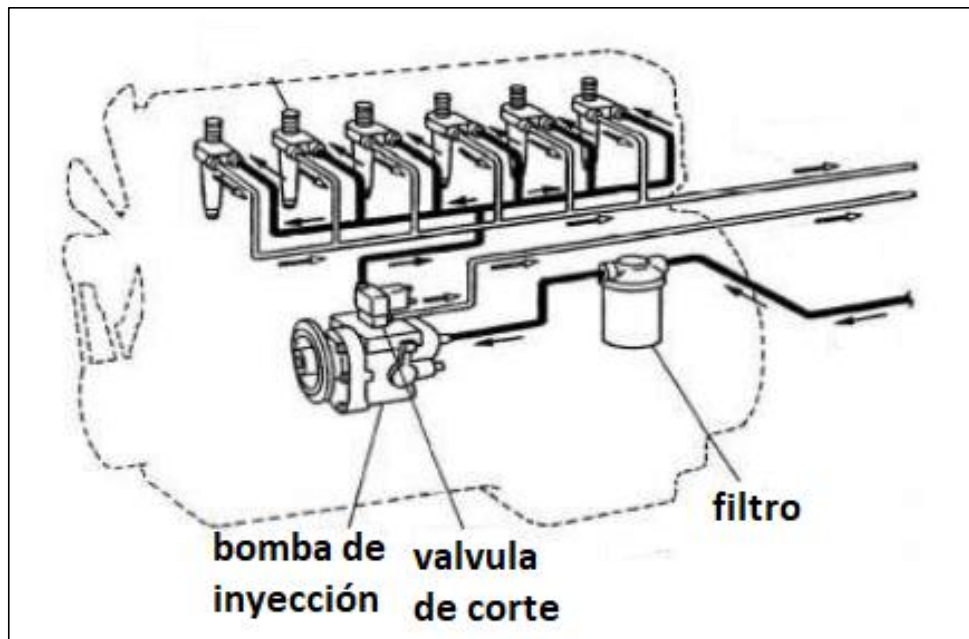


Figura 4. Sistema de inyección Cummins

Fuente: (Arellano Cabrera, 2015)

1.5 Bomba de inyección

La bomba es la que se encarga de dosificar la cantidad y la duración del tiempo de inyección, con respecto a las diferentes rpm que trabaja el motor, éste debe cumplir el trabajo de enviar el combustible hacia el inyector a una presión determinada para que el inyector se abra. También debe determinar el avance de acuerdo con el giro del cigüeñal, para las bombas lineales o bombas rotativas. En las bombas CRDi el combustible es enviado a la riel a distintas presiones que se necesite y los demás procesos son comandados electrónicamente.

Tipos de bombas:

- Bombas lineales
- Bombas rotativas

1.5.1 Bomba rotativa

Las bombas rotativas tipo VE disponen de un solo cilindro y émbolo distribuidor independientemente del número de cilindros que contenga el motor a diferencia de las bombas en línea. Las bombas rotativas tipo VE son únicas ya que al momento de inyectar ésta distribuye con gran precisión el Diésel gracias al émbolo distribuidor de combustible.

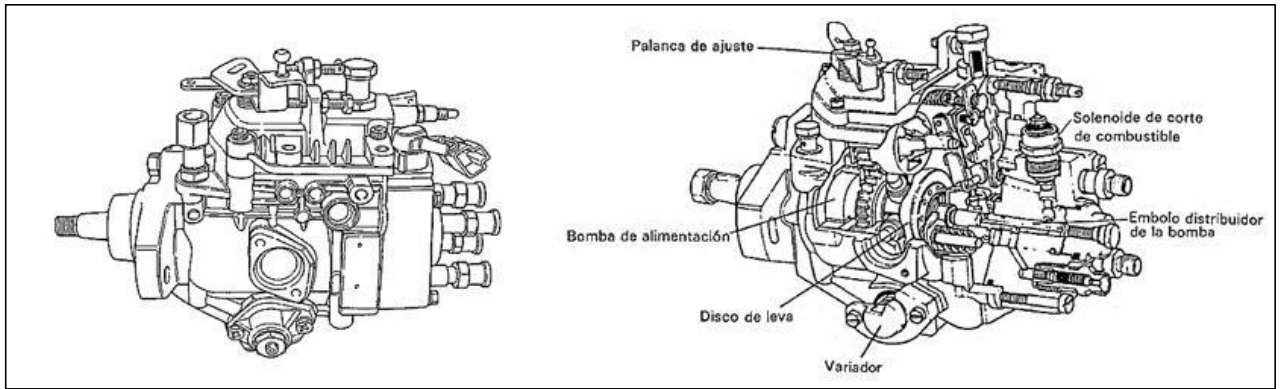


Figura 5. Bomba rotativa tipo VE

Fuente: (BOSCH, 2000)

Con el pasar de los años las bombas rotativas tipo VE se han diseñado para optimizar su funcionamiento y así satisfacer las condiciones en los motores diésel. En la actualidad se ha logrado reducir el tamaño y peso de las bombas rotativas en comparación de las bombas lineales.

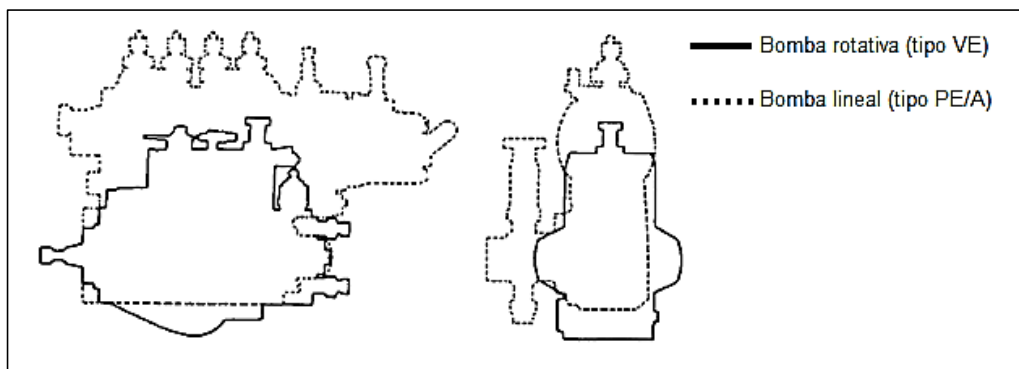


Figura 6. Diferencia de tamaño entre bomba rotativa VE y bomba lineal PE

Fuente: (BOSCH, 2000)

1.5.1.1 Aplicaciones

Las bombas rotativas son utilizadas en vehículos grandes que usan motores diésel de gran tamaño, pudiendo ser éstos (camiones, camionetas, tractores, volquetas, motores estacionarios, etc.)

1.5.1.2 Características

Las bombas rotativas tipo VE tienen características únicas que les hacen mejores en cuanto a las bombas lineales convencionales que son utilizados en motores modernos utilizados para altas velocidades (Albeiro, 2008).

Además poseen grandes ventajas:

- a) Compacta
- b) Capacidad de alta velocidad
- c) Suministro de combustible uniforme
- d) Estabilidad de ralentí
- e) Lubricación
- f) Solenoide de corte
- g) Capacidades combinadas
- h) Montaje versátil

1.5.1.3 Especificaciones de una bomba

1.5.1.3.1 Lectura de código

La bomba tipo VE viene con un código para identificar a la bomba, pudiendo así saber cuáles son sus características principales dependiendo de su número y letra que viene de fábrica en la placa de información como se muestra en la tabla 1 un ejemplo de código (BOSCH, 2000).

Tabla 1. Código de bomba de inyección

Fuente: (BOSCH, 2000)

VE	6	/	8	F	220	R L	ND038
Bomba	# cilindros		Diámetro	Regulador	Velocidad	Giro hacia	Numero
VE	(Motor)		de embolo	tipo	de la	la derecha	de diseño
				mecánico	bomba	e izquierda	
					regulada		

1.5.1.3.2 Especificaciones técnicas

En la tabla 2 se muestra las especificaciones que puede tener una bomba tipo VE dependiendo a cada ítem del código y otras características.

Tabla 2. Especificaciones para bombas

Fuente: (BOSCH, 2000)

Descripción		Especificación		
Disposición de cilindros		3,4,5,6		
Instalación		Tipo brida		
De acuerdo con la Impulsión		Engranaje o correa		
De acuerdo con el Giro		Izquierda o derecha		
Revoluciones (rpm)		Varía dependiendo el perfil de la leva		
Diámetro de embolo distribuidor dependiendo al número de cilindros		3 cilindros 9mm		
		4 cilindros de 8 a 14 mm		
		5 cilindros 10 mm		
		6 cilindros de 9 a 14mm		
Elevación de leva		2,0 - 2,2 - 2,5 - 2,8mm		
Sistema de lubricación		Por combustible		
Tubo de combustible		Tamaño del tornillo	Diámetro interior del tubo (mm)	
		Presión alta	M12 x 1.5	-
		Entrada	M12 x 1.5	6
		Rebose	M12 x 1.5	6
variador	Sistema de control	Tipo hidráulico (presión interna de la bomba)		
	Angulo de avance	11,5		
Regulador	Tipo	Mecánico		
	Control	Velocidad mínima/máxima para todas las velocidades		
Corte		Corte mediante solenoide		

1.5.1.4 Construcción y funcionamiento de las partes de la bomba VE

1.5.1.4.1 Bomba de alimentación

Es la encargada de transportar el combustible hasta la bomba de combustión. El eje principal pasa su movimiento al rotor. La fuerza centrífuga que genera el rotor empujan a las paletas hacia la pared del anillo concéntrico, el combustible se ubica entre las paletas saliendo a presión a través del orificio de la cubierta (BOSCH, 2000).

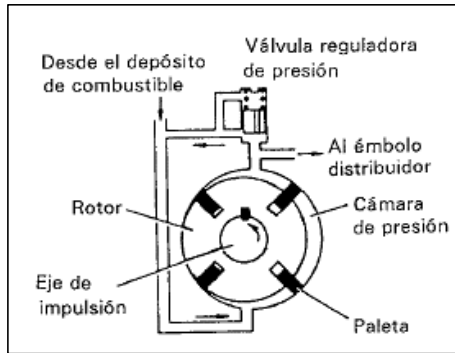


Figura 7. Bomba de alimentación (funcionamiento)

Fuente: (BOSCH, 2000)

1.5.1.4.2 Válvula reguladora de presión

Se ubica en la parte superior de la bomba. Es la que aumenta la presión de combustible dentro de la bomba, directamente proporcional a las revoluciones de la bomba. (BOSCH, 2000)

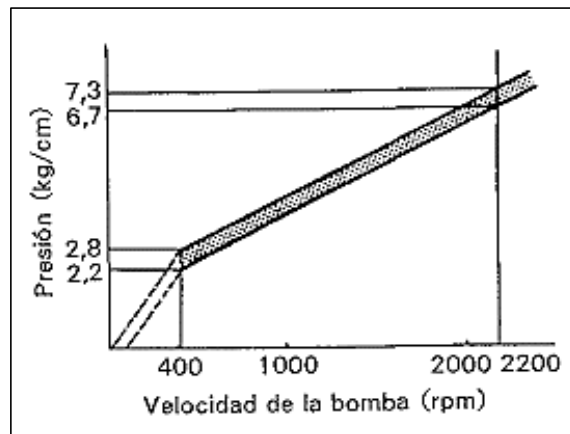


Figura 8. Presión de la bomba con respecto a la velocidad

Fuente: (BOSCH, 2000)

El pistón se presiona contra el resorte, permitiendo abrir el orificio del regulador para evacuar el exceso de combustible hacia el neoplo de entrada de la bomba de inyección, la presión de combustible es directamente proporcional a la velocidad del eje de la bomba de inyección. (BOSCH, 2000).

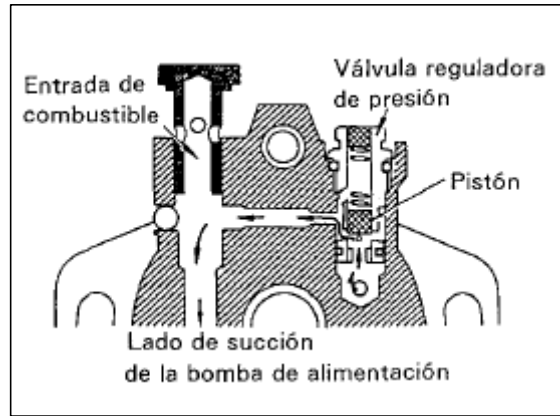


Figura 9. Válvula reguladora de presión función

Fuente: (BOSCH, 2000)

1.5.1.4.3 Inyección y distribución de combustible

Fases de la inyección:

- Carrera de admisión
- Carrera de inyección
- Final de inyección
- Balance de presión

1.5.1.4.4 Corte de combustible – solenoide

Al momento de encender el vehículo y poner la llave en modo START, el solenoide que se encuentra en la bomba es energizada provocando que se abra el orificio de llenado. Luego cuando se retorna al modo ON después de encender el motor, se produce una ligera reducción de corriente en el solenoide, sin cortar el paso de diésel. Al cortar el paso de energía se impide el suministro de combustible inmediatamente por acción del solenoide (BOSCH, 2000).

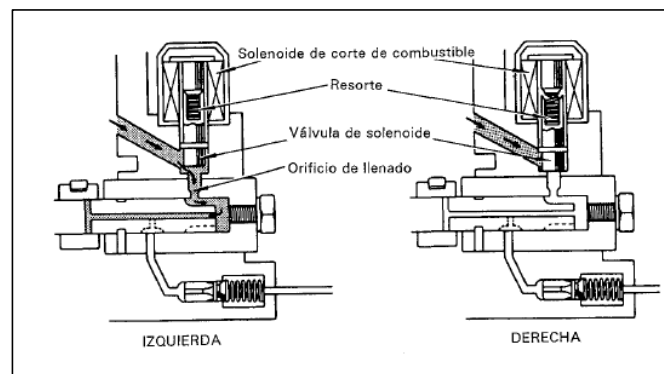


Figura 10. Solenoide de corte de combustible

Fuente: (BOSCH, 2000)

1.5.1.4.5 Regulador

Su finalidad es controlar la velocidad del motor en diferentes disposiciones de carga manteniendo el margen de velocidad. Esta bomba tipo VE tiene 2 tipos de reguladores, de todas las velocidades y de velocidad máxima-mínima (BOSCH, 2000).

1.5.1.4.5.1 Regulador de control a todas velocidades

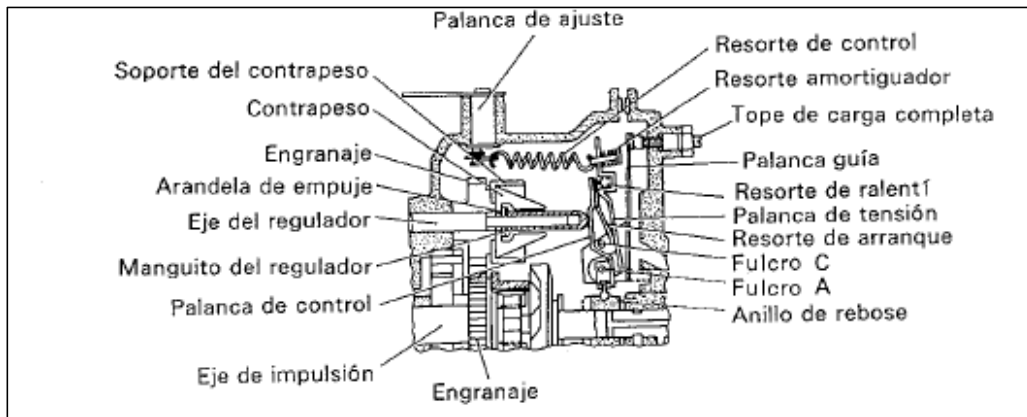


Figura 11. Partes del regulador de control a todas velocidades

Fuente: (BOSCH, 2000)

1.5.1.4.5.2 Principio de operación

El conjunto contrapeso adopta el movimiento de giro mediante un engranaje del eje de impulsión, provocando que los contrapesos se abran hacia afuera y se muevan contra la arandela de empuje y el manguito del regulador. “El manguito interviene en el conjunto de la palanca del regulador, lo que permite que la palanca actúe en el resorte de control y palanca de ajuste.

El regulador a todas velocidades permite controlar las velocidades entre el ralentí y velocidades máximas” (BOSCH, 2000).

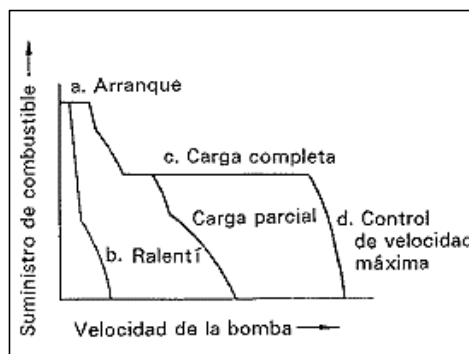


Figura 12. Suministro de combustible con respecto a la velocidad de la bomba

Fuente: (BOSCH, 2000)

1.5.1.4.5.3 Regulador de velocidad mínima/máxima (M – M)

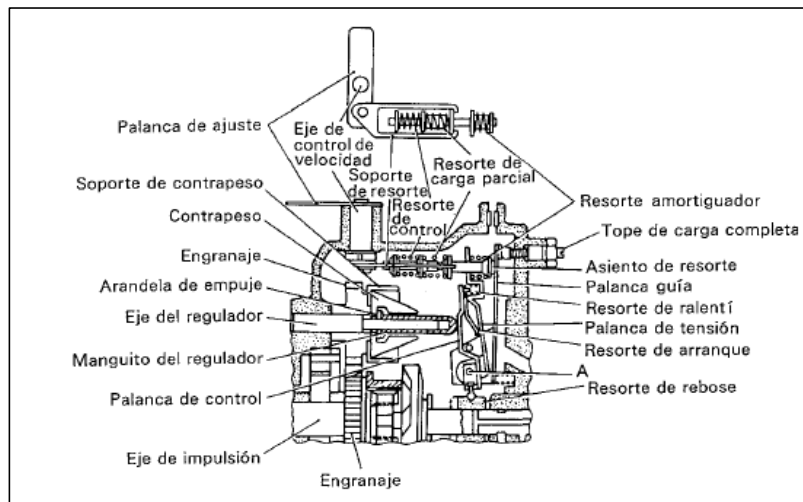


Figura 13. Regulador de velocidad min/máx. (M - M)

Fuente: (BOSCH, 2000)

1.5.1.4.5.4 Principio de operación

La cápsula de resorte (M-M) enlaza la palanca de ajuste y el conjunto de la palanca del regulador. La palanca de ajuste controla la carrera efectiva y la cantidad de combustible, mientras que la fuerza de resorte dentro de la capsula (M-M) proporciona el control del regulador en carga completa. El resorte de ralentí permite el control del regulador al ralentí. Por eso el termino (M-M). (BOSCH, 2000).

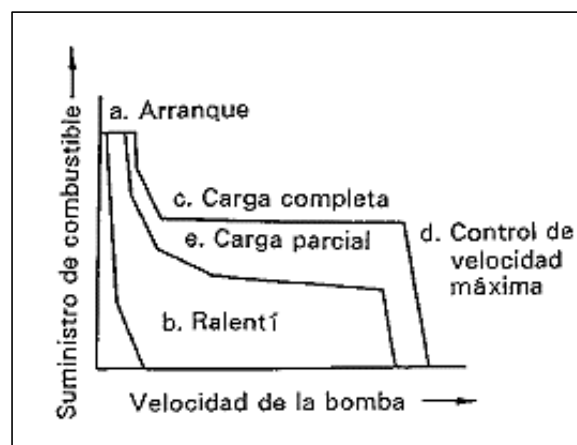


Figura 14. Suministro de combustible con respecto a la velocidad de la bomba

Fuente: (BOSCH, 2000)

1.6 Los inyectores

Existen inyectores que pueden producir una inyección directa o indirecta del combustible (diésel). La bomba al enviar el diésel hacia los inyectores, estos se abren produciendo así una inyección correcta a una presión adecuada.

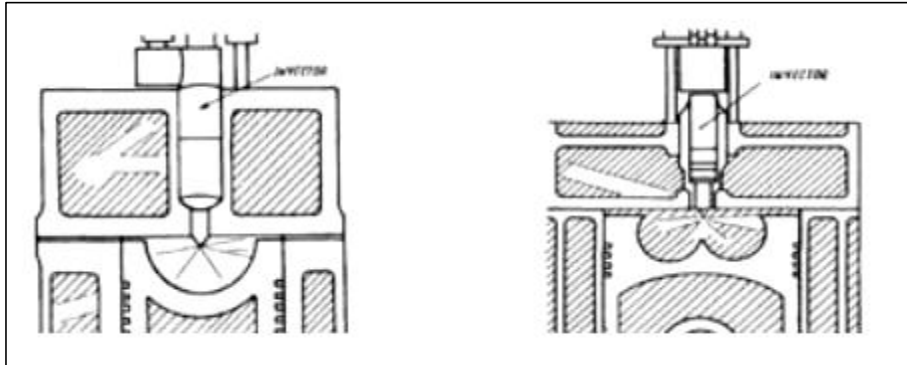


Figura 15. El inyector

Fuente: (Guerrero, Mecánica Diesel, 2000)

En los motores diésel se tiene una relación de compresión de 20:1 es decir a 20 partículas de aire 1 de diésel, siendo indispensable para una mejor quema de la mezcla, con una correcta atomización de las partículas de diésel. Los inyectores son los encargados de la atomización del combustible y que exista una buena cantidad de aire-combustible. (Guerrero, Mecánica Diesel, 2000).

1.6.1 Partes de un inyector Diésel

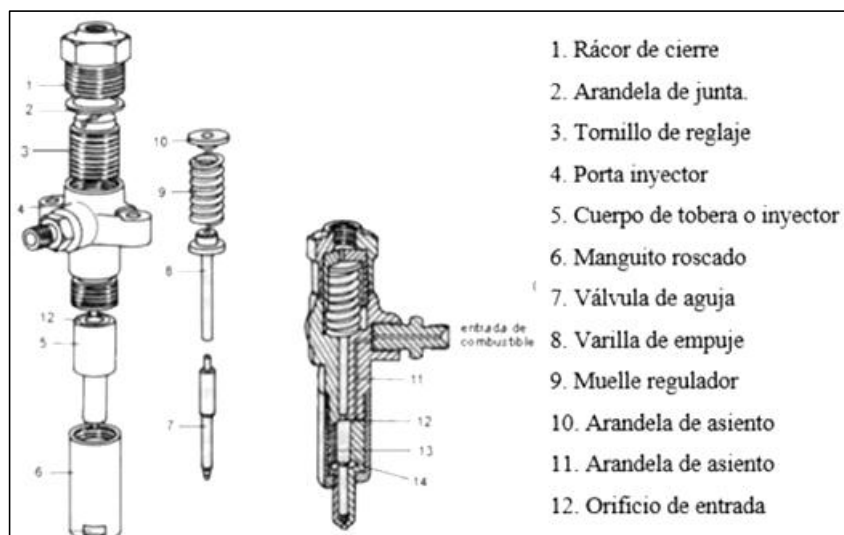


Figura 16. Partes de un inyector

Fuente: (Guerrero, Mecánica Diesel, 2000)

1.6.2 Funcionamiento de un inyector

El diésel llega al inyector y envía a una determinada presión hacia la cámara de la tobera, llega contra la válvula y provoca que venza al resorte levantando el asiento para que se dé el paso del combustible por los orificios donde se atomizarán.

A continuación, se muestra la figura 17 que indica el funcionamiento del inyector.

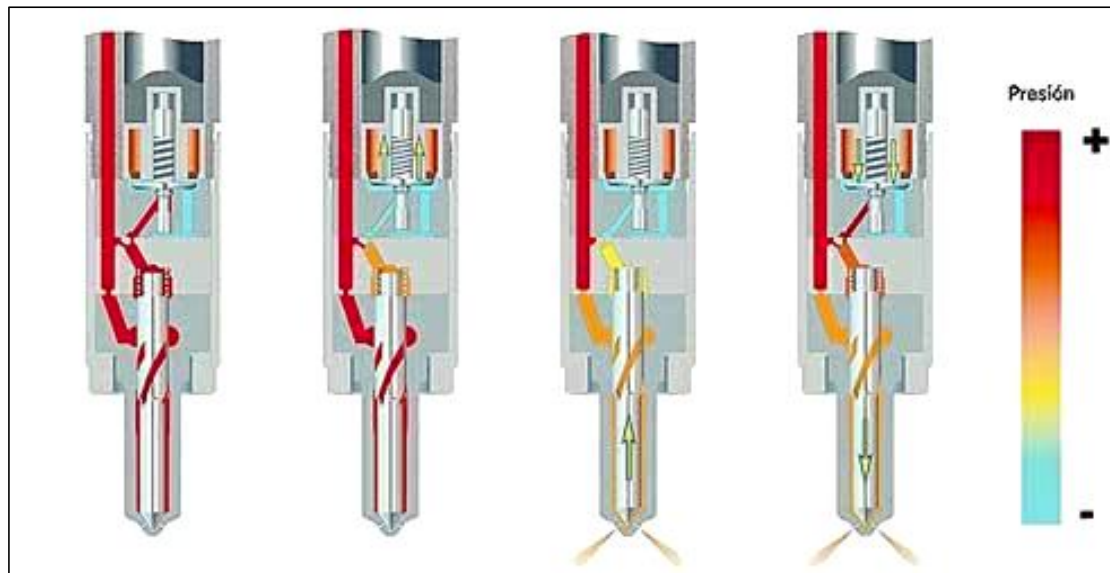


Figura 17. Funcionamiento del inyector

Fuente: (Albeiro, 2008)

1.6.3 Clasificación

Los inyectores se pueden clasificar de diferentes maneras como pueden ser por:

- Funcionamiento
- Accionamiento
- Número de orificios

1.6.3.1 Funcionamiento:

1.6.3.1.1 Inyectores abiertos

En este tipo de inyectores la válvula de retención se encuentra antes de los orificios de pulverización.

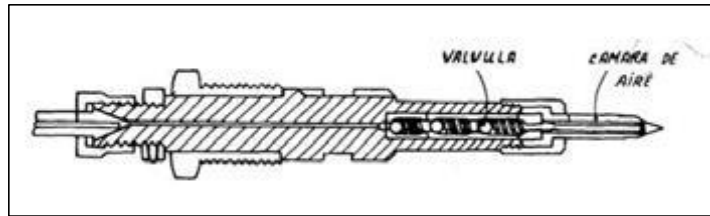


Figura 18. Inyector Abierto

Fuente: (Guerrero, Mecánica diesel, 1983)

1.6.3.1.2 Inyectores cerrados

En este tipo de inyectores no existe espacio muerto cuando se obtura los orificios de pulverización.

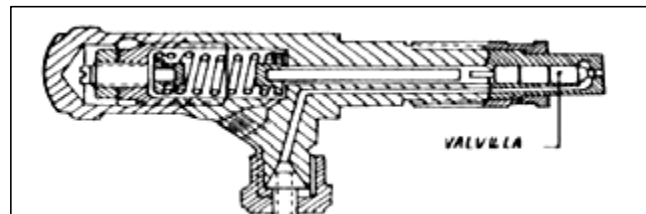


Figura 19. Inyector Cerrado

Fuente: (Guerrero, Mecánica diesel, 1983)

1.6.3.2 Accionamiento:

1.6.3.2.1 Inyectores hidráulicos

Para que se abra el inyector la presión del diésel debe ser mayor a la presión del resorte regulador.

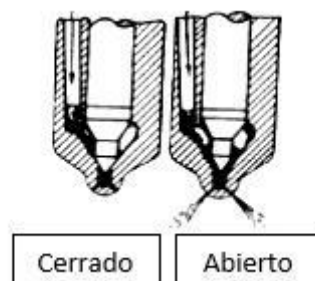


Figura 20. Fase de funcionamiento del inyector

Fuente: (Guerrero, Mecánica diesel, 1983)

1.6.3.2.2 Inyectores mecánicos

Son inyectores que cuando el resorte retira la aguja hace que el embolo permita la entrada de Diésel.



Figura 21. Inyector Mecánico

Fuente: (Guerrero, Mecánica diesel, 1983)

1.6.3.3 Número de orificios y Clase de aguja:

- Inyectores de un orificio.
- Inyectores de orificios múltiples.
- También pueden ser de aguja corta o de aguja larga.

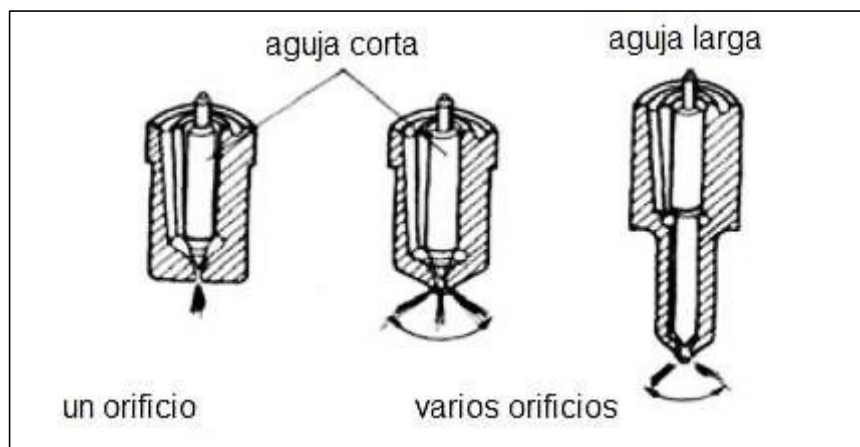


Figura 22. Inyectores de varios orificios

Fuente: (Guerrero, Mecánica diesel, 1983)

CAPÍTULO 2

2 OBTENCIÓN DE DATOS DE RENDIMIENTO Y OPACIDAD

2.1 Equipo utilizado

2.1.1 Banco de pruebas MAHA LPS 3000

Para la obtención de curvas de torque y potencia se debe realizar ensayos dinámicos, los cuales fueron efectuados en el banco dinamométrico MAHA LPS 3000 (figura 23) perteneciente a la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.



Figura 23. Banco de potencia MAHA LPS 3000

El banco de potencia MAHA LPS 3000 se compone de los siguientes elementos principales.

- Un pupitre de comunicaciones, equipado con PC, una pantalla de color, un teclado y con un mouse
- Un control remoto y
- Un juego de rodillos.

Existen varias versiones del MAHA LPS 3000 para la medición de potencia, vehículos de turismo/ligeros, pesados etc. La versión que tiene la Universidad Politécnica Salesiana tiene la capacidad de medir la potencia de las ruedas con valores que van desde 400kw hasta 650kw, con una velocidad máxima de prueba de 250 km/h. La simulación de carga del banco se realiza mediante un freno de corrientes parásitas. Haciendo posible la medición en vehículos pesados o livianos dispuestos con un motor a gasolina o diésel.

2.1.2 Opacímetro tecnotest modelo 4032

En la medición de opacidad se utilizó un opacímetro tecnotest modelo 4032 (figura 24) obtenido en el laboratorio de diésel M G localizado en la ciudad de cuenca.



Figura 24. Opacímetro tecnotest modelo 4032

2.1.2.1 Especificaciones técnicas

A continuación, se muestra la tabla 3 donde se especifican cuáles son las condiciones de funcionamiento del equipo.

Tabla 3. Datos técnicos del opacímetro

Especificaciones técnicas	
Fuente de alimentación	12 – 0 -- 12 (voltios)
Rangos de medida	Opacidad 0 – 99.9%
Contador de rpm	0 – 9990 rpm
Temperatura de operación (°C)	5 – 40 °C (±2)
Presión	850 – 1025 mbar
Calibración	automático
Medición de la inducción de gas	Control de temperatura en cámara de medición
Tiempo de calentamiento	Máximo 5 minutos
Número de serie	AC4 1751230

2.1.3 Vehículo

El vehículo utilizado para la práctica es un Hyundai modelo HD45 del año 2017 proporcionado por la empresa ASIA CAR S.A es un vehículo completamente nuevo 0 Km figura 25.



Figura 25. Camión Hyundai HD45

2.1.3.1 Características del vehículo

La tabla 4 indica las características del vehículo y como se vende en el parque automotor.

Tabla 4. Características del vehículo

Compañía Hyundai	
Numero de chasis (VIN)	//8L3AA07A7JE000383//
Numero de motor	D4BHD023695
Peso bruto vehicular	4500 KG
Tara del vehículo	1870 KG
Capacidad de arrastre	No se recomienda

2.1.3.2 Ficha técnica

La ficha técnica del vehículo se puede observar en la tabla 5, donde se detallan las características principales para la investigación como son: (tipo de motor, combustible, torque, potencia, nivel de emisiones, etc.).

Tabla 5. Ficha técnica

Motor	
Referencia	D4BH
Cilindraje	2600cc
Potencia	104 HP a 4000 rpm
Torque	22,1 kg.m a 2200 rpm

No. De cilindros	4 en línea
No. De válvulas	8
Diámetro por carrera (mm)	91,1 x 100
Relación de compresión	22:0:1
Aspiración	Turbo interculer
Nivel de emisiones	EURO II

Sistema de combustible motor

Tipo de combustible	Diésel
Bomba	Rotativa
Tipo de inyección	Directa mecánica
Filtro de combustible	Filtro de combustible con trampa de agua
Capacidad tanque de combustible	14,2 gal

Peso bruto vehicular

Peso bruto vehicular	4550 kg
Capacidad de carga	2670 kg

2.2 Proceso de medición de potencia

2.2.1 Acondicionamiento del equipo para el ensayo

Para el comienzo de las pruebas de torque-potencia se sigue los pasos dados en el manual de la maquina MAHA LPS 3000 obteniendo mejores resultados.

2.2.1.1 Inicio del banco de potencia

1. Conectar el interruptor principal desde el banco de potencia hacia el pupitre de comunicaciones.
2. Arrancar Windows, iniciar el programa asiendo doble clic en el icono del programa MAHA.



Figura 26. Icono MAHA

2.2.1.2 Preparación del banco de potencia

1. Retirar las tapas que se encuentran en los rodillos del banco, y en el freno.

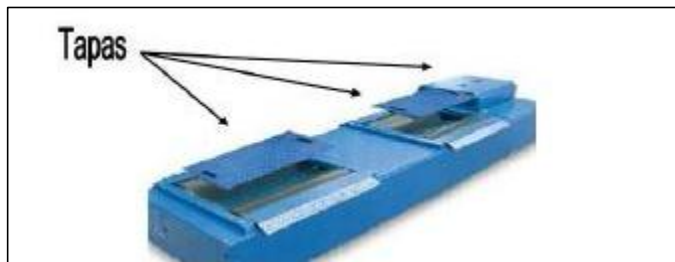


Figura 27. Tapas del banco de potencia

2. Comprobar que las llantas se encuentren libres de elementos que puedan causar daños como por ejemplo piedras.
3. Introducir el vehículo sobre los rodillos, elevar, bloquear los rodillos del banco dinamométrico.



Figura 28. Introducción del vehículo Hacia los rodillos

4. Conducir el vehículo de forma lenta y recta hacia adelante asiendo que las ruedas estén lo más centrado posible.

5. Mediante el sistema activar la función F3 para que baje y se liberen los rodillos del banco dinamométrico, el vehículo en neutro.



Figura 29. Centrado de llantas en los rodillos

6. Una vez bajado los rodillos, sujetar en el chasis con unas fajas para evitar que se salga del banco de pruebas.

7. El vehículo al ser de tracción trasera hay que fijar las fajas en los palieres de la parte posterior. No fijar muy fuerte ya que se puede frenar el vehículo y producir resultados erróneos.



Figura 30. Sujeción del vehículo con bandas

2.2.1.3 Proceso de medición

1. Correr el sistema del banco de pruebas.

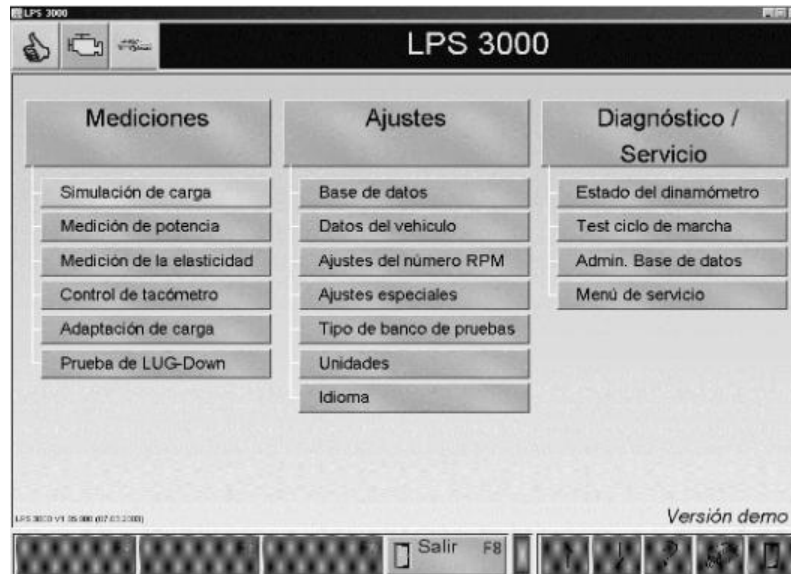


Figura 31. Inicio del sistema

2. Comprobar el correcto funcionamiento del tubo de escape. Verificando que los gases no estén escapando por otros orificios.
3. Verificar que durante la prueba el vehículo no supere los 250 Km/h ya que es límite de la máquina y si se supera esta velocidad no se garantiza una correcta toma de datos.
4. Sincronizar el banco y el vehículo a 2000 rpm antes de iniciar la prueba.



Figura 32. Sincronización de rpm del banco y vehículo

5. Para iniciar con la toma de datos se parte desde la segunda marcha con una aceleración a velocidad constante, pasar a la cuarta marcha con una velocidad constante.



Figura 33. Cambio de marchas de segunda a Cuarta

6. El sistema del banco procederá a tomar los datos que da el vehículo obteniendo una gráfica donde se muestra la potencia, par motor, par de arrastre y par en las ruedas. La línea azul da el par en las ruedas, verde el par de arrastre, roja potencia del motor y la línea naranja torque del motor.



Figura 34. Pantalla de resultados

7. Por ultimo quitar las fajas, bajar los rodillos, retirar el vehículo y apagar el equipo.

2.2.2 Diagrama de flujo para medir torque - potencia

A continuación, se muestra el diagrama de flujo para la medición de torque – potencia de acuerdo al procedimiento realizado en la **sección 2.2.1**.

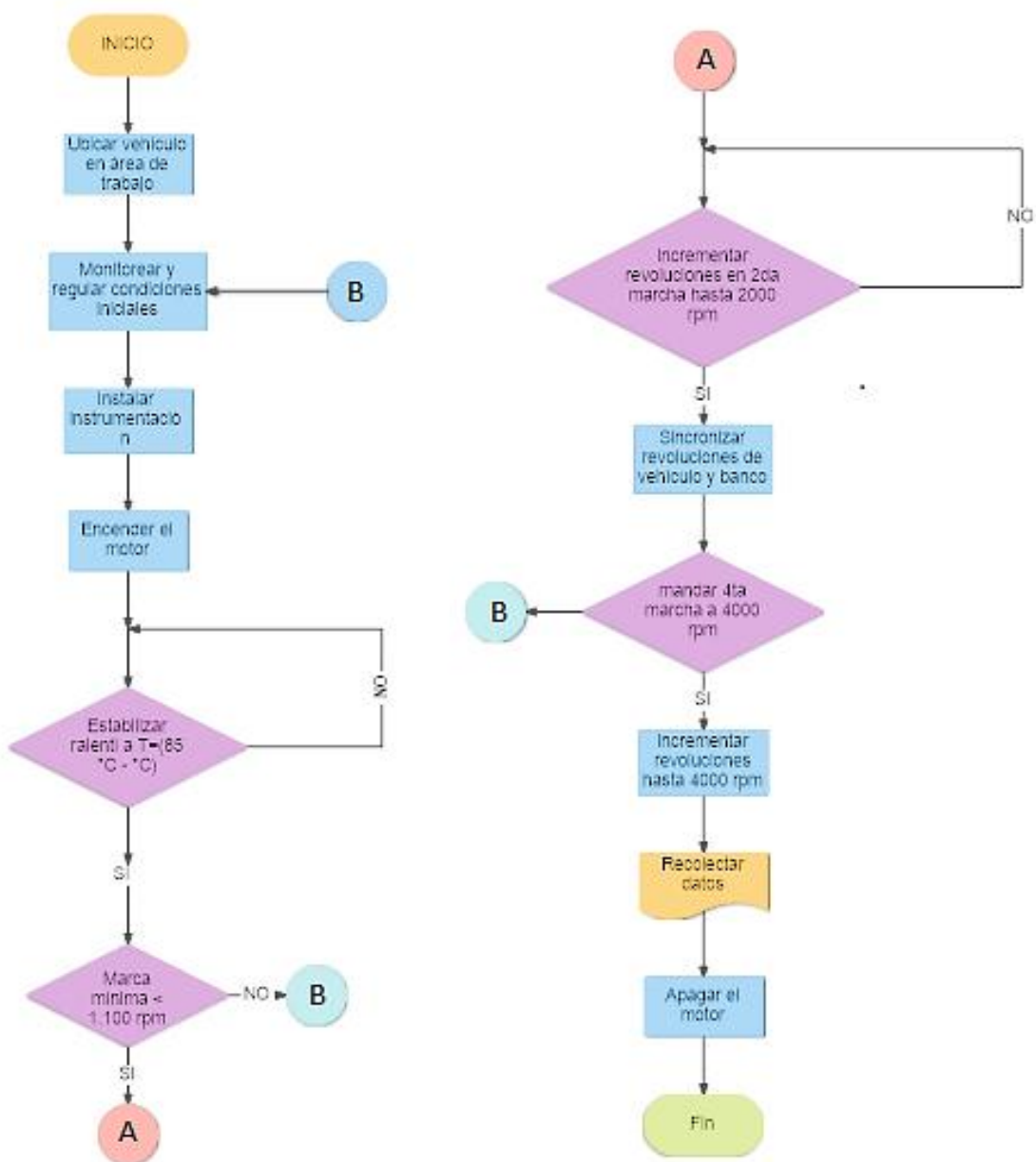


Figura 35. Flujograma para obtener la potencia

2.2.3 Resultados obtenidos

Para obtener mejores resultados se realizaron 3 pruebas, para hacer una media aritmética de las muestras obtenidas.

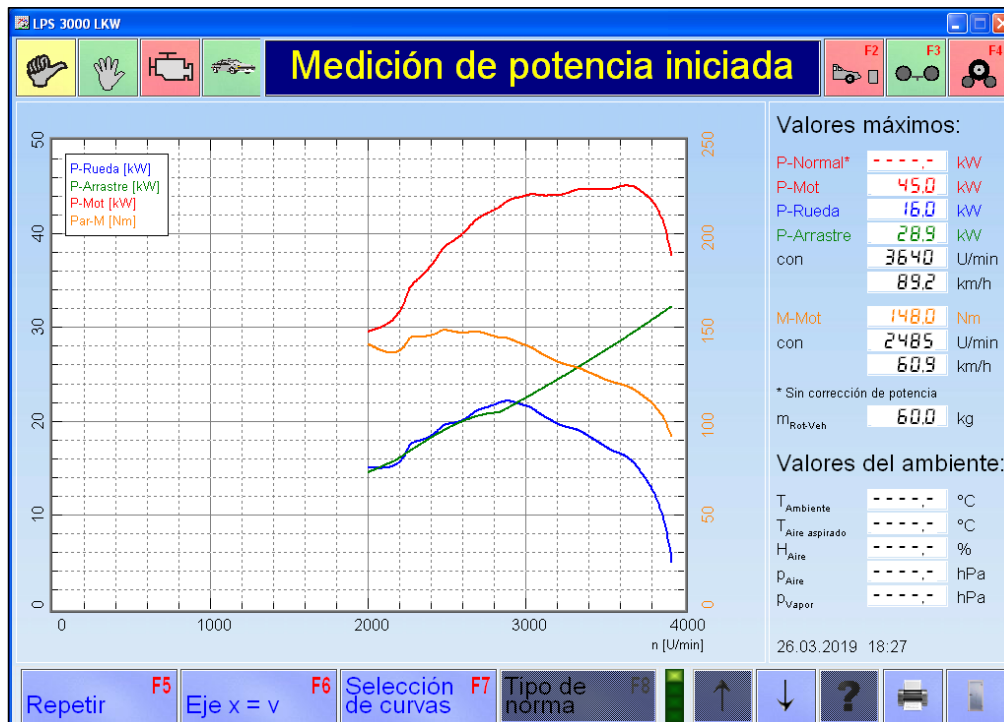


Figura 36. Resultado de torque - potencia

Se obtuvo los siguientes datos de potencia y torque del vehículo Hyundai HD45 sin haber realizado el mantenimiento del sistema de inyección, que se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Resultados de las pruebas en torque – potencia

Pruebas	Torque Nm	Potencia del motor (KW)	Potencia en la rueda (KW)	Potencia de arrastre (KW)	Rpm
1	148.0	45.0	16.0	28.9	3640
2	155.4	59.6	17.3	43.3	3940
3	156.0	58.6	17.9	40.7	3890
promedio	153.13	54.4	17.0	37.6	3823.3

De los obtenidos se obtuvo la potencia máxima del motor de 54.4 KW a 3823.3 rpm, donde esta potencia tiene una pérdida hasta llegar a las ruedas que es de 17.0 KW, por lo tanto la potencia que se aprovecha es de 37.6 KW y un torque máximo de 153.13 Nm a 2670 rpm como se puede observar en la tabla 7, los datos fueron tomados con el vehículo sin haber realizado ninguna modificación.

Tabla 7. Resultado final torque – potencia

Descripción	Valores	rpm
Torque	153.13 Nm	2670
Potencia del motor	54.4 KW	3823.3
Potencia de la rueda	17.0 KW	3823.3
Potencia de arrastre	37.6 KW	3823.3

2.3 Proceso para la medición de opacidad

Los pasos para el proceso de medición se encuentra vigente en la norma NTE INEN 2202 (proceso para medir opacidad en Ecuador) utilizado para medir la opacidad en los centros de revisión técnica del Ecuador.

2.3.1 Calibración del opacómetro

- 1.** Es necesario la calibración del 0%, tanto el receptor y la fuente de luz para que las lecturas sean 0 ya que al medir al inicio existe una ausencia de emisiones de escape.
- 2.** Calibración para el 100%, para la calibración del 100% se debe colocar un filtro de densidad óptica que tenga una opacidad del 100%, el haz de luz ponerlo perpendicularmente para que tome ese valor.
- 3.** Calibración intermedia, en el paso anterior se tiene que utilizar como mínimo 3 filtros de diferente opacidad y sus valores tienen que ser considerables de acuerdo con el rango de 0 a 100%.
- 4.** Insertar los filtros con los valores de opacidad de forma perpendicular hacia el haz de luz.
- 5.** El error producido en cada una de las lecturas debe ser menor al ± 1 % del valor que se puso como referencia.
- 6.** Este tipo de calibración se debe realizar estrictamente como lo dice el fabricante, pero según el manual del opacómetro tecnotest 4032 la calibración se hace automáticamente en el sistema.

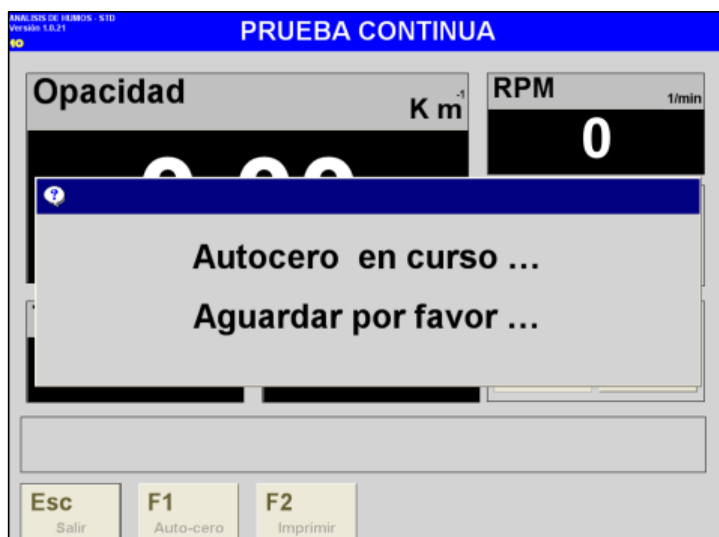


Figura 37. Acerado del equipo

2.3.2 Proceso antes de realizar la prueba

1. Verificar que no exista fugas en el tubo de escape.



Figura 38. Verificación del tubo de escape

2. Comprobar el nivel de aceite recomendado por el fabricante, esto con el motor apagado y el vehículo en un lugar nivelado.

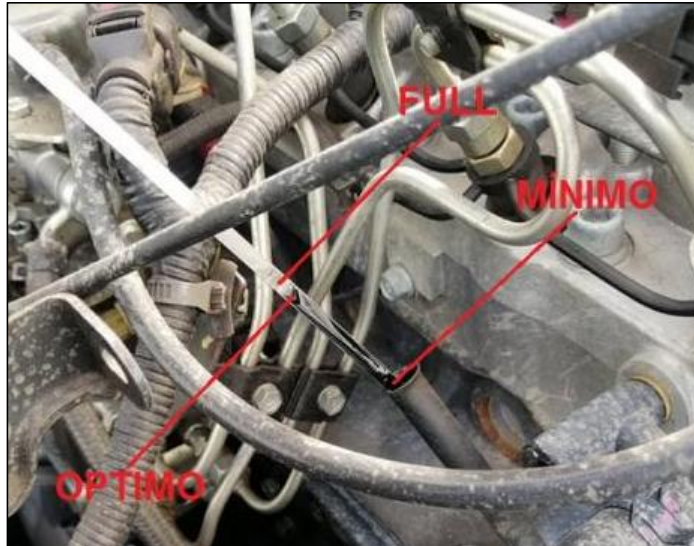


Figura 39. Nivel de aceite del motor

3. Revisar que el vehículo se encuentre con la temperatura de trabajo (90-92 °C).



Figura 40. Temperatura del vehículo

4. Comprobar que la transmisión en posición de neutro.

5. Correr el programa del opacímetro.

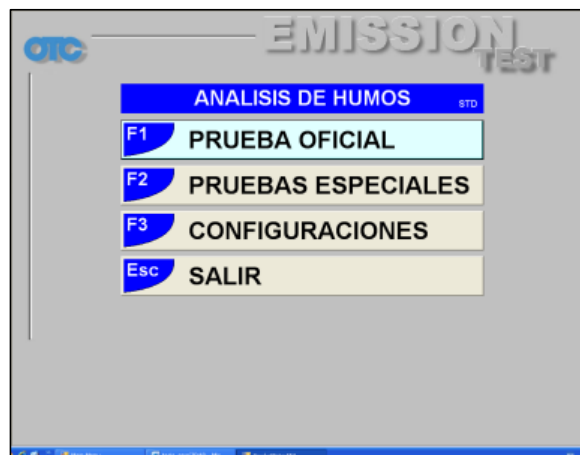


Figura 41. Inicio del programa

6. Realizar un calentamiento del equipo antes de realizar las mediciones reales sin introducir la sonda en el tubo de escape.

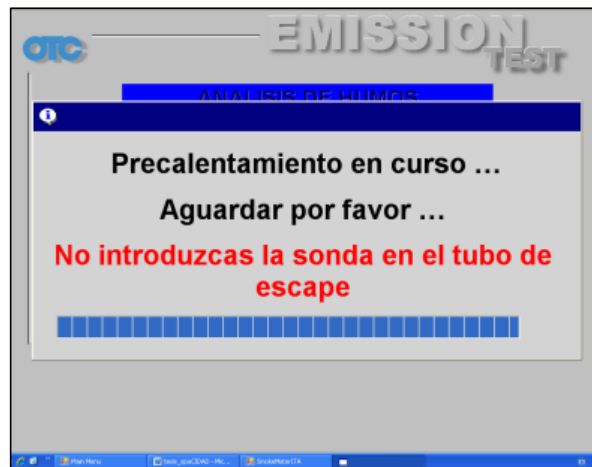


Figura 42. Precalentamiento del equipo

7. El opacímetro deberá marcar cero.



Figura 43. Programa en cero

2.3.3 Proceso durante la medición

1. Verificar que en el acelerador no exista ningún impedimento al momento de presionarlo.
2. Con el motor encendido y en “ralentí” hacer consecutivamente 3 aceleraciones, pasando desde “ralentí” hasta sus máximas revoluciones limpiando así el tubo de escape.

3. Conectar la sonda en la salida del tubo de escape.

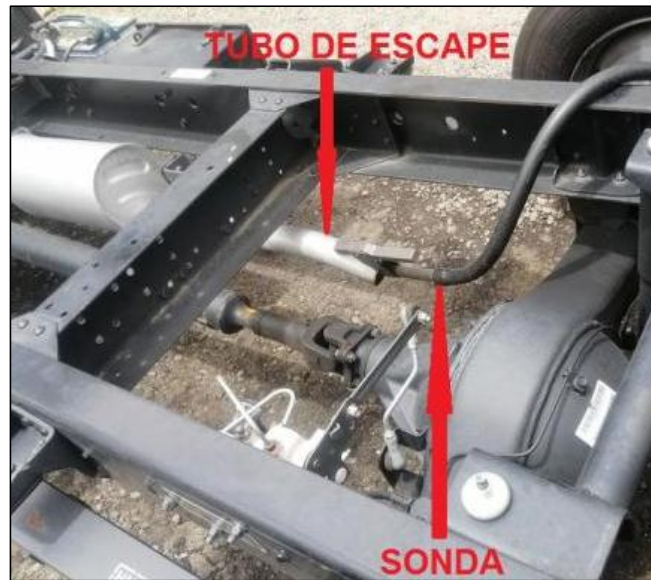


Figura 44. Colocación de la sonda en el tubo de escape

4. Aplicar aceleraciones al vehículo y hacer que regrese a condiciones de “ralentí”.

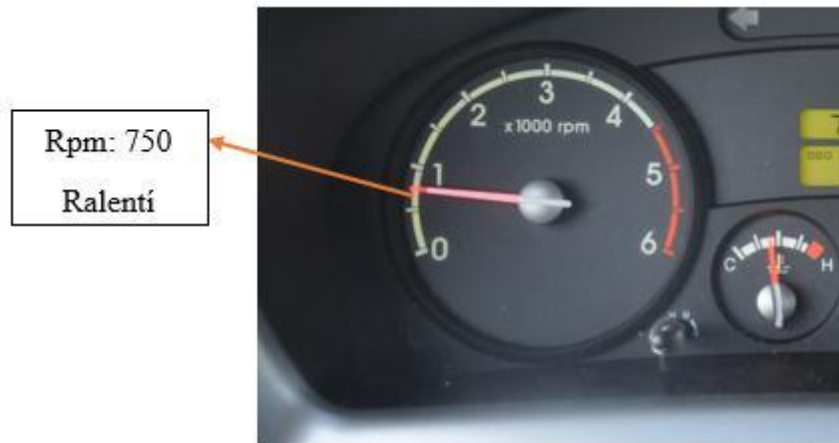


Figura 45. Revoluciones del motor

5. Realizar el proceso anterior por lo menos 6 veces consecutivas.

6. Para cada ciclo de prueba tomar los porcentajes de opacidad máximo, luego de realizar la aceleración y no durante el proceso de aceleración.

7. Para la toma de resultados se deberá adquirir mínimo de 3 lecturas del porcentaje de opacidad que estén en estado estable, dichas lecturas no deberán variar más de un 10% y sin formar una lectura decreciente.



Figura 46. Resultados de opacidad

2.3.4 Diagrama de flujo para medición de opacidad

A continuación, se muestra el diagrama de flujo correspondiente al procedimiento para la medición de opacidad de la sección (2.3.1 - 2.3.3).

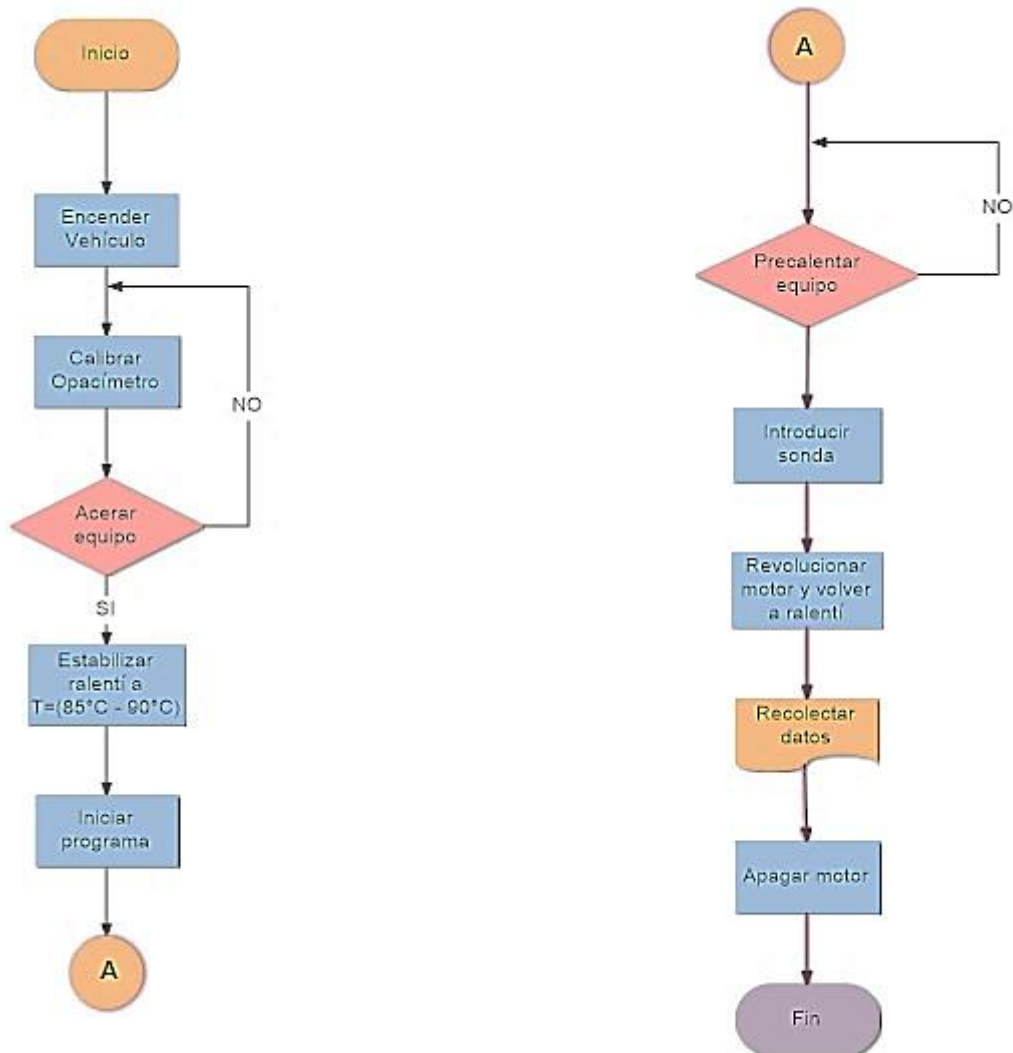


Figura 47. Diagrama para medir la opacidad

2.3.5 Resultados

Para los resultados se realiza una media aritmética de las 3 lecturas validas que se obtuvieron anteriormente.

Los resultados del porcentaje de opacidad obtenidos se muestran en la tabla 8 según el proceso especificado en la norma NTE INEN 2202, obteniendo un nivel de opacidad promedio de 53.4% siendo mayor al límite permitido para pasar la revisión técnica vehicular especificado en la norma NTE INEN 2207 que especifica un límite máximo del 50% de opacidad para vehículos del año 2000 en adelante.

Tabla 8. Resultados de opacidad

pruebas	de opacidad %	Temperatura del motor (°C)	Presión (mbar)	Revoluciones (rpm)
1	53.6	92	3.5	4350
2	51.3	92	3.5	4502
3	55.3	92	3.4	4750
Promedio	53.4	92	3.46	4534

CAPÍTULO 3

3 DIAGNÓSTICO DE AVERÍAS EN EL SISTEMA DE INYECCIÓN

Es necesario saber los rangos de trabajo en los cuales están laborando cada uno de los elementos y componentes del sistema de inyección, es primordial una inspección física y detallada de cada uno de los componentes del sistema; hay que desmontarlos y prepararlos para colocarlos a los bancos de pruebas (inyectores y bomba de inyección rotativa VE) para analizar su estado inicial. En ésta sección se detallan los equipos y procesos para realizar la verificación de los elementos.

3.1 Maquinas herramientas

3.1.1 Banco de pruebas de Inyectores Diésel Mecánicos

Con la ayuda de un comprobador de inyectores Nozzle Tester de procedencia Japonesa, se obtiene la presión de apertura, estanqueidad y goteo de los inyectores.

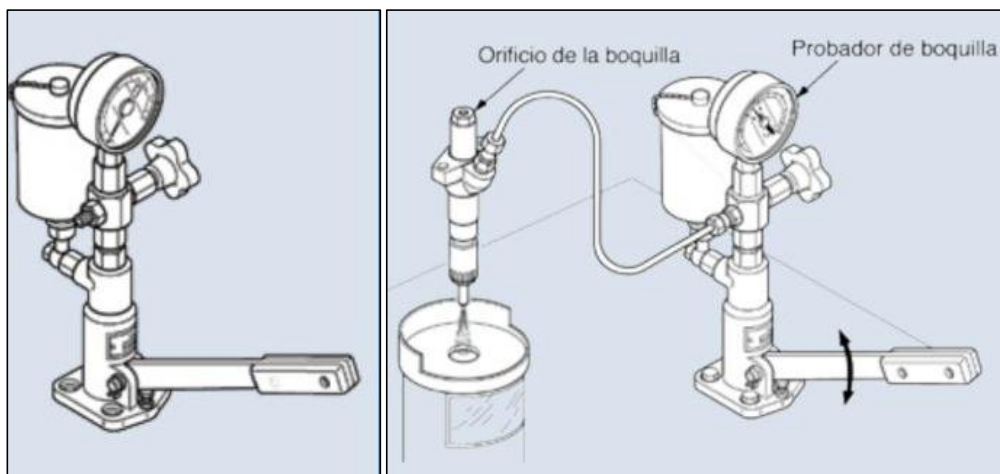


Figura 48. Banco de pruebas

Fuente: (Bosch, 2010)

3.1.1.1 Parámetros técnicos Nozzle Tester

En la tabla 9 se muestra los datos técnicos del banco de pruebas de inyectores Nozzle Tester.

Tabla 9. Parámetros técnicos del banco Nozzle Tester

Nombre del equipo	Nozzle Tester
Máxima presión de prueba	350kgf/cm ²
Volumen de tanque de combustible	400 cc
Dimensión	190x11x390 mm
Modelo	PS400A

3.1.2 Banco de pruebas para bombas de inyección (lineal – rotativa)

Mediante el banco SPEEDMAQ SSX-2012 se obtiene las presiones y entregas de la bomba sin haber realizado el mantenimiento.



Figura 49. Banco de pruebas Speedmaq ssx-2012

Fuente: (SPEEDMAQ, 2012)

3.1.2.1 Especificaciones técnicas

En la tabla 10 se muestra las principales especificaciones del banco de pruebas Speedmaq ssx-2012.

Tabla 10. Especificaciones técnicas

Marca	Speedmaq
Modelo	Ssx-2012
Número de inyectores	12
Rpm	
Sentido de giro	Derecha - Izquierda
Manómetro	0 a 2.5 kg (LDA)
Manómetro	0 a 40 kg (alto)
Manómetro	0 a 7 kg
Valores nominales	18 KW potencia
Nivel de presión sonora	60HZ – 50HZ
Nivel de presión sonora	80 DB máximo
Dimensiones	Ancho:1.64m x Altura:1.615m x profundidad 0.79m
Motor	20 CV
Frecuencia	380V, 60HZ, 50Hz
Bomba para aceite	0 – 7KG
Manómetro	0 – 46 Kg
Capacidad de tubos de ensayo	0 – 60 ml y 0 – 44 ml
Limitador de humo	-
filtro	Delphi EFL-229

3.2 Desmontaje de inyectores de combustible.

Pasos para el desmontaje:

1. Desconectar la alimentación de energía del vehículo, borne positivo (+) de la batería.



Figura 50. Desconexión de alimentación de energía

2. Desconectar la alimentación de las bujías de precalentamiento; un socket compartido con la bomba de inyección y las bujías de precalentamiento se interponen al desmontaje de los inyectores; retirar las bridas de sujeción de las cañerías de los inyectores.

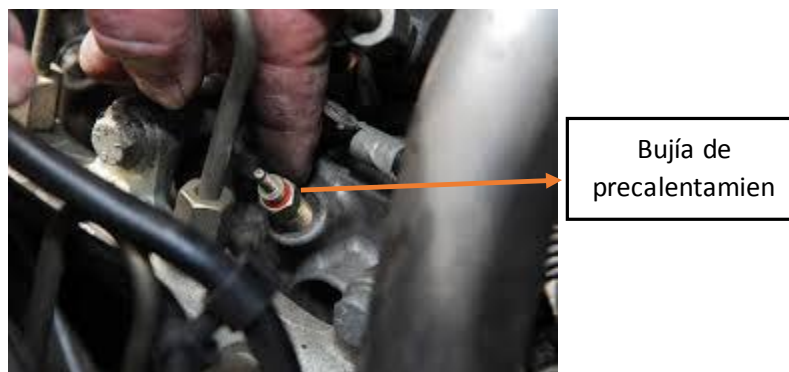


Figura 51. Bujía de precalentamiento

3. Desmontar las cañerías de alimentación de cada inyector, enumerar por número de cilindro.

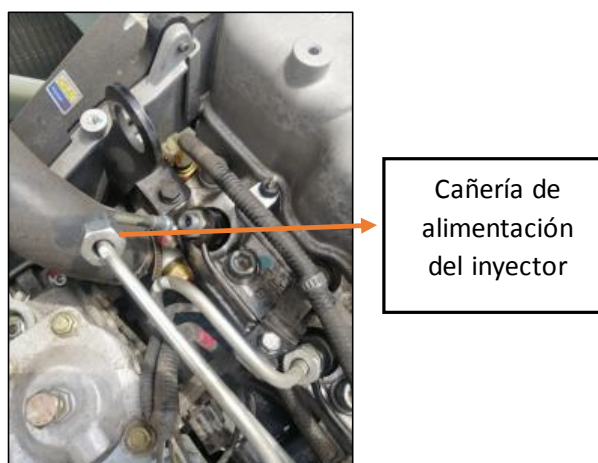


Figura 52. Desmontaje de cañerías de alimentación de inyectores

4. Retirar las tuercas de apriete de la cañería de retorno, la cañería que conduce el combustible acumulado en la bomba.



Figura 53. Desmontaje de cañería de retorno de los inyectores

5. Retirar las arandelas de retorno que posee cada inyector, colocar spray WD-40 en la cavidad donde está montado el inyector.



Figura 54. Arandela de retorno de combustible de inyector

6. Dejar actuar alrededor de 5 minutos el producto WD-40, después aflojar el inyector desde la tuerca para que salga armado, señalar la ubicación de los inyectores por número de cilindro.



Figura 55. Extracción de inyectores

7. Retirar las arandelas de cobre de los inyectores.



Figura 56. Desmontaje de arandelas de punta de inyectores

3.3 Inyectores

Los inyectores que operan en el motor Hyundai D4BH son inyectores DELPHI 001-hg05

3.3.1 Datos Técnicos del Inyector.

En la tabla 11 se da a conocer los datos técnicos de los inyectores DELPHI 001-hg05

Tabla 11. Datos técnicos del inyector

Número de identificación	DELPHI 001-hg05
Número de Tobera	BDN0PDN 112
Presión de apertura según fabricante.	130 kgf/cm ²
Tipo de tobera	Tobera de espiga

3.3.2 Estado Inicial de Inyectores.

Clasificados por el número de cilindro se identifican: Inyector 1 correspondiente al cilindro 1; Inyector 2 cilindro 2; Inyector 3 cilindro 3 e Inyector 4 cilindro 4.



Figura 57. Inyector

Montar cada inyector en el comprobador.

3.3.2.1 Montaje del inyector en el banco de pruebas.

1. Colocar aceite de pruebas hasta la medida indicada en el recipiente del comprobador.
2. Montar una cañería desde la salida del comprobador hasta la alimentación del inyector, ajustar los racores.



Ajuste de
inyectores

Figura 58. Ajuste de inyectores

3. Cerrar la pinza de sujeción del banco alrededor del inyector.



Sujeción
del inyector

Figura 59. Cierre de pinzas de sujeción

4. Conectamos la alimentación de aire del banco para aspirar el líquido atomizado.

5. Encender el extractor de olores.

3.3.2.2 Verificación del estado del inyector

Evaluar el funcionamiento del inyector con pruebas de verificación como: presión de apertura, estanqueidad, sonido y forma de chorro.

NOTA: No debe existir goteo en el inyector.

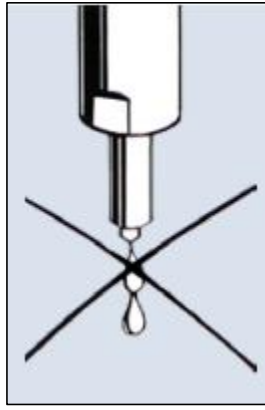


Figura 60. Goteo de tobera

Fuente. (BOSCH, 2000)

La forma de chorro es importante verificar la forma del chorro o spray, que sea homogéneo en todos los agujeros, como en la siguiente figura:

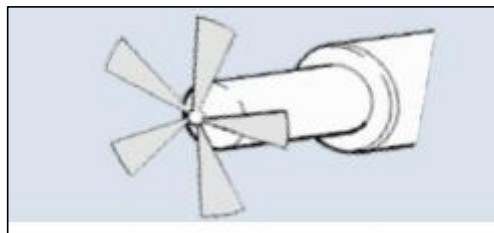


Figura 61. Forma de chorro del inyector (buen estado)

Fuente. (BOSCH, 2000)

Chorros no homogéneos o irregulares son inaceptables y toca revisar las piezas o problemas de suciedad

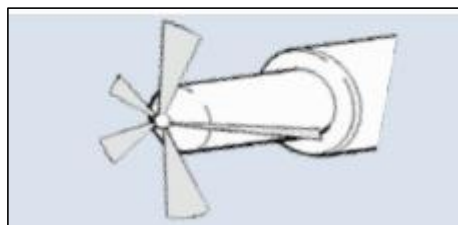


Figura 62. Forma de chorro del inyector (mal estado)

Fuente. (BOSCH, 2000)

3.3.2.2.1 Sonido y forma del chorro

Es una propiedad de los inyectores nuevos, sonar al funcionar (chirrido o rechinado) estos dependen de la forma geométrica del asiento de la aguja del cuerpo del inyector, con el trabajo del inyector esta propiedad se va perdiendo con el tiempo de trabajo.

Los Inyectores usados deben mantener su estanqueidad después de su regulación.

3.3.2.2.2 Prueba de presión de apertura

Liberar la presión del banco, lentamente bajar la palanca del probador de inyectores, la presión de apertura del inyector se da cuando la presión cae repentinamente.

3.3.2.2.3 Prueba de estanqueidad

Verificar que no presente goteo el inyector durante 10 segundos, sometiéndolo en el banco a una presión de 20 bares menos que la presión de apertura del inyector; liberar la perilla del probador de inyectores y verificar que la pluma indicadora de presión baje lentamente.

3.3.2.2.4 Análisis de estándares de pulverización




Cierre la perilla del probador, aplicar la palanca del inyector en distintos pasos (0,5 a 2 ciclos/seg). El aceite de calibración debe mantener la forma estándar de pulverizado.

3.4 Resultados

Se puede determinar que los inyectores al tener baja presión de apertura en estado inicial comparándola con la requerida del fabricante presentan goteo y una mala pulverización; a continuación, presentamos un cuadro de resultados de los 4 inyectores para analizar su estado.

Tabla 12. Resultado en inyectores.

Número de inyector	Presión de apertura en estado inicial	Estanqueidad	Goteo
1 	105 kgf/cm ²	Mantiene estanqueidad	No presenta goteo

<p>2</p> 	<p>100 kgf/cm2</p>	<p>No mantiene estanqueidad</p>	<p>Presenta goteo</p>
<p>3</p> 	<p>115 kgf/cm2</p>	<p>Mantiene estanqueidad</p>	<p>No presenta goteo</p>
<p>4</p> 	<p>100 kgf/cm2</p>	<p>No mantiene estanqueidad</p>	<p>Presenta goteo</p>

3.5 Desarmado del Inyector.

1. Colocar el inyector en el porta inyectores, sujetar con las mordazas alrededor de la tuerca immobilizándola, aflojar el cuerpo del inyector de tal manera que no se desprenda completamente.

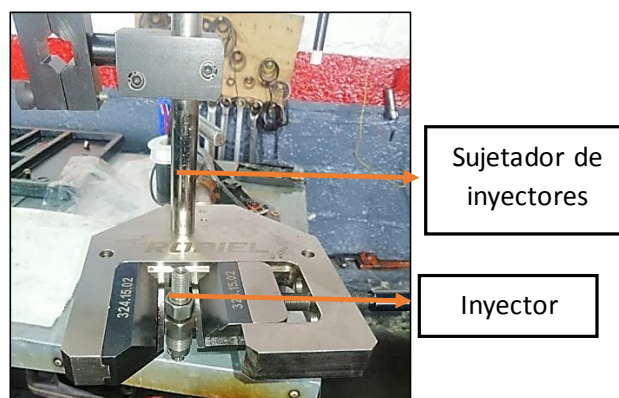


Figura 63. Desarmado del inyector

2. Retirar por completo la tuerca del cuerpo del inyector, evitar que las piezas internas pierdan su orden.



Figura 64. Desarmado del inyector

Fuente: Autor

2. Retirar la tobera y separador intermedio en un bloque, arandela gruesa, resorte y pieza de elevación en otro bloque; revisar el orden y posición de las partes.

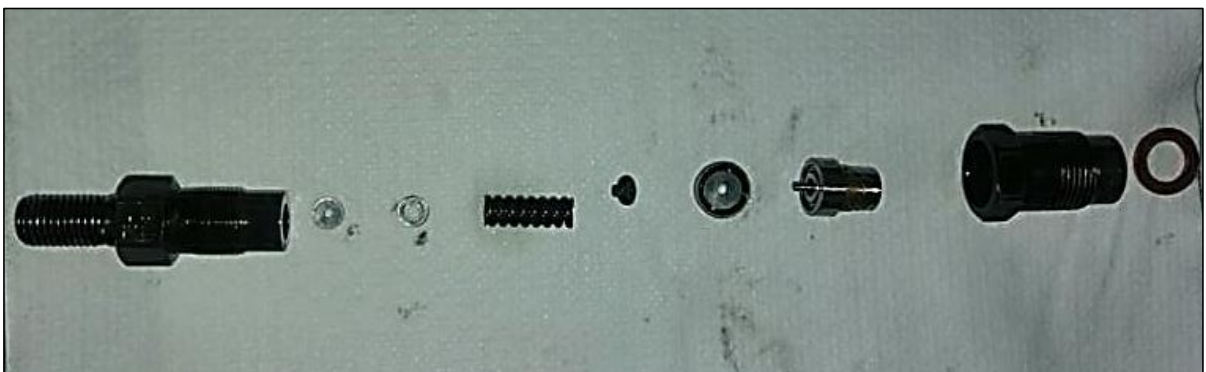


Figura 65. Partes del inyector

3.5.1 Inspección de elementos del inyector.

Inspeccionar visualmente cada uno de las partes que conforman el inyector.

3.5.1.1 Toberas

El Tester de inyectores mecánicos no siempre brinda una evaluación adecuada del estado de la tobera ya que puede trabajar de manera correcta dentro del banco de pruebas y de manera errada cuando se monta en el motor, debido a las altas temperaturas en las que trabaja; se debe realizar una inspección visual de la aguja de la tobera su aspecto físico (ralladuras, abolladuras) y coloración indicarán su estado, verificar que la aguja

gire y se deslice libremente dentro del porta aguja, inspeccionar que el porta aguja no presente agujeros en su base.



Figura 66. Toberas

La coloración oscura-azulada en la punta de la tobera indica que se encuentra quemada o recalentada.

Las toberas que presentan una coloración marrón indican que han trabajado a baja presión de apertura, sin embargo, aún cuentan con vida útil, por lo que son sometidas a un mantenimiento correctivo.

3.5.1.2 Cuerpo del Inyector.

El inyector al ser un elemento de precisión todos sus componentes deben acoplarse de una manera íntegra; el cuerpo del Inyector no debe presentar huella de mal asentamiento del separador, de darse este caso el inyector no podrá cumplir con las presiones de apertura requeridas.



Figura 67. Cuerpo del inyector

Las partes oscuras como las ralladuras o irregularidades que presenta el cuerpo del inyector indican sus malas condiciones en las que se encuentra, por lo que deben ser sometidos a una rectificación.

3.5.1.3 Separador intermedio.

Se mantiene la misma ideología de diagnóstico que en el cuerpo del inyector. Observar la presencia de ralladuras y coloración en el separador intermedio.



Figura 68. Separador

Los separadores deben ser sometidos a rectificación debido a la coloración y rayones que presentan.

3.5.1.4 Estado de las partes del inyector

En la figura 69 se muestra las partes de los inyectores para su inspección visual



Figura 69. Partes del inyector para inspección visual

En la tabla 13 se muestra el estado de cada una de las partes de los inyectores.

Tabla 13. Estado de los inyectores

Número de Inyector	Contiene alzas de calibración	Cuerpo del Inyector	Arandela gruesa	Resorte	Pieza de elevación	Separador Intermedio	Tobera
1	NO	presente a rayones	en buen estado	en buen estado	en buen estado	coloración oscura	coloración oscura
2	NO	presente a rayones	en buen estado	en buen estado	en buen estado	coloración oscura	
3	NO	coloración	en buen estado	en buen estado	en buen estado	coloración oscura	
4	NO	coloración	en buen estado	en buen estado	en buen estado	coloración oscura	

3.6 Desmontaje de bomba rotativa.

3.6.1 Calado de bomba rotativa VE en el motor D4BH.

De no realizarse el calado, la sincronización de la bomba con los elementos: piñones de cigüeñal, el motor presenta las siguientes fallas:

Motor no enciende, cascabelea, humea demasiado, no desarrolla adecuadamente etc.

1. Para la puesta a punto comenzar por el desmontaje de la tapa de válvulas, el orden de encendido es (1-3-4-2) observar el cruce de válvulas del cilindro #4, esto indica que el cilindro número #1 se encuentra en la fase de compresión.

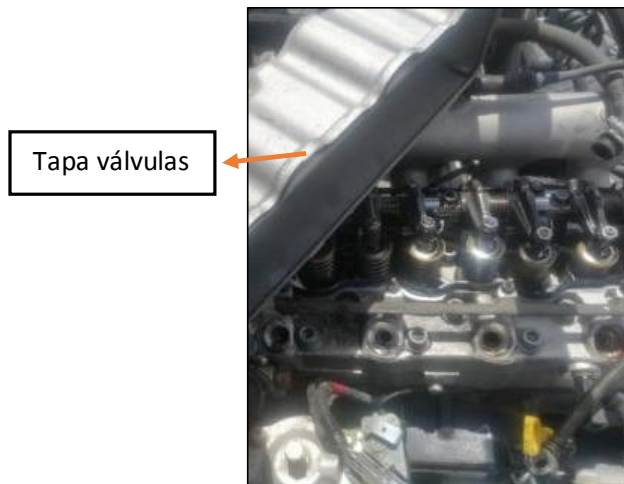


Figura 70. Desmontaje del tapa válvulas

2. Retirar la tapa de la distribución.

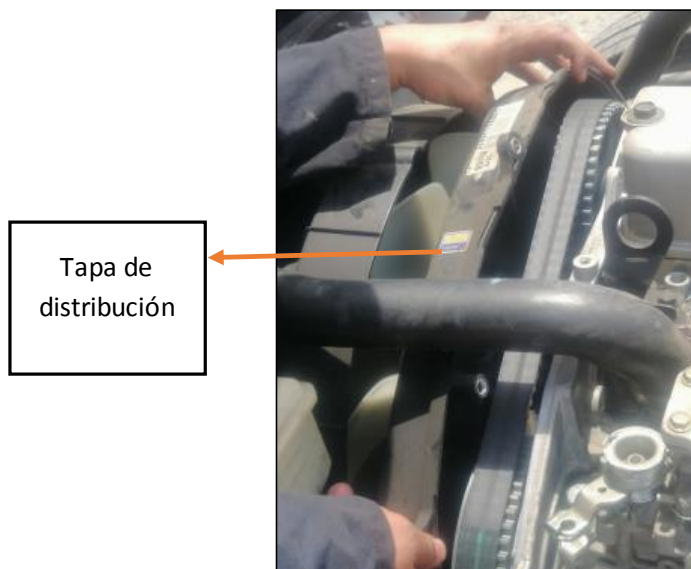


Figura 71. Desmontaje de la tapa de distribución

3. Los puntos de indicación fijos deben coincidir con los puntos de indicación móviles correspondientes a las ruedas dentadas de: bomba, eje de levas y señal de la polea del cigüeñal.

4. Coincidir el punto de sincronización de rueda dentada de bomba de inyección.

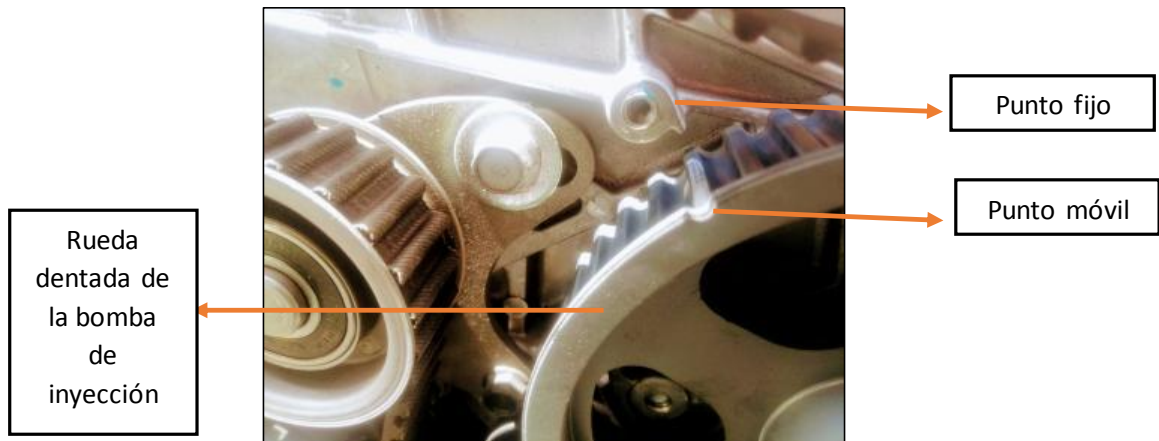


Figura 72. Calado de la bomba

5. Sincronizar el punto de rueda dentada del eje de levas con su punto fijo.

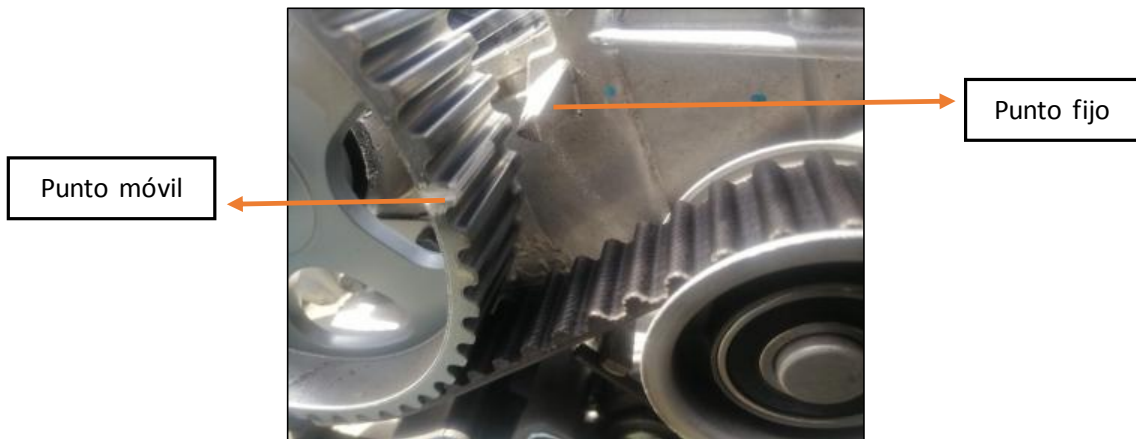


Figura 73. Calado de la bomba

6. Alinear el punto de la polea del cigüeñal

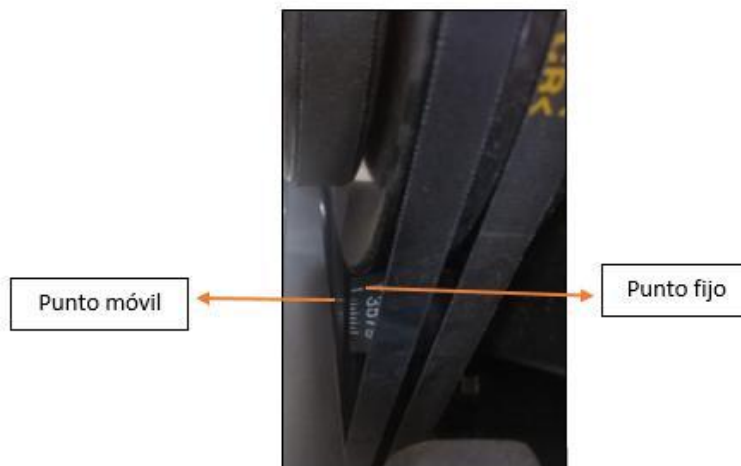


Figura 74. Punto de polea del cigüeñal

Vista general del calado del motor.

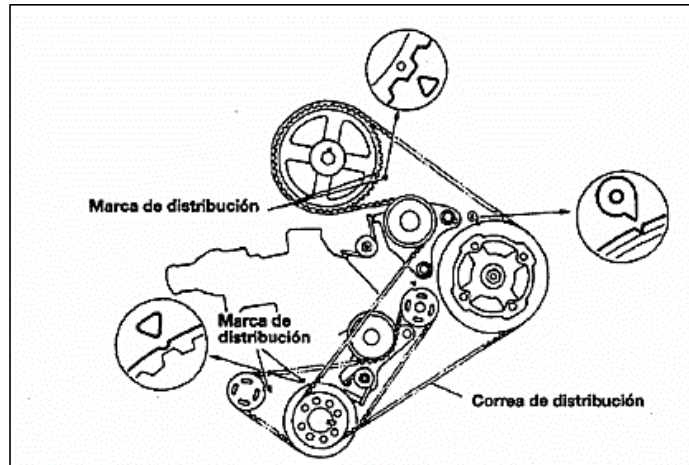


Figura 75. Vista general del calado del motor

Fuente: (BOSCH, 2000)

3.6.2 Desmontaje

1. Aflojar la tuerca de sujeción de la bomba sin retirarla, inmovilizar la rueda dentada de la bomba con la banda dentada de distribución para asegurar su sincronización.



Figura 76. Inmovilización de la rueda dentada

2. Desconexiones eléctricas de tacómetro, solenoide y socket principal.



Figura 77. Desconexión eléctrica

3. Desconectar el cable del acelerador.

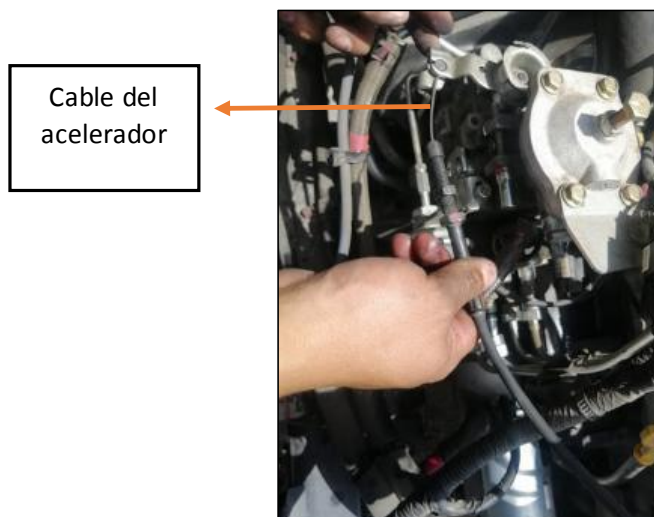
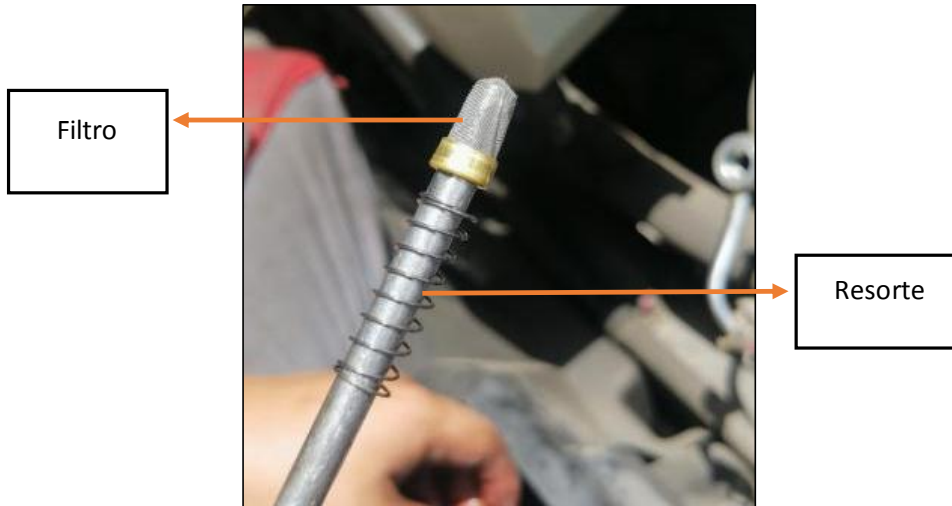


Figura 78. Desconexión del cable de aceleración

4. Desconectar el nepló de entrada de combustible a la bomba, retirar el resorte y filtro.



Figura 79. Retiro de resorte y filtro



Filtro

Resorte

Figura 80. Resorte y filtro

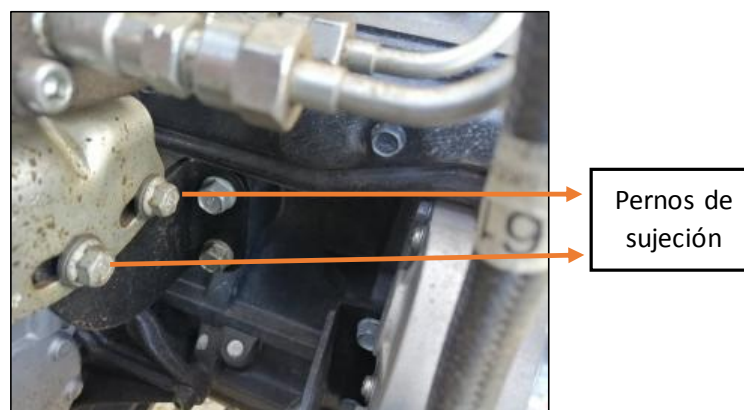
5. Retirar el estrangulador de rebose con sus cañerías.



Estrangulador
de rebose

Figura 81. Desconexión de estrangulador de rebose.

6. Aflojar los pernos de sujeción de la base de la bomba.



Pernos de
sujeción

Figura 82. Pernos de sujeción

7. Extraer las tuercas frontales de sujeción de la bomba, señalar la posición en la que se encuentra, esto indica el adelanto a la inyección en grados a la que está ubicada la bomba en tiempo inicial.

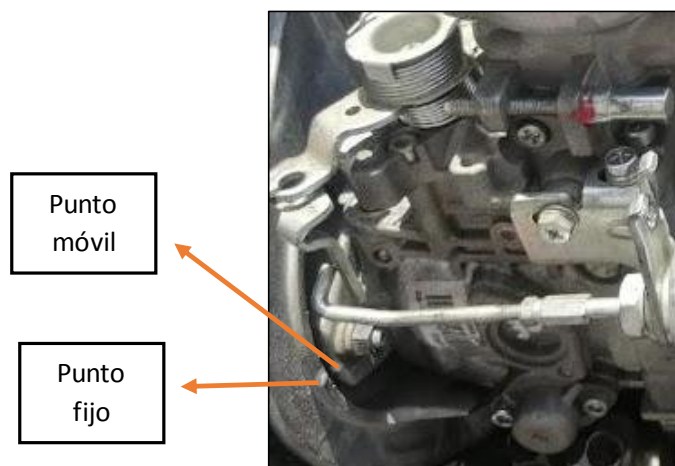


Figura 83. Posición de la bomba

8. Retirar hacia atrás la bomba de inyección quedando completamente desmontada, taponar todos los conductos de la bomba y realizar un lavado general.



Figura 84. Bomba desmontada

3.7 Montaje de la bomba de inyección al banco SPEEDMAQ SSX-2012

3.7.1 Montaje de transmisión

Colocar el acople correspondiente para bombas rotativas tipo VE.

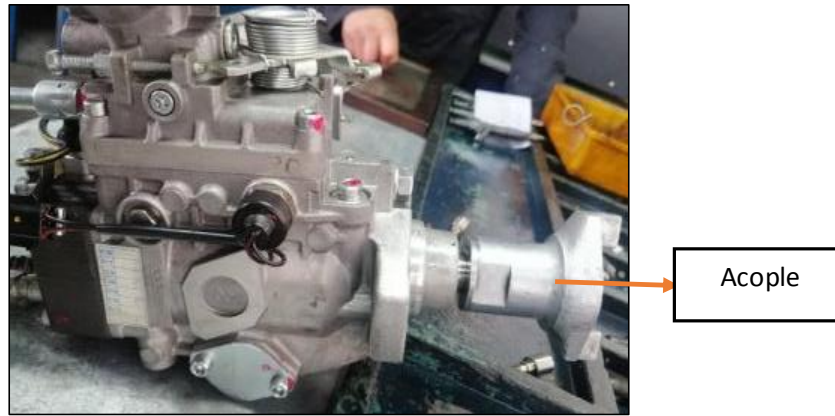


Figura 85. Montaje de transmisión

3.7.2 Centrado de bomba

El banco tiene múltiples opciones de prueba para diferentes tipos de bomba de inyección utilizar el soporte correspondiente para bombas de inyección rotativas VE, en el cual se apoyará la bomba centrándose y acoplándose al dumper del banco de pruebas; fijar los pernos de sujeción.

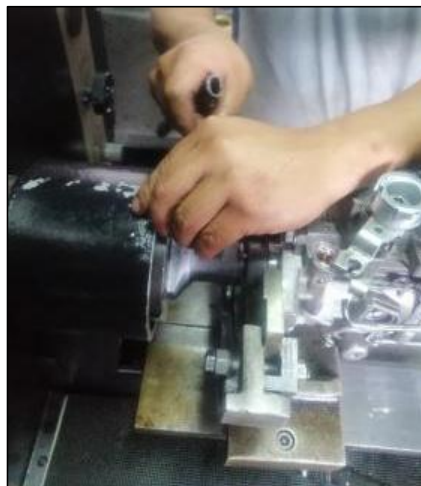


Figura 86. Soporte de montaje

Introducir el acople de la bomba de inyección en el dumper del banco de pruebas, ajustar los pernos del soporte y del dumper.

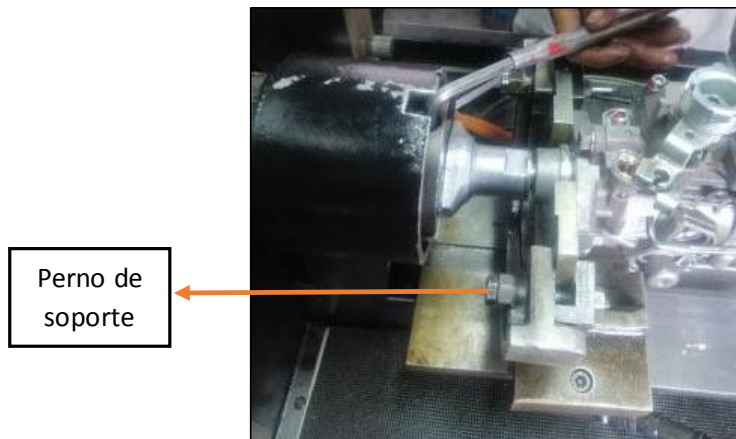


Figura 87. Ajuste de pernos de soporte

3.7.3 Montaje de cañerías y solenoide

1. Realizar las conexiones de alimentación y retorno de aceite de prueba, con sus respectivas arandelas.

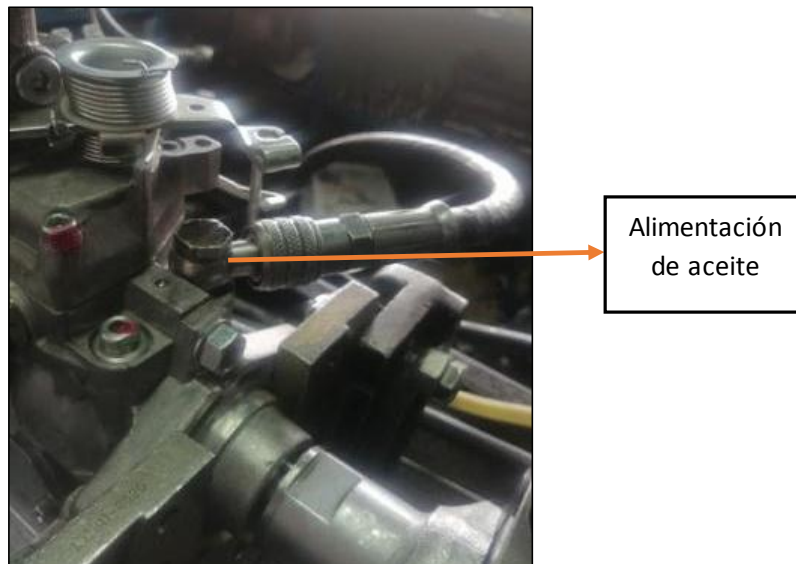


Figura 88. Conexión de alimentación y retorno de aceite

2. En la conexión del retorno de aceite de pruebas lleva un acople especial con la finalidad de conectar un manómetro para medir la presión de transferencia, sobre este acople conectar la cañería de retorno.



Figura 89. Conexión en banco de pruebas

4. Conectar la alimentación del solenoide (12v).

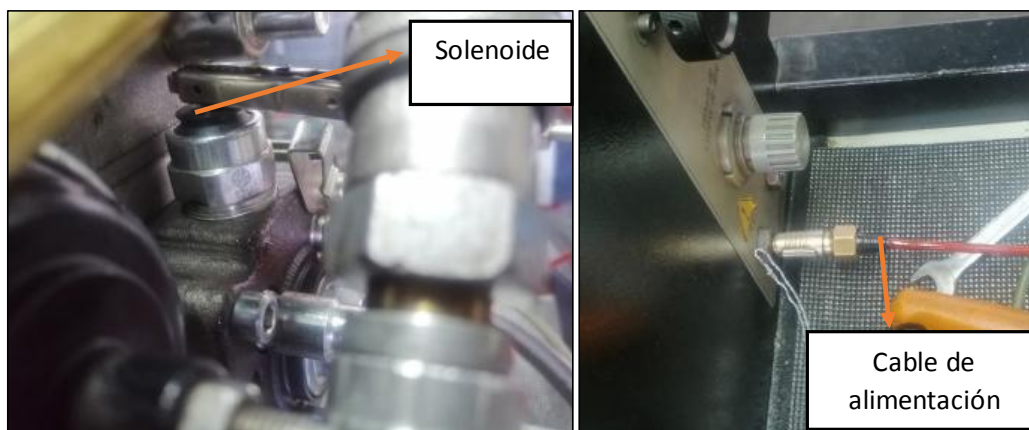


Figura 90. Conexión de alimentación a solenoide

3.7.4 Montaje del reloj medidor de avance.

El reloj medidor de avance se ubica en el lado al cual corresponde el sentido de giro de la bomba de inyección (izquierdo).

1. Retirar la tapa izquierda del pistón de avance, colocar un O-RING.

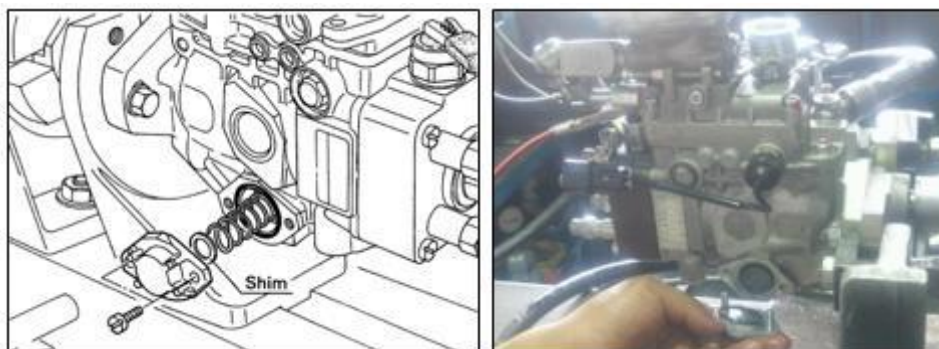


Figura 91. Colocación del O-RING

Fuente: Autor (Bosch, 2010)

2. Montar el reloj medidor de avance sujetándolo con 2 pernos.

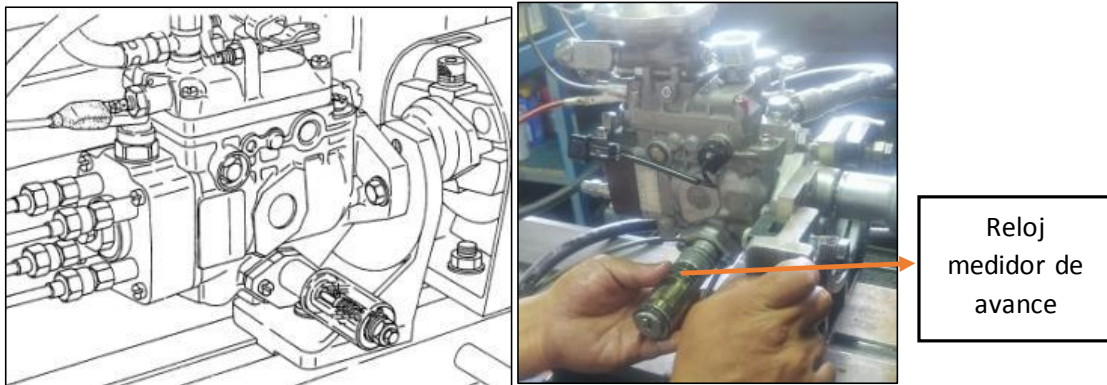


Figura 92. Montaje del reloj medidor de avance

3. Conectar la alimentación de aire.

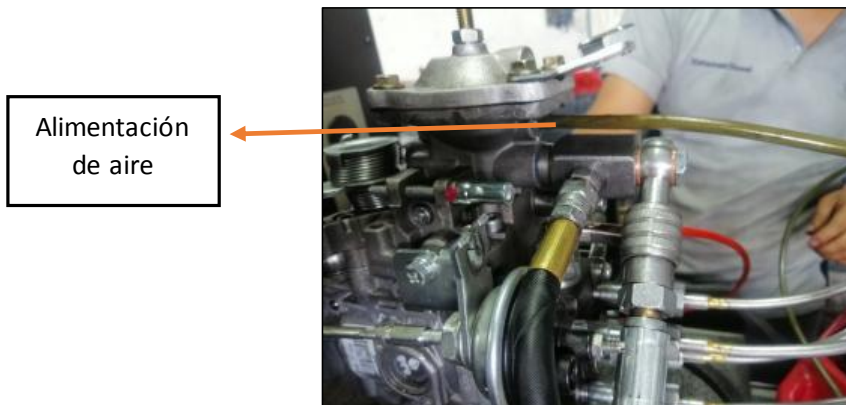


Figura 93. Conexión a la alimentación de aire

4. Calibrar los inyectores de prueba a 130 Kgf/cm²



Figura 94. Inyector de prueba

5. Conectar las cañerías a cada uno de los inyectores de prueba.



Figura 95. Conexión de cañerías de inyectores

Encender el interruptor principal del banco, en el panel digital seleccionar el sentido de giro del eje de la bomba de inyección, encender el motor, seleccionar motor de alimentación de aceite de prueba y ajustar la presión de alimentación interna del banco en 0,2 kgf/cm², girar el dumper del banco de pruebas a 100 rpm y verificar que no exista ningún tipo de fuga de aceite de prueba y que el eje de la bomba gire con total libertad.

Purgar el sistema a 1100 rpm con la mariposa de aceleración a capacidad máxima.

3.7.5 Proceso de medición

Someter la bomba a los regímenes de trabajo especificados en la tabla del fabricante, respetando las condiciones de prueba.

3.7.6 Resultados obtenidos

En la tabla 14 se muestra los resultados obtenidos en el banco de pruebas de la bomba de inyección.

Nomenclatura y Unidades:

Rpm = Revoluciones por minuto

C.A = Con presión de aire de (0,5kgf/cm²)

S.A = Sin presión de aire

ml = mililitros

Presión de transferencia = En kg/cm²

Recorrido de pistón de avance = En mm (milímetros)

Tabla 14. Resultados de inyección de la bomba en estado inicial.

Estado	rpm	Strokes	Con aceleración	C.A/ S.A	ml	Presión de transferencia (bar)	Recorrido del pistón de avance (mm)
Arranque	100	100	NO	S.A	11	0.5	
Ralentí	350	100	NO	S.A	2	2.6	
Picada	500	100	NO	S.A	4	3.2	
			SI	C.A			
Fuerza	800	100	SI	C.A	4	4	1
			SI	S.A			
Torque	1250	100	SI	C.A	5	5	3
			SI	S.A			
	1500	100	SI	C.A	5	5.6	5
Plena carga	1750	100	SI	C.A	5	6	6
	2000	100	SI	C.A	5	6	7
Corte	2700		SI	C.A			

CAPÍTULO 4

4 CORRECCIÓN DE FALLOS Y OBTENCIÓN DE DATOS

4.1 Desarmado de Bomba de inyección Rotativa tipo VE.

1. Ubicar en el sujetador para bombas de inyección rotativas tipo VE.
2. Desmontar el eje del acelerador.

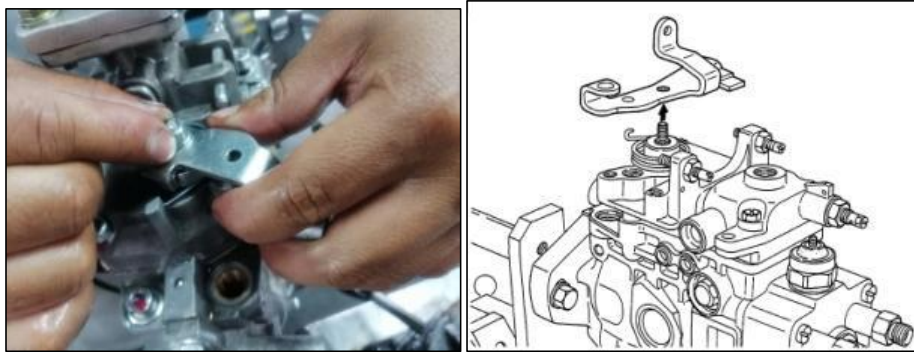


Figura 96. Desmontaje de eje del acelerador.

3. Retirar los pernos de sujeción de la tapa del regulador y empujar hacia abajo el eje del acelerador.

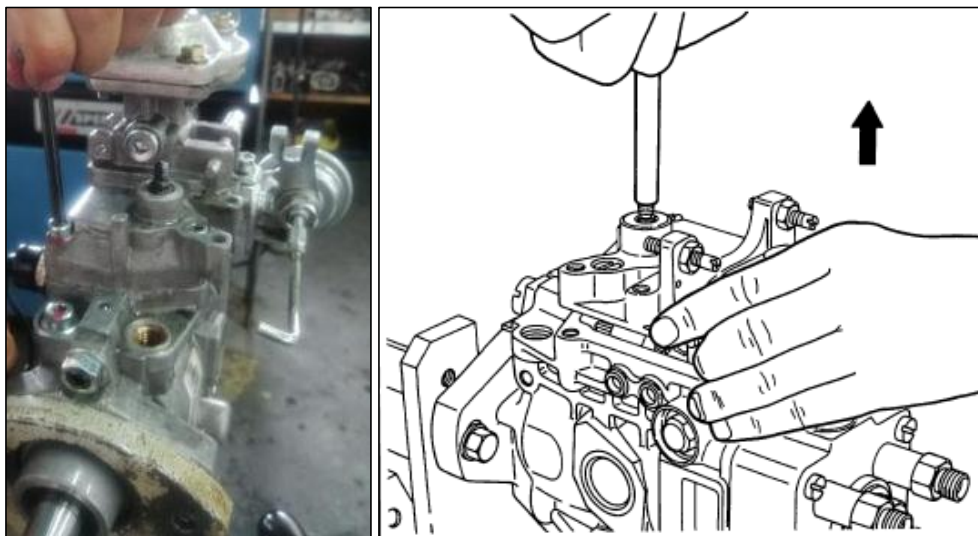


Figura 97. Desmontaje de la tapa del acelerador.

4. Retirar el eje del acelerador

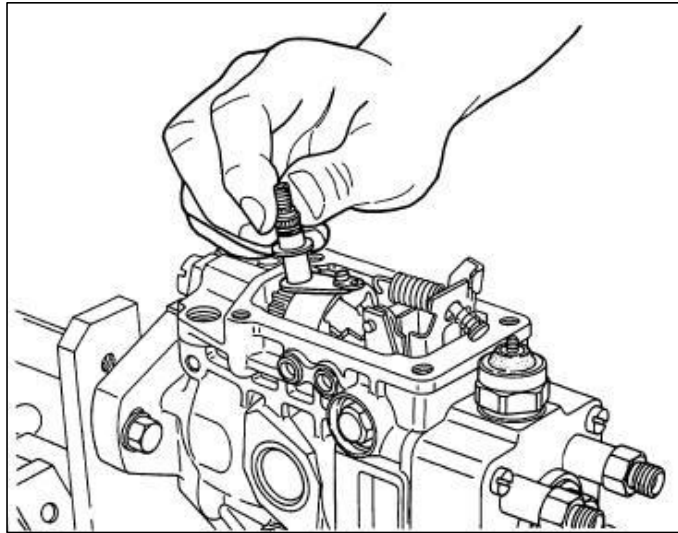


Figura 98. Desmontaje del eje de acelerador.

Fuente: (ZEXEL, 2000)

5. Retirar el resorte del eje del acelerador.



Resorte del eje del acelerador

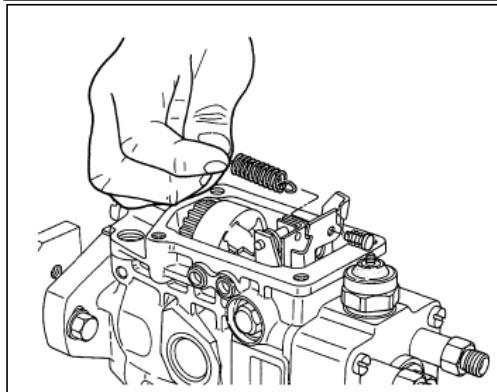


Figura 99. Desmontaje de resorte del eje del acelerador.

6. Extraer el eje del regulador por lo general con un hexágono de 5mm, retirar las contrapesas junto con sus arandelas; el eje del regulador atraviesa las contrapesas y las arandelas.

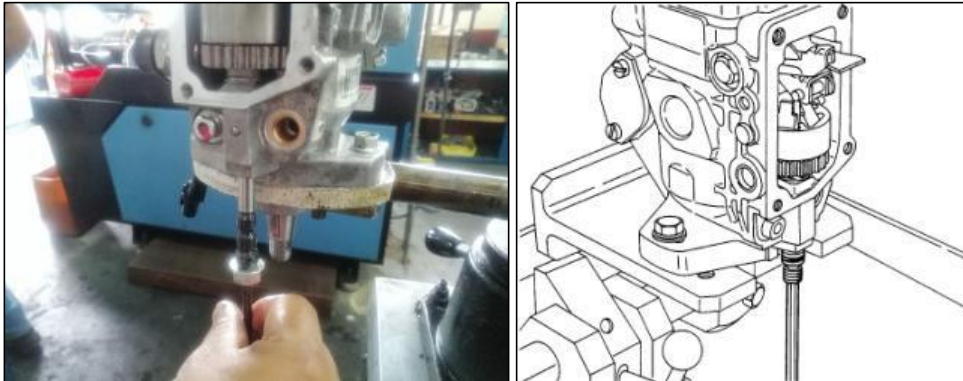


Figura 100. Desmontaje del eje del regulador.

4.1.1 Medición del valor “K”

Liberar la tapa del cabezal, medir el valor de “k” (distancia desde la superficie del plunger hasta la superficie en la que reposa la tapa del cabezal), para evaluar y comparar con la tabla del fabricante.

El valor está directamente relacionado con la dimensión que recorre el plunger.

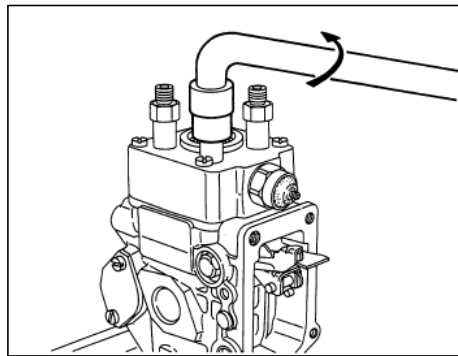


Figura 101. Desmontaje de la tapa de cabezal.

Fuente: Autor

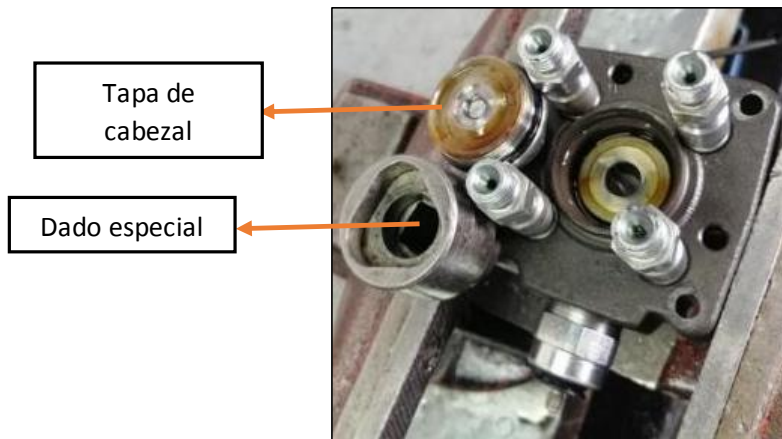


Figura 102. Desmontaje de la tapa de cabezal.

Medir el valor de “k” desde la superficie superior del plunger (punto A) hasta la superficie en la que reposa la tapa del cabezal (punto B).

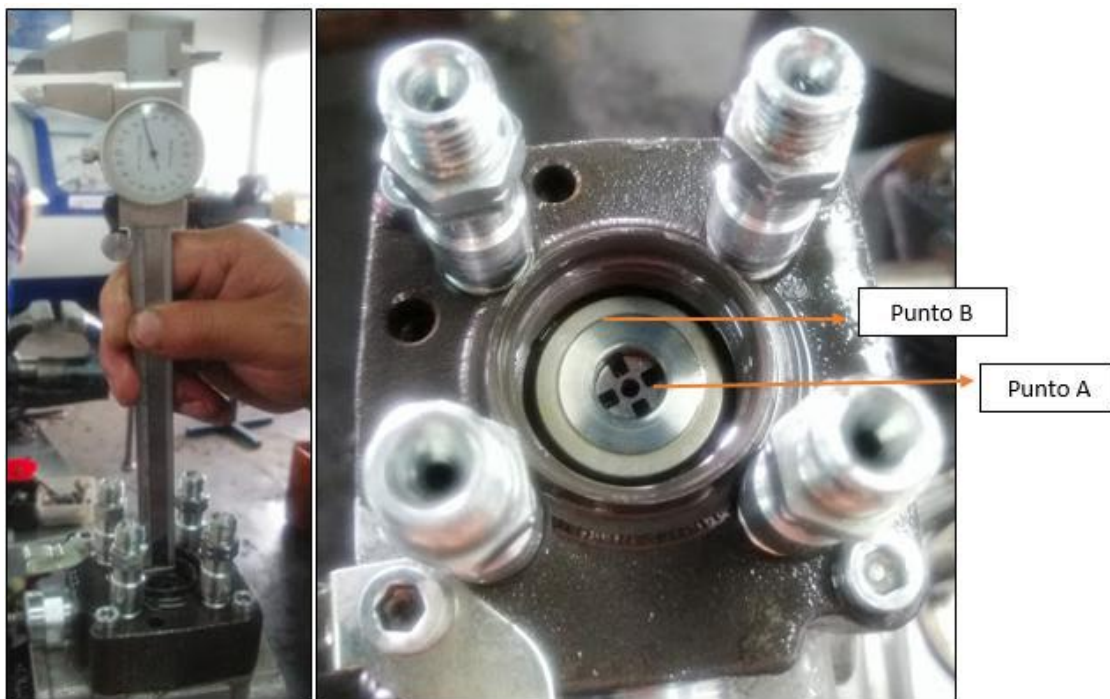


Figura 103. Obtención de valor de ‘k’.

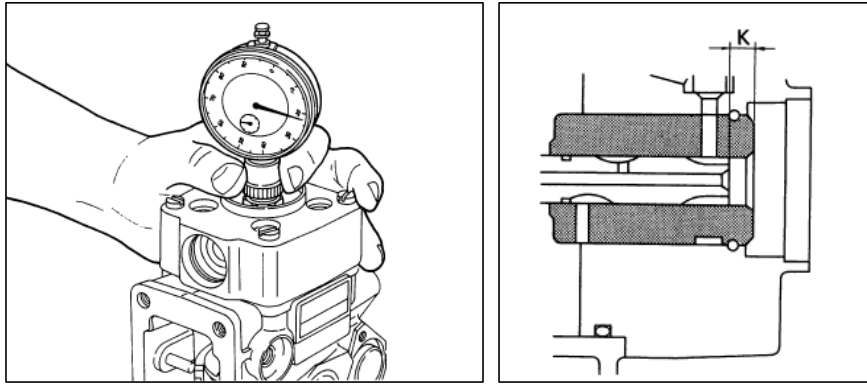


Figura 104. Obtención de valor de ‘k’.

Fuente: Autor

El valor de “k” en estado inicial=3.4mm

Valor de “k” proporcionado por el fabricante 3.5mm mínimo y 3,6mm máximo.

Diferencia de 1 décima de milímetro para el valor mínimo dado por el fabricante.

7. Sacar los 4 pernos de sujeción del cabezal, de forma vertical para asegurar que el conjunto salga armado.

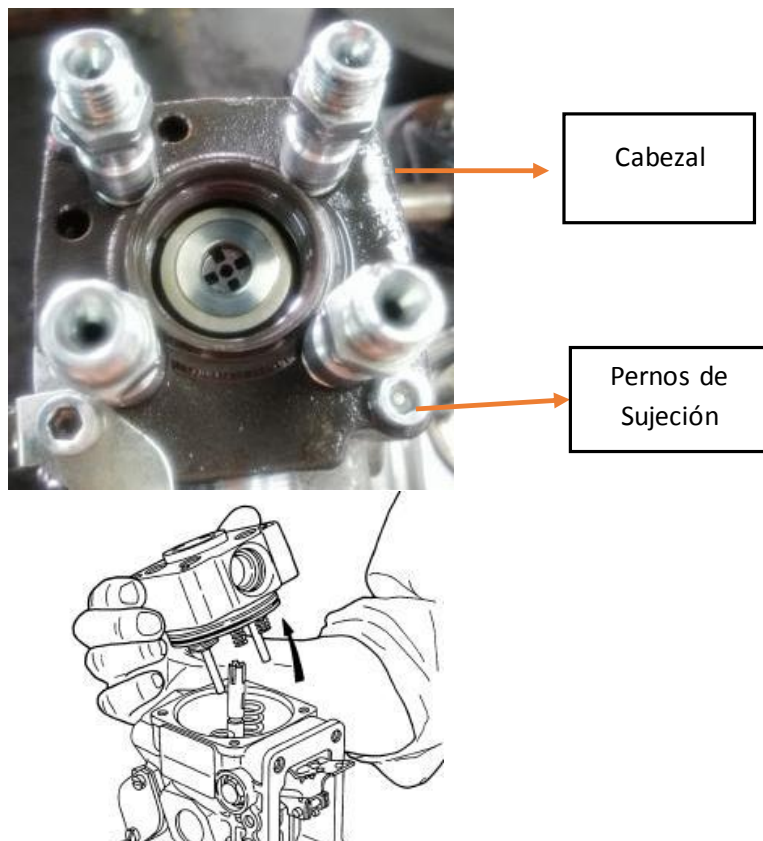


Figura 105. Desmontaje del cabezal.

Fuente: Autor

4.1.2 Medición del valor “kf”

Medir la distancia de “kf” como se muestra en la figura 113, colocar el pie de rey desde la superficie donde reposan los resortes (punto A) hasta la parte exterior de la placa de presión (punto B).

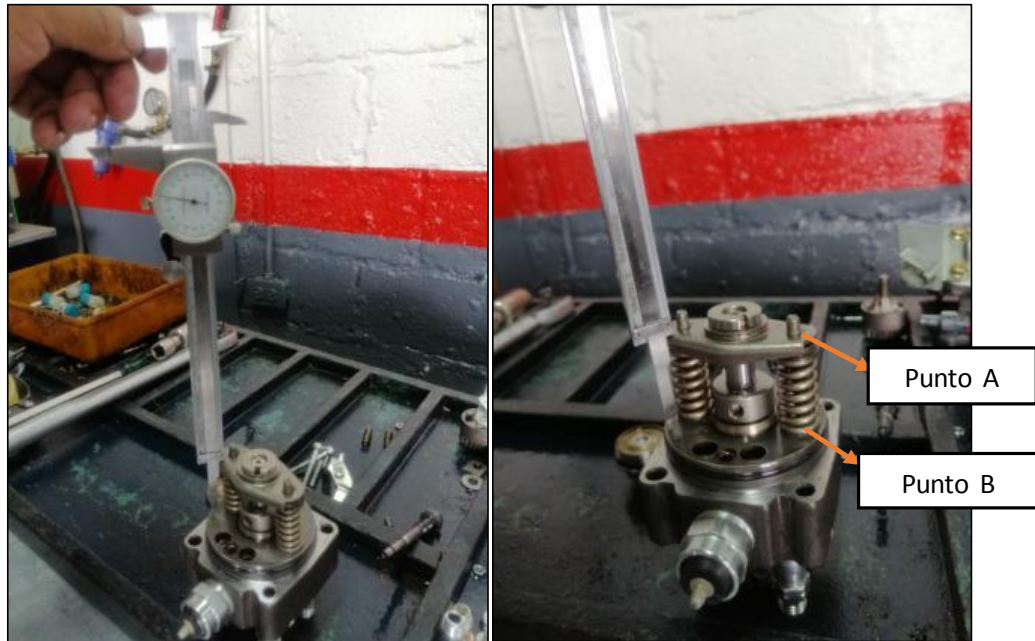


Figura 106. Medición del valor de “kf”.

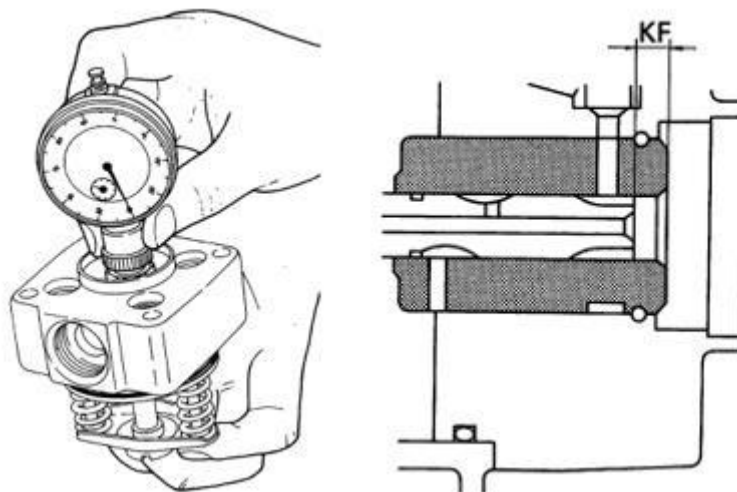


Figura 107. Medición del valor de “kf”.

La distancia de “kf” en estado inicial = 6,1mm

Distancia de “kf” según tabla de fabricante 6,2mm.

Existe una diferencia de 0,1mm que se ve reflejada en la distancia de “k”, se tiene una diferencia de 0,1mm.

7. Retirar los elementos del conjunto en el siguiente orden: Plunger y anillo de rebose, resortes, Eje Guía y arandelas.

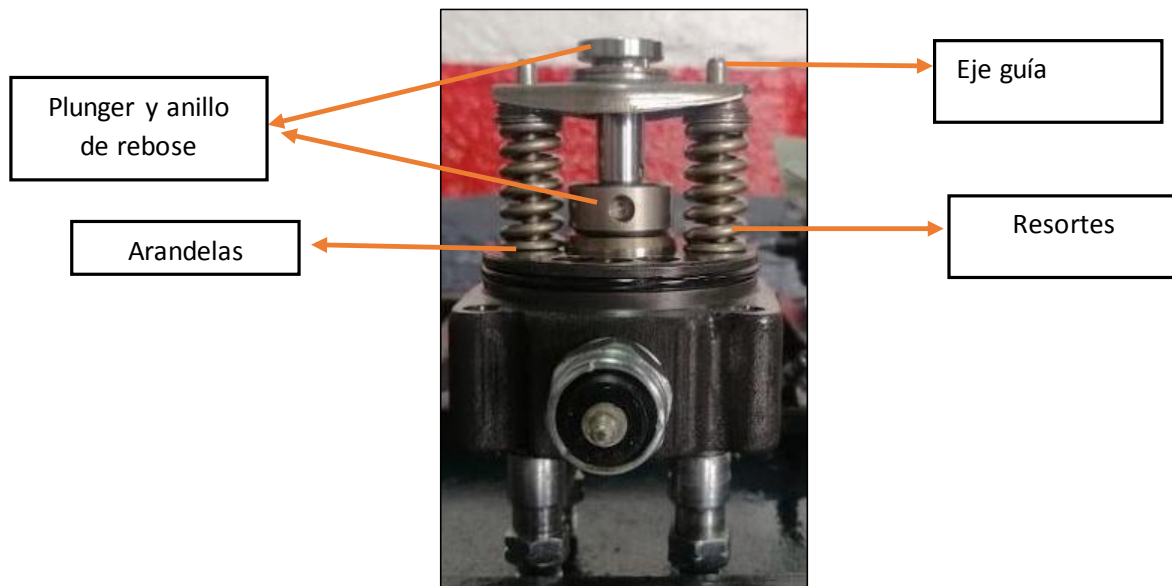


Figura 108. Desarmado del conjunto cabezal.

8. Identificar el espesor de las arandelas que se encuentran ubicadas en el asiento del resorte, conforme se vaya variando el espesor de las arandelas se procede a modificar las distancias de “k” y “kf” hasta llegar a los valores requeridos por el fabricante.

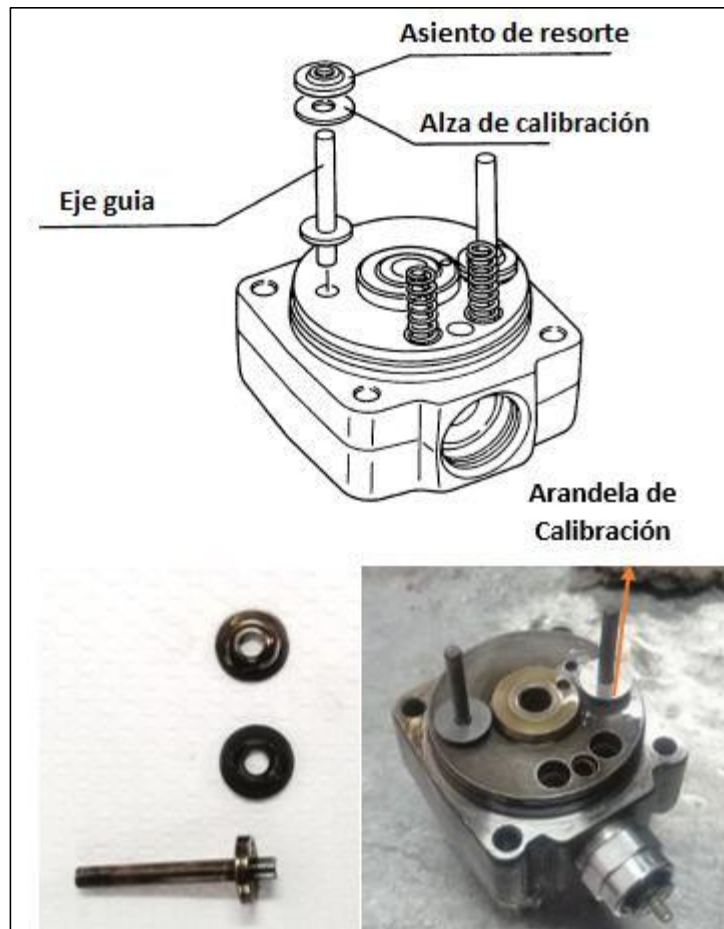


Figura 109. Conjunto cabezal.

Arandelas en estado inicial= 0,10mm.

9. Mediante un imán extraer el “Botón” que se encuentra sobre el disco de levas y medir su espesor con un micrometro.

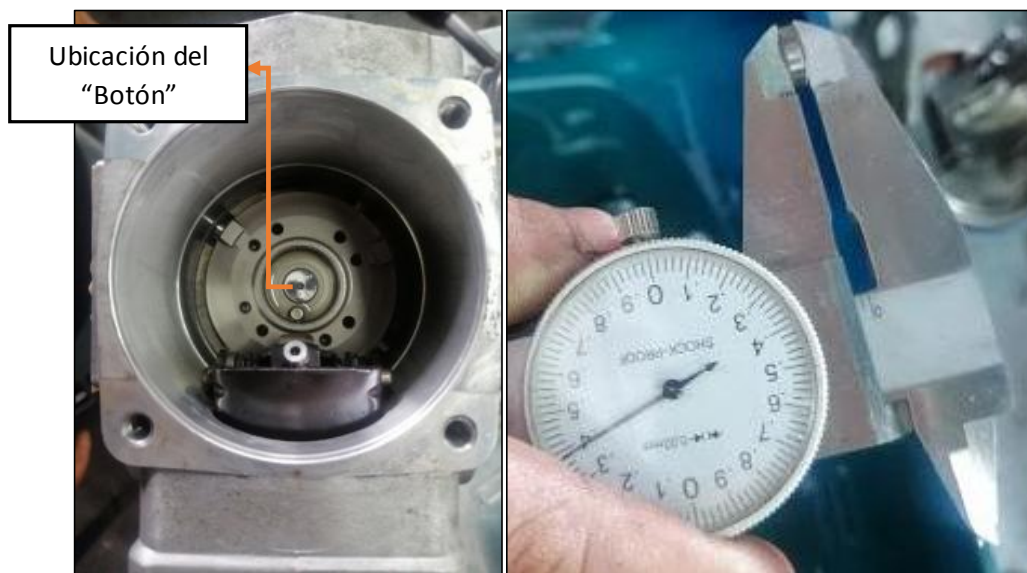


Figura 110. Espesor de “Botón”.

Espesor de “Botón” en estado inicial=2,4mm

Sí el espesor no es el adecuado, la bomba de inyección puede presentar los siguientes fallos:

- Si la bomba no inyecta el motor no enciende.
- El motor enciende después de varios intentos de arranque, presentando inestabilidad.

4.2 Corrección de fallos.

Identificadas las razones físicas por las que los inyectores y la bomba de inyección no cumplen con los parámetros de: presión, caudales de inyección, etc; en los diferentes regímenes de trabajo se procede a corregir estos fallos.

4.2.1 Inyectores

Los elementos del inyector que presentan defectos físicos no requieren sustitución.

Recomendación: De darse el caso que el mantenimiento no se lo realiza a tiempo los elementos que conforman el inyector necesitarán sustitución.

A continuación se detalla el mantenimiento correctivo que se realiza en el inyector para obtener la presión de apertura deseada, eliminar el goteo existente para lograr una correcta pulverización de combustible.

4.2.1.1 Toberas

Las toberas al no ser sustituidas es necesario un mantenimiento de limpieza por ultrasonido, sumergir las toberas en el líquido “biocleaner” durante 3 ciclos por un tiempo estimado de 15 minutos.



Figura 111. Limpieza de toberas en Ultrasonido.

4.2.1.2 Rectificación de la aguja de la tobera

Colocar pasta rectificadora en la punta de la aguja, cubrir con el porta aguja y con movimientos circulares asentar la aguja de la tobera, repetir este procedimiento hasta lograr una coloración adecuada.



Figura 112. Tobera.

4.2.1.3 Cuerpo del inyector.

El mantenimiento del cuerpo del inyector consiste en rectificar la zona de coloración errónea, muestra que no está ensamblando correctamente con el disco separador.

La rectificación del cuerpo del inyector realizar sobre una superficie completamente plana (vidrio rectificador), con pasta rectificadora.

Una mezcla pasta-aceite sobre el vidrio rectificador, conseguida la mezcla y que la parte a rectificar esté completamente asentada en el vidrio, con movimientos en forma de “8”

sobre el cuerpo del inyector rectificar, repetir el procedimiento hasta lograr una coloración homogénea y sin rayaduras.



Figura 113. Rectificación del cuerpo del inyector.

4.2.1.4 Separador Intermedio

Para el mantenimiento de los discos separadores se mantiene el mismo proceso de corrección que en el cuerpo del inyector haga uso de la mezcla pasta-aceite, vidrio rectificador y los movimientos en forma de “8”; este proceso realizar en ambas caras del disco separador intermedio hasta lograr una coloración homogénea y sin rayaduras.

Para los elementos restantes que conforman el inyector es necesario una limpieza completa, cada elemento debe ser debidamente lavado con diésel y posteriormente pulverizado, el inyector al poseer cavidades muy pequeñas; partículas de polvo o suciedad pueden ser causantes de varios problemas en su funcionamiento.

Con todos los elementos en buen estado proceder a su calibración.

Los datos obtenidos en estado inicial del inyector muestran deficiencia de presión de apertura en diferentes rangos, proceder individualmente según sea el caso.

4.2.2 Calibración de inyectores

Presión en estado inicial= 115kgf/cm²

Presión requerida de fabricante= 130kgf/cm²

Existe una diferencia de 15kgf/cm²

Para aumentar la presión de apertura en el inyector, comprima el resorte, esto se logra con “alzas de calibración”, laines tipo arandelas de diferentes espesores y diámetros; se ubican entre la arandela gruesa y el resorte.

Relación aplicable: Una arandela de calibración de 0,10mm aumenta 10kgf/cm² en la presión de apertura.

Se recomienda no utilizar más de 2 “alzas de calibración” por inyector, es decir se utiliza 2 alzas de 0,10mm o a su vez 1 alza de 0,20mm; de cualquier forma, la presión de apertura superará a la requerida por el fabricante.

4.2.3 Armado de inyector.

Para este punto todos los elementos deben estar completamente limpios y pulverizados; a continuación, se presenta los pasos para el correcto armado del inyector Delphi 001-HG05 con número de tobera BDNOPDN 112.

1. En un recipiente limpio con diésel introducir todos los elementos que conforman el inyector.
2. Introducir en el cuerpo del inyector los elementos en el siguiente orden: Arandela Gruesa, 2 alzas de calibración (para el inyector #1), resorte y pieza de elevación.
3. Acoplar los elementos faltantes como un solo elemento; disco separador intermedio, tobera y tuerca. La posición del disco separador intermedio debe ser de tal manera que la ranura que posee en unas de sus caras quede hacia el cuerpo del inyector.
4. Acoplar los elementos disco separador intermedio y tobera con el cuerpo del inyector, colocar la tuerca del inyector.
5. Inmovilizar la tuerca del inyector en el porta inyectores y aplicar un torque de 50Nm.
6. En el banco de pruebas de inyectores mecánicos realizar las pruebas mencionadas en el capítulo 3.
7. Sí la presión de apertura es mayor a la requerida retirar un alza de calibración.
8. Una vez calibrada la presión de apertura colocar grasa en el filo de la tuerca y ubicar la arandela de cobre.
9. Colocar la arandela de retorno en la parte superior del inyector.

El procedimiento presentado se mantiene para los 3 inyectores restantes.

Tabla 15. Datos técnicos de inyectores

Número de inyector	Presión de apertura en estado inicial (kgf/cm ²)	Número de alza de calibración utilizados de espesor 0,10 mm	Presión de apertura en estado final (kgf/cm ²)
1	105	2	130
2	100	2	130
3	115	1	130
4	100	2	130

4.2.4 Bomba de inyección: Corrección de fallos y Armado.

A continuación se presenta los pasos a seguir para el armado de la bomba inyección rotativa tipo VE.

1. Realizar una limpieza a las piezas retiradas anteriormente.
2. En un recipiente con diésel introducir todas las piezas para evitar contaminación en las mismas.
3. Colocar la bomba verticalmente en la base giratoria para bombas rotativas tipo VE.



Figura 114. Bomba en la base giratoria

5. Colocar vaselina en una cara del “botón” y ubicarlo sobre el disco de levas.

6. Corregir la distancia de “Kf” en estado inicial 6,1mm; valor requerido 6,2mm; diferencia 0,1mm ésta diferencia corregir ubicando una arandela de calibracion de éste valor sobre cada una de las bases de los resortes en el cabezal.

7. Sobre una superficie plana medir la distancia de “k” y cerciorarse que el valor es el requerido por el fabricante.

8. La colocación de conjunto del cabezal dentro de la bomba se debe ubicar por partes. El primer grupo consta: émbolo, arandela, base de resortes y anillo de rebose éste último verificar que el agujero ubicado en una de sus caras esté en dirección hacia el botón.



Figura 115. Plunger.

9. Ubicar el conjunto armado que se encuentra especificado en el punto 7 dentro de la bomba de tal manera que la ranura existente en la base del émbolo encaje con el pivote del disco de levas.

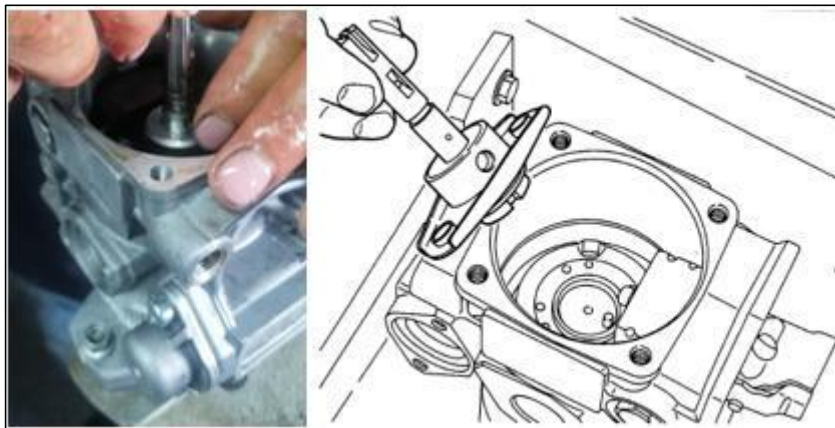


Figura 116. Montaje del plunger.

10. Colocar los 2 resortes grandes y ubicar el anillo de rebose, asegúrese que el pivote del acelerador se introduzca en el agujero que posee.

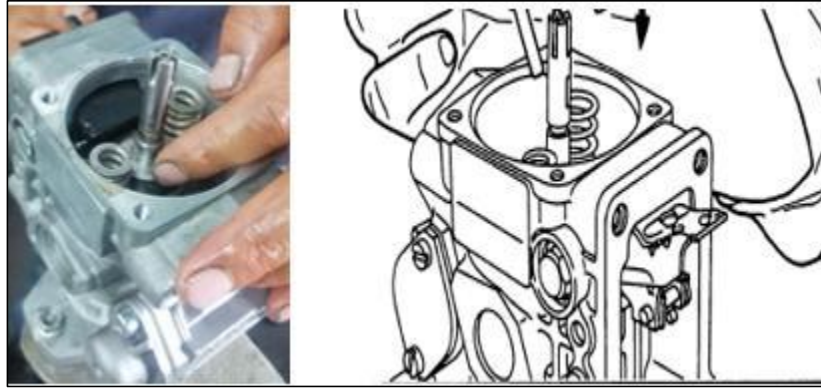


Figura 117. Montaje de resortes y anillo de rebose.

- 11.** Colocar con grasa los 2 resortes pequeños en el cabezal, ésto con la finalidad de evitar que no lleguen a caerse y mantengan su posición.
- 12.** Colocar grasa sobre la superficie del “O-RING” que rodea el cabezal.
- 13.** Ubicar el cabezal de tal manera que el émbolo lo atraviese sin ninguna oposición asegúrese que los 4 resortes se encuentren en su posición, asentar y fijar con los pernos de sujeción.

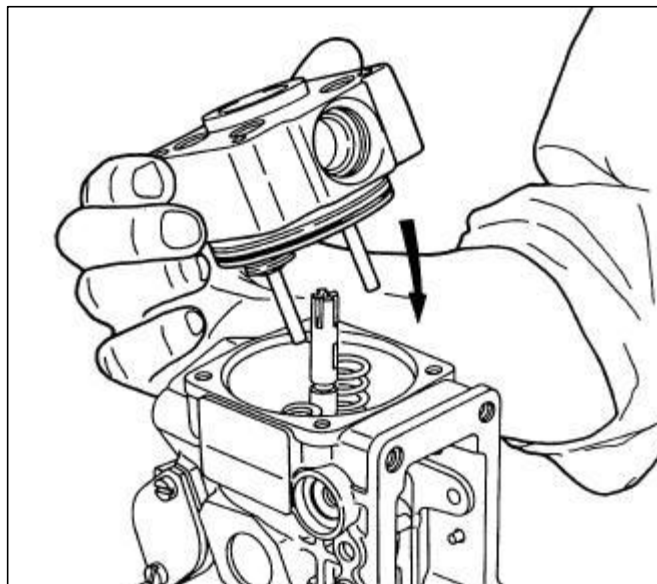


Figura 118. Montaje del cabezal.

- 14.** Comprobar que el valor de “k” sea el correcto.
- 15.** Colocar el conjunto del regulador, respetando el siguiente orden: arandela rectangular, arandela circular, soporte de contrapesos, arandela de empuje dentro de los

contrapesos, manguito del regulador y eje del regulador que atraviesa a todos éstos elementos.

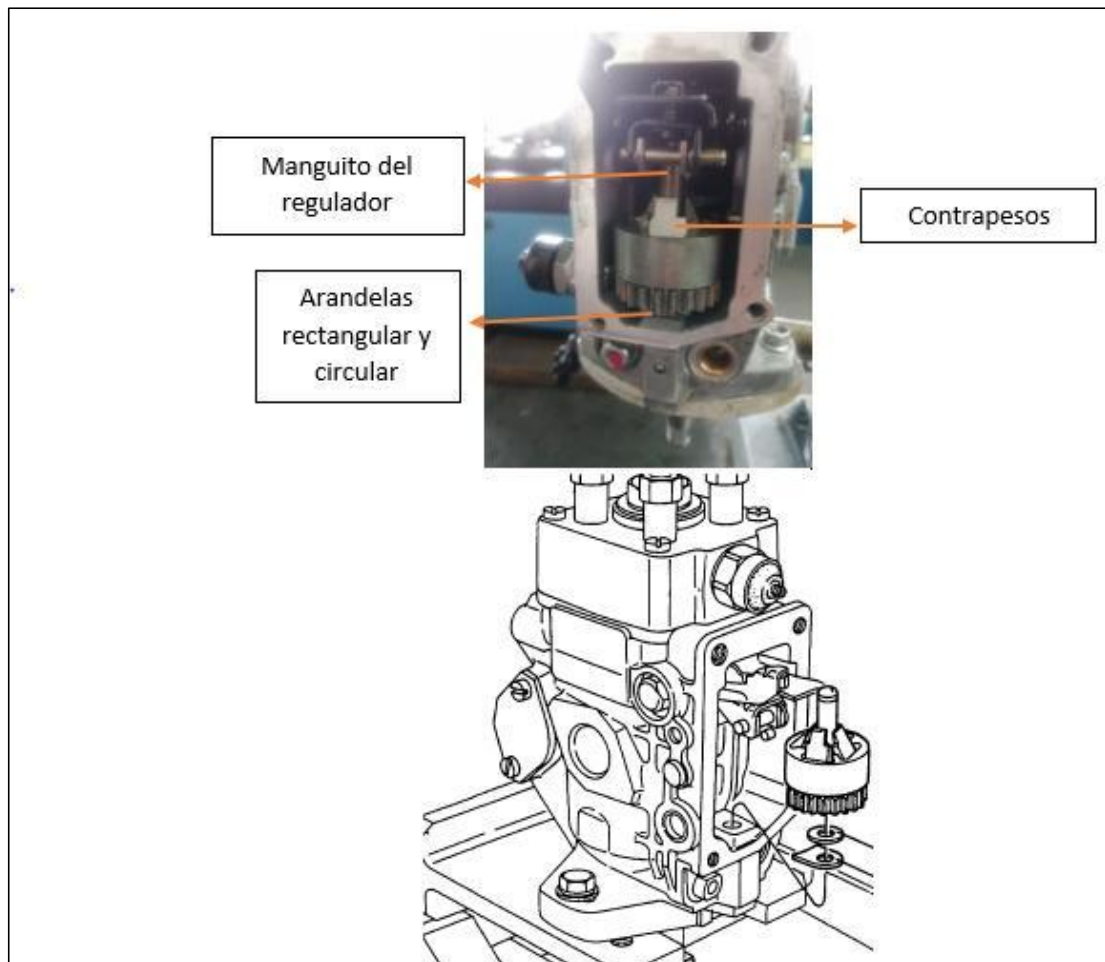


Figura 119. Montaje del conjunto regulador.

16. Colocar el resorte del acelerador.

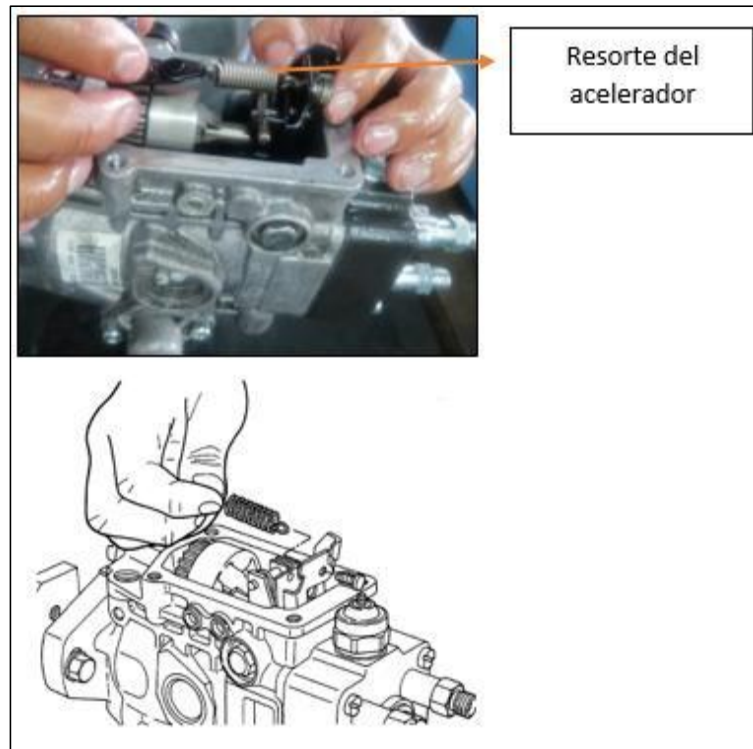


Figura 120. Montaje de resorte del acelerador.

17. Ubicar la bomba horizontalmente y colocar la tapa del regulador.



Figura 121. Montaje de tapa del regulador.

18. Colocar la palanca del acelerador sin sus resortes para su posterior calibrado.



Figura 122. Palanca de aceleración.

4.2.5 Calibración de bomba de inyección

Realice el montaje de la bomba de inyección en el banco de pruebas como se indica en el capítulo 3 **sección 3.7**; Así como los rangos de operación del banco.

4.2.5.1 Cantidad de inyección a plena carga

1. Ubicar la mariposa de aceleración a velocidad máxima.
2. Medir el caudal entregado y comparar con el dato del fabricante.
3. De no cumplir con el caudal especificado ajustar el tornillo de carga completa.
4. Si el caudal es mayor al especificado aflojar el tornillo de carga completa.

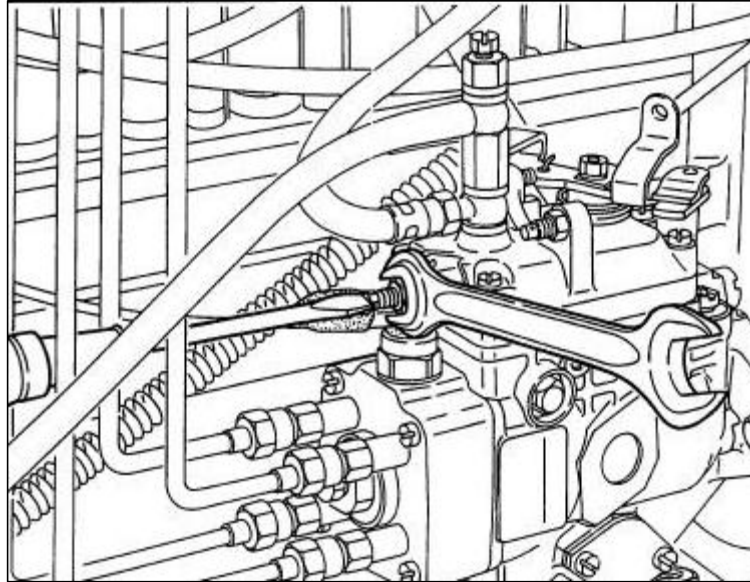


Figura 123. Ajuste de tornillo a plena carga

Fuente: (ZEXEL, 2000)

4.2.5.2 Ajuste de la presión de suministro

1. Medir la presión de transferencia a las diferentes revoluciones de la bomba.
2. Si la presión se encuentra por debajo del valor especificado calibrar la válvula reguladora hasta obtener el valor requerido como se observa en la figura 99.

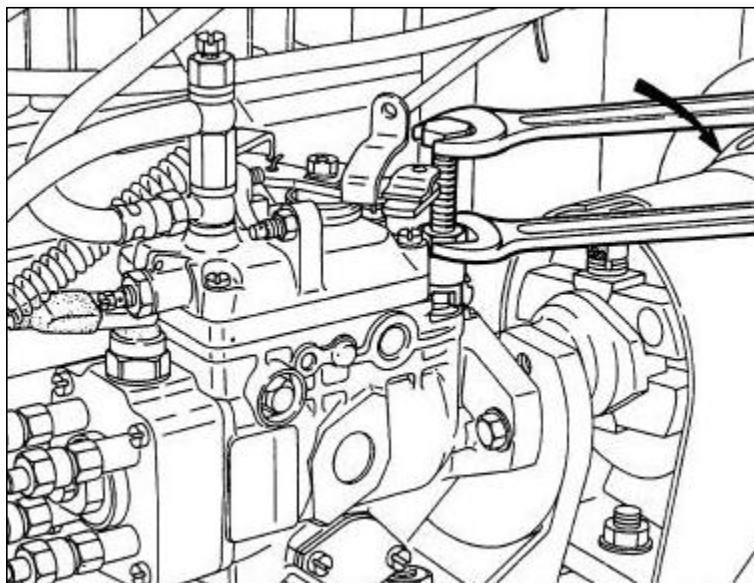


Figura 124. Ajuste de la presión de la cámara de la bomba

Fuente: (ZEXEL, 2000)

4.2.5.3 Ajuste de ralentí

1. Liberar la palanca de control del resorte.
2. Operar el eje de la bomba a las rpm especificadas.
3. De no estar con la cantidad de inyección en los rangos requeridos ajustar el tornillo de calibración de ralentí.

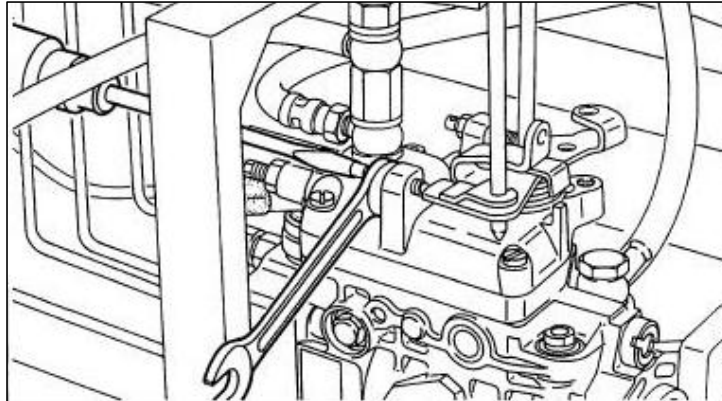


Figura 125. Ajuste del tornillo de ralentí

Fuente: (ZEXEL, 2000)

4.2.5.4 Ajuste de la cantidad de inyección de velocidad máxima

1. Ubicar la mariposa de aceleración a velocidad máxima.
2. Medir el caudal entregado y comparar con el dato del fabricante.
3. Si los caudales no coinciden con el caudal especificado ajustar el tornillo de velocidad máxima.
4. Si el caudal es mayor al especificado aflojar el tornillo de velocidad máxima.

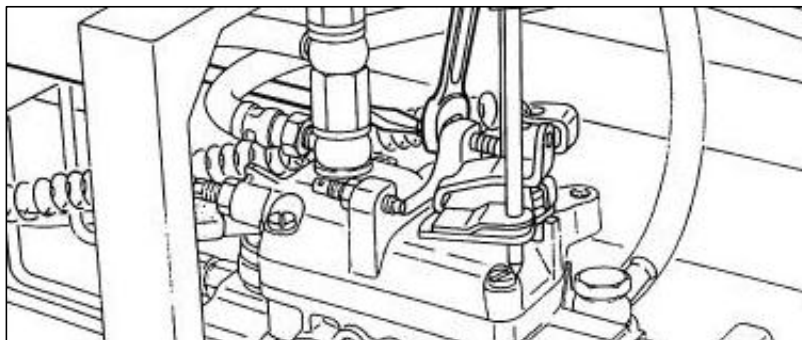


Figura 126. Ajuste del perno de tope de velocidad máxima

Fuente: (ZEXEL, 2000)

4.2.5.5 Corte de inyección

La bomba de inyección posee un punto de corte de inyección a 2700 RPM para asegurar la integridad del motor, pudiéndose calibrar mediante la perilla ubicada en la zona izquierda de la bomba.

En estado inicial la bomba realiza el corte a 2700 RPM, el fabricante recomienda el corte de la inyección a 2400 RPM.

Se recomienda que el corte de inyección no sea mayor a 2400 rpm ya que al superar este valor se corre el riesgo que el motor llegue a sobre revolucionarse.

Nomenclatura y Unidades:

Rpm = Revoluciones por minuto

C.A = Con presión de aire de (0,5kgf/cm²)

S.A = Sin presión de aire

ml = mililitros

Tabla 16. Tabla de valores de la bomba en estado final.

	Rpm	Strokes	Con aceleración	C.A / S.A	ml	Presión de transferencia (kg/cm ²)	Recorrido del pistón de avance (mm)
Arranque	100	100	NO	S.A	11	1.2	
Ralentí	375	100	NO	S.A	2	2.7	
Picada	500	100	NO	S.A	0	2.4	
			SI	C.A	5	2.4	
Fuerza	800	100	SI	C.A	6	2.3	1
			SI	S.A	4	2.3	
Torque	1250	100	SI	C.A	6.5	5.4	3
			SI	S.A	5	5.4	
	1500	100	SI	C.A	6	5.6	5
Plena carga	1750	100	SI	C.A	7	6.4	6
	2000	100	SI	C.A	3	6,8	8
Corte	2400	100	SI	C.A	Corte total		

4.3 Montaje de Bomba de inyección e Inyectores en el motor.

4.3.1 Montaje de inyectores.

4.3.1.1 Procedimiento:

1. Limpiar las cavidades donde se alojan los inyectores en la culata
2. Colocar los inyectores con sus respectivas arandelas en las puntas y roscar.
3. Torquear los inyectores sobre la culata con un par de apriete de 50Nm.
4. Ubicar las arandelas de retorno en cada uno de los inyectores, las arandelas son de aluminio con 2 agujeros pasantes.
5. Colocar la cañería rígida de retorno sobre los inyectores de manera que las ranuras que posee en una de sus caras queden frente con las arandelas de retorno. Posteriormente la salida de la cañería rígida se conecta a la válvula de retorno de la bomba.
6. Fijar la cañería rígida con las respectivas tuercas con un par de apriete de 25Nm.

4.3.2 Montaje de la bomba de inyección:

Nota: Todas las arandelas de sellado de combustible obligatoriamente deben ser sustituidas por nuevas.

4.3.2.1 Procedimiento:

1. Colocar la chaveta en el eje principal y pintarla para que se facilite la ubicación del eje en la rueda dentada.
 2. Ubicar la tuerca de sujeción del eje principal de la bomba, garantizando que el calado del motor realizado en la **sección 3.4.1**
 3. Colocar y ajustar la base de la bomba que se ancla contra el bloque motor.
 4. Aplicar torque a la tuerca de sujeción del eje principal de la bomba con un par de apriete de 90Nm. Al realizar este procedimiento la distribución tenderá a girarse por lo que se recomienda.
 5. Colocar las 2 tuercas laterales de sujeción de bomba sin fijarlas totalmente así como también los pernos de base de bomba con “ojos chinos” éstos pernos y tuercas de sujeción permiten adelantar o retrasar el tiempo en la bomba.
- Por el momento ubicar la bomba en las señales de tiempo realizadas en el desmontaje.

6. Colocar el “filtro” de entrada de combustible en la bomba y ubicarlo con su respectivo resorte.
 7. Reemplazar el estrangulador de rebose de la bomba, que contiene una cavidad de conducción de combustible de 0,06 mm de diámetro.
 8. Instalar las cañerías de entrada y retorno. El neplo de entrada no ajustarlo totalmente ya que aquí se realiza el purgado de combustible.
 9. Realizar las instalaciones eléctricas desconectadas en el proceso de desarmado sección 3.5.2. Efectuar éste procedimiento en el orden opuesto presentado en el capítulo anterior.
 10. Instalar las cañerías de combustible bomba-inyectores, conociendo el orden de encendido del motor (1-3-4-2) y el sentido de giro de la bomba (izquierdo) facilita la instalación de las cañerías. En la imagen se muestra el racor del primer inyector es decir en sentido horario el siguiente será el 3ro, posteriormente el 4to y por último el 2do.
 11. Colocar la alimentación de aire del turbo hacia la bomba.
 12. Instalar el cable del acelerador de tal manera que se garantice que al pisar el pedal a toda su capacidad la mariposa de aceleración llegue al tope de rpm.
- Recomendación:** Ajustar totalmente las cañerías en los racors de la bomba, no realizarlo en los inyectores posteriormente se tendrá que purgar el sistema.

4.4 Purgado y encendido.

Realizar algunos mantenimientos en el sistema antes de proceder a encender el vehículo.

Los principales son los siguientes:

- Lavar el tanque de combustible.
- Sustituir el filtro de combustible
- Calibrar las válvulas en frío a un valor de 0.35mm para admisión y escape.
- Sustituir el filtro de aire.

4.4.1 Purgado de la bomba de inyección

Colocar el filtro lleno de Diésel, bombear en la base del filtro hasta lograr que el combustible sea visible en el neplo de entrada de la bomba, posteriormente ajustar el neplo.

En éste punto todos los racors y nepllos de combustible deben estar ajustados a excepción de los racors de inyectores.

Para el purgado de aire en los inyectores: Dar arranque el motor hasta que sea visible el desfogue de combustible a presión por los 4 racors de los inyectores y ajustarlos.

Colocar la tapa de las válvulas, el protector de la distribución y asegurese que todo esté ajustado adecuadamente.

4.4.2 Encendido del motor

Antes de encender el motor realizar el precalentamiento en las bujías.

Una vez encendido dejarlo en éste estado de reposo hasta que llegue a su temperatura de funcionamiento (90°C aproximadamente) de trabajo y evaluar el motor: Sonido de trabajo en el motor; vibración de motor y humo que emite.

El sonido de trabajo del motor debe ser silencioso, la vibración estable y el humo mínimo.

4.5 Obtención de datos en rendimiento y opacidad posteriores al mantenimiento.

Para la obtención de datos en rendimiento y opacidad se mantiene el procedimiento y los equipos mencionados en el capítulo 2.

4.5.1 Opacidad

Se obtiene los 3 resultados más significativos donde no existe variación de 10% entre cada una de ellas según la norma NTE INEN 2202 y así obtener una media aritmética que reflejen mejores resultados.



Figura 127. Resultados de opacidad

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los valores de opacidad del motor en estado final.

Tabla 17. Resultados de opacidad

Número de prueba	Opacidad %	Temperatura del motor (°C)	Presión (mbar)	Revoluciones (rpm)
1	21.4	89.6	3.6	4560
2	23.8	91.2	3.6	5200
3	20.8	91.5	3.5	4920
Promedio	22	90.76	3.56	4893

4.5.2 Torque – Potencia

A continuación, se muestra el resultado de 2 pruebas correspondientes al torque y potencia donde se refleja un aumento en sus valores.

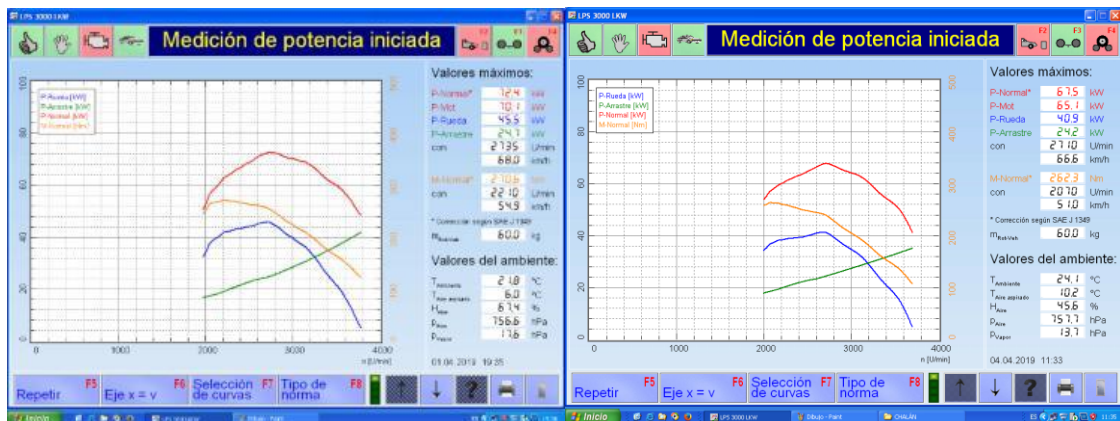


Figura 128. Medición de Torque - Potencia

En la tabla 18 se muestra los resultados de los valores de torque y potencia después de realizado el mantenimiento.

Tabla 18. Resultados de las pruebas en torque y potencia

Número de prueba	Torque (Nm)	rpm	Potencia del motor (KW)	Potencia en la rueda (KW)	Potencia de arrastre (KW)	rpm
1	270.6	2210	72.4	45.5	24.7	2735
2	262.3	2070	67.5	40.9	24.2	2710
3	259.5	2120	66.5	39.9	24.2	2685

promedio	264.13	2133	68.8	42.1	24.3	2710
----------	--------	------	------	------	------	------

Para obtener mejores resultados se realizó 3 pruebas, y luego se hace un promedio de estas, obteniendo así una potencia máxima del motor de 68.8 KW a 2710 rpm, ésta potencia tiene una pérdida hasta llegar a las ruedas de 24.3 KW, por lo tanto la potencia que se aprovecha es de 42.1 KW y un torque máximo de 264.13 Nm a 2133rpm; como se demuestra en la tabla 16.

Tabla 19. Resultado final Torque-Potencia

	valores	rpm
Torque	264.13 Nm	2133 rpm
Potencia del motor	68.8 KW	2710 rpm
Potencia de la rueda	42.1 KW	2710 rpm
Potencia de arrastre	24.3 KW	2710 rpm

CAPITULO 5

5 EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE POTENCIA, TORQUE Y OPACIDAD

En la presente sección se realizará un análisis de los resultados obtenidos.

5.1 Potencia torque según el fabricante

En la tabla 20 se muestra los valores que debe tener el motor Hyundai D4BH especificado por el fabricante, el vehículo debe contar con un torque de 263.73 Nm a 2200 rpm y con una potencia del motor de 104 Hp a 4000 rpm.

Tabla 20. Potencia torque según fabricante

Fuente. (Hyundai, 2017)

	Valores	rpm
Torque	263.73 Nm	2200
Potencia del motor	104 Hp	4000

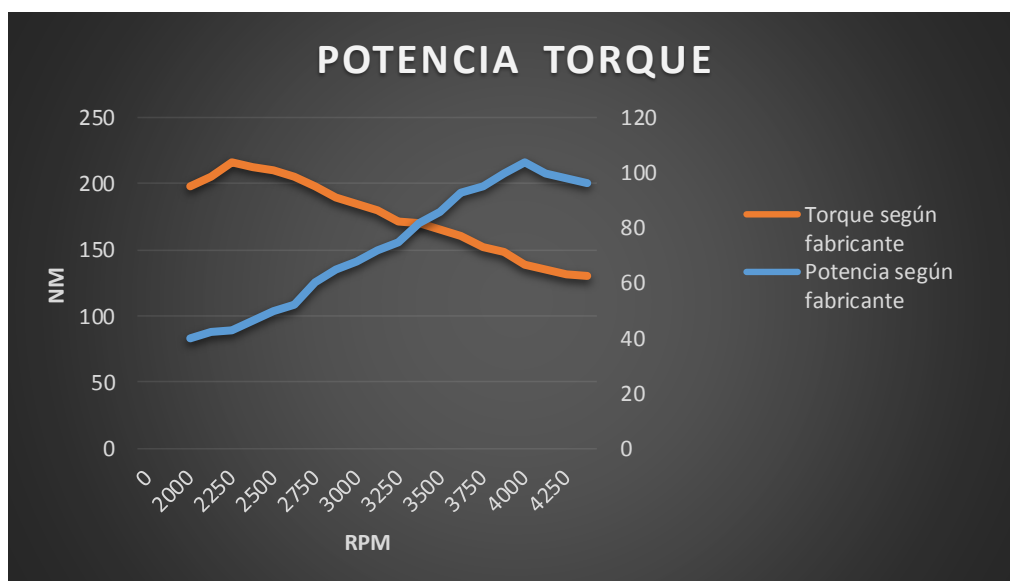


Figura 129. Grafica de Torque - Potencia

5.2 Potencia y torque del motor sin modificaciones en el sistema de inyección.

En la tabla 21 se observa los valores obtenidos del motor Hyundai D4BH en condiciones iniciales (sin modificaciones en el sistema de inyección) dando como resultado un torque de 153.13 Nm a 2670 rpm y una potencia del motor de 72.95 Hp a 3823.3 rpm

Tabla 21. Potencia - torque sin modificaciones en el sistema de inyección.

	valores	rpm
Torque	153.13 Nm	2670
Potencia del motor	72.95 Hp	3823.3

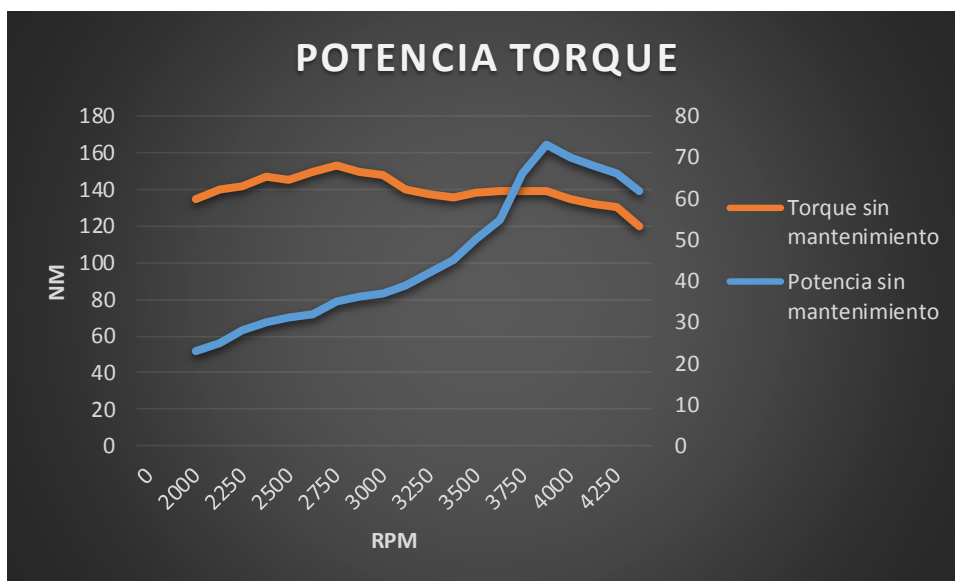


Figura 130. Grafica de Torque - Potencia

5.3 Potencia y Torque en estado final.

En la tabla 22 se observa los valores obtenidos del motor Hyundai D4BH en condiciones finales (realizado el mantenimiento en el sistema de inyección) dando como resultado un torque de 264.13 Nm a 2133 rpm y una potencia del motor de 92.26 Hp a 2710 rpm

Tabla 22. Potencia y Torque en estado final

	valores	rpm
Torque	264.13 Nm	2133

Potencia del motor

92.26 Hp

2710

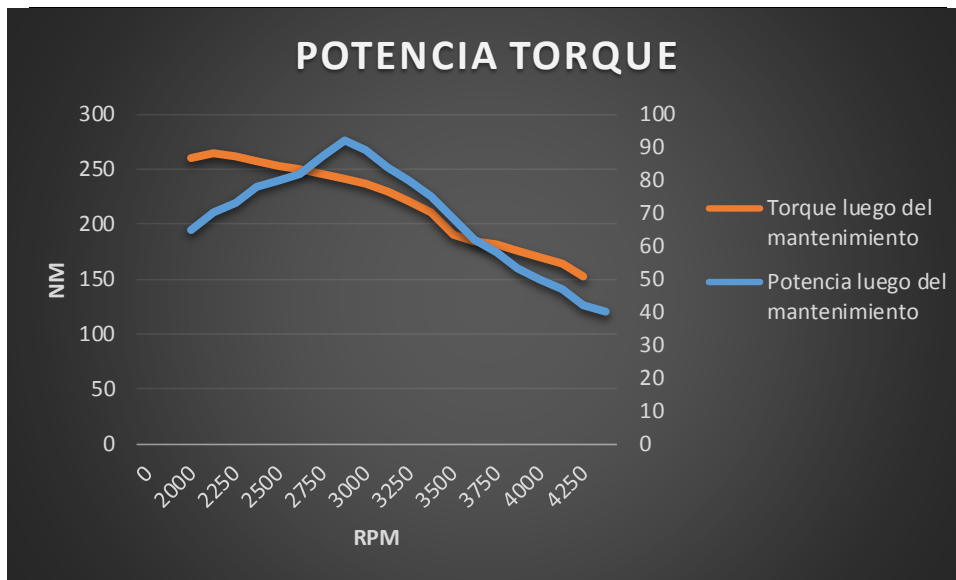


Figura 131. Gráfica de Torque - Potencia

5.4 Análisis

5.4.1 Análisis de Potencias obtenidas

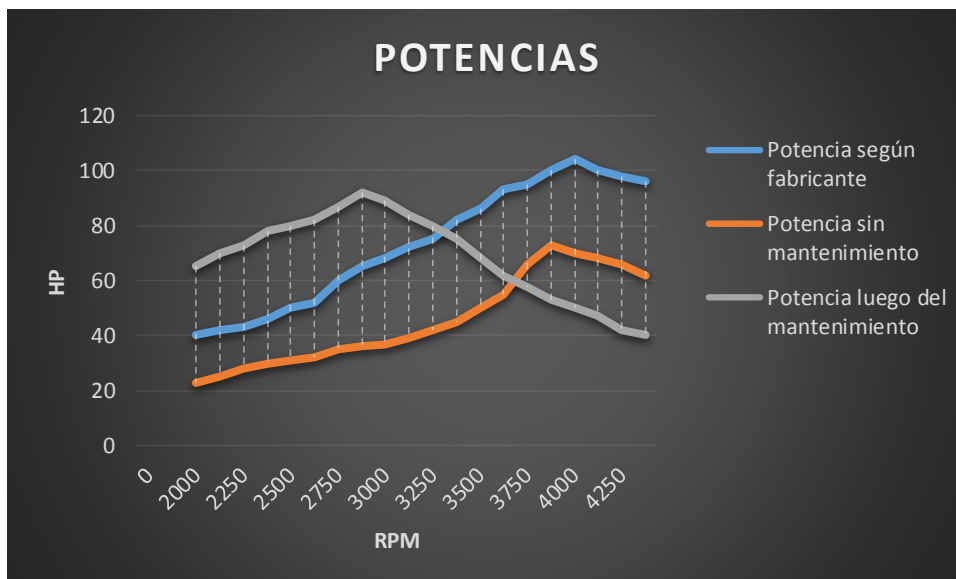


Figura 132. Gráfica de potencias obtenidas

Luego de verificar los resultados se puede observar que el vehículo cuenta con 72.95 Hp de potencia al momento de ser entregado a los clientes, teniendo una diferencia negativa de 31.05 Hp que ofrece el fabricante.

Una vez realizado las respectivas modificaciones y calibraciones en el sistema de inyección, tenemos un aumento de 20 Hp de potencia dando un total de 92.26 Hp.

El valor de potencia obtenido en estado final es menor en 11 Hp al especificado en la ficha técnica proporcionada por el fabricante; esto debido a diferentes factores como son: altura sobre el nivel del mar en la que se encuentra la ciudad de Cuenca, humedad del ambiente, presión atmosférica, calidad de combustible.

5.4.2 Análisis de Torques

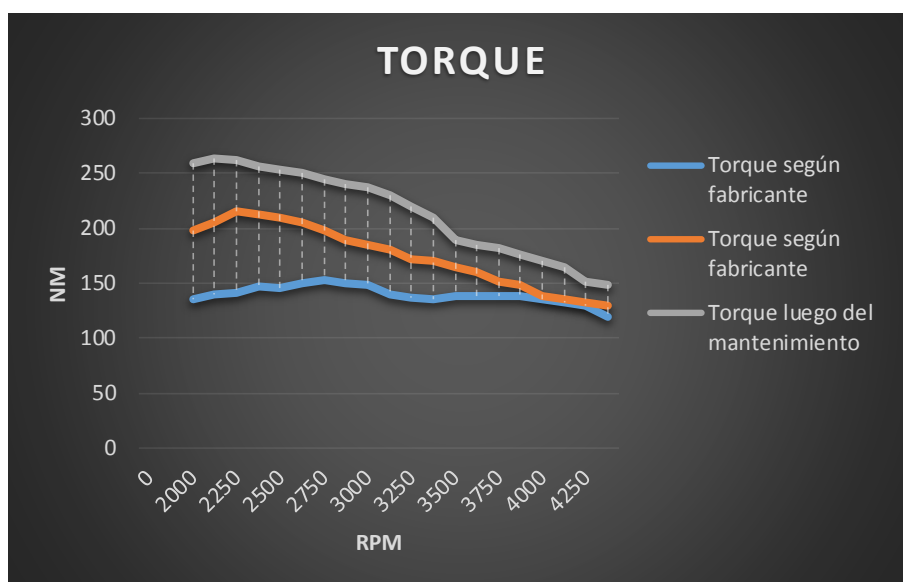


Figura 133. Grafica de torques Obtenidos

El motor cuenta con 153.13Nm de torque al momento de ser entregado a los clientes (sin modificación en el Sistema de Inyección); este valor se encuentra 63.6Nm por debajo de lo que ofrece el fabricante.

Realizadas las modificaciones en el Sistema de Inyección el torque aumentó a 111 Nm llegando hasta 264Nm superando con 52.6Nm a lo especificado por el fabricante.

Se obtiene un vehículo fuerte beneficiando al campo laboral en el que se va a desempeñar; tener en cuenta que la potencia y el torque en los motores de combustión interna no se presentan a las mismas revoluciones.

5.5 Opacidad

A continuación, se presentan los límites de opacidad vigentes en el país, emitidos por la norma NTE INEN 2207 para vehículos a Diésel según su año de fabricación

Tabla 23. Límites de opacidad

Fuente. (INEN 2207,2000)

Año modelo	% Opacidad
2000 y posteriores	50
1999 y anteriores	60

5.5.1 Opacidad del vehículo sin modificación

A continuación, se da a conocer la opacidad con la que cuenta el motor sin modificaciones en el Sistema de Inyección, realizar 3 pruebas obligatorias y hacer un promedio entre ellas como se especifica en la norma INEN 2202 detallado en el **capítulo 2**.

Tabla 24. Resultado de opacidad

opacidad	Opacidad %	Temperatura del motor (°C)	Presión (mbar)	Revoluciones (rpm)
Opacidad	53.4	92	3.46	4534

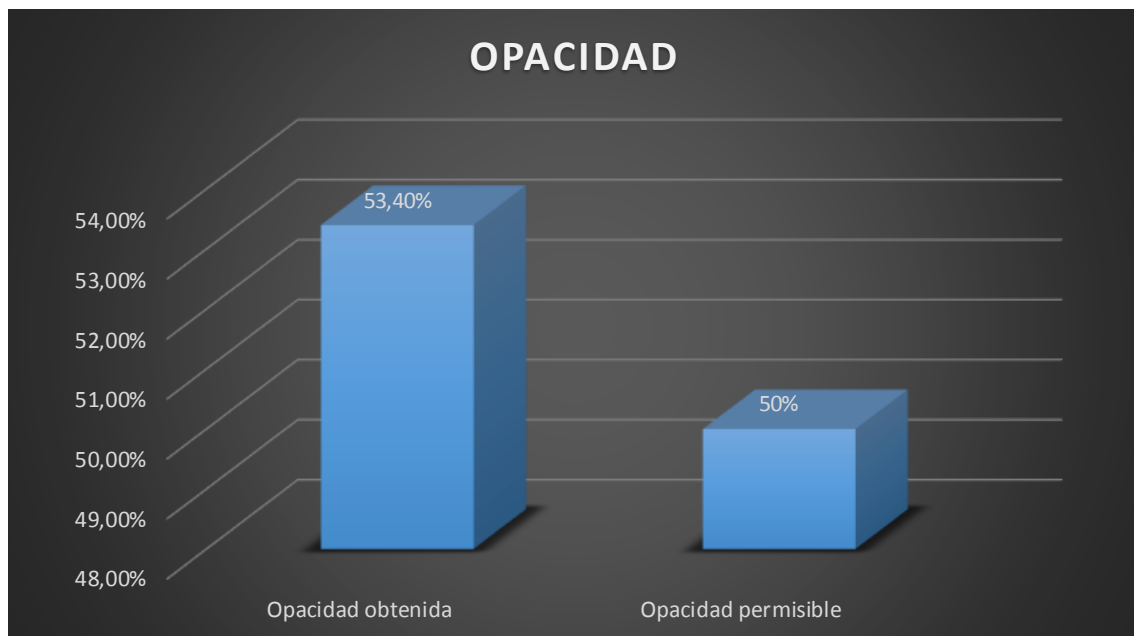


Figura 134. Grafica de opacidad permisible vs la obtenida

Como se puede observar el porcentaje de opacidad es superior al límite permisible con 3.4% de opacidad, éste es el problema que tiene el motor al no aprobar la revisión técnica vehicular obligatoria en la ciudad de Cuenca.

5.5.2 Opacidad del motor después de las modificaciones en el Sistema de Inyección.

En la siguiente tabla se da a conocer los valores de opacidad.

Tabla 25. Resultados de opacidad

opacidad	Opacidad %	Temperatura del motor (°C)	Presión (mbar)	Revoluciones (rpm)
opacidad	22	90.76	3.56	4893

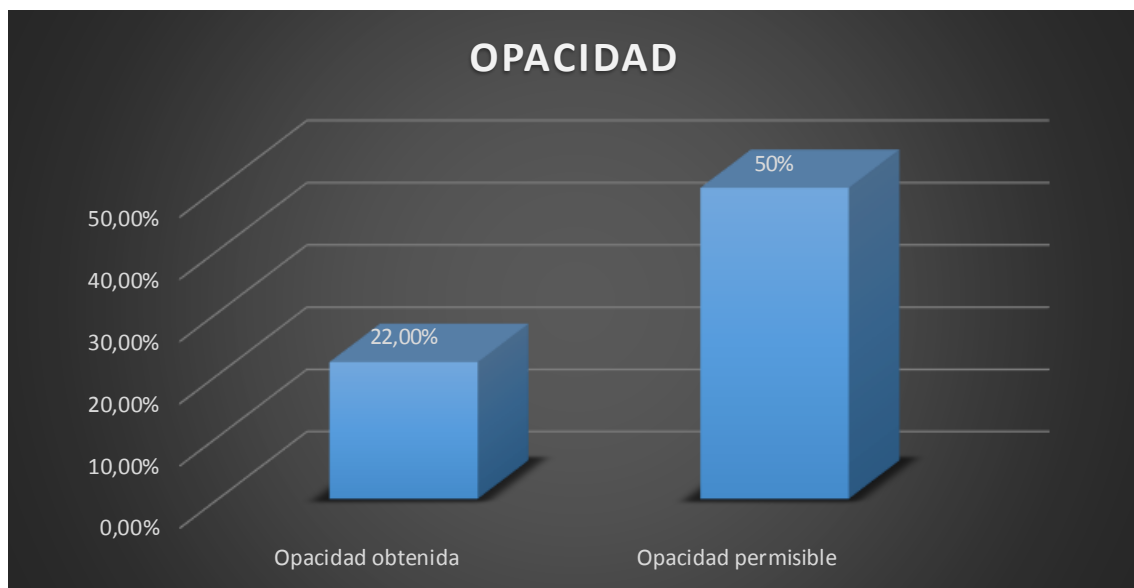


Figura 135. Grafica de opacidad permisible vs la obtenida

5.5.3 Análisis

El exceso de opacidad del motor sin modificaciones en el Sistema de Inyección se atribuye directamente a la baja presión de apertura de los inyectores y a la entrega de combustible en la bomba, en consecuencia, el inyector permite el paso de combustible a presiones inferiores a las requeridas, el caudal de entrega en la bomba es erróneo en consecuencia existía una mayor quema de combustible y un alto índice de opacidad.

Con el mantenimiento realizado en el Sistema de Inyección se logró disminuir la opacidad a un 22% encontrándose en el rango requerido para poder aprobar la revisión técnica vehicular.

6 CONCLUSIONES

- La potencia y el torque del motor D4BH están directamente relacionados con el Sistema de Inyección reflejados en los resultados obtenidos.
- En base a la normativa NTE INEN 2207 se verificó que la opacidad del motor Hyundai D4BH es elevado por lo cual no puede aprobar la revisión técnica vehicular causado por una falta de mantenimiento del sistema de inyección.
- Para una correcta medición de opacidad regirse en la normativa NTE INEN 2202.
- Un calado correcto del motor garantiza un buen desempeño del sistema de inyección.
- Las bombas de inyección rotativas tipo VE deben cumplir medidas específicas (K, Kf).
- La bomba de inyección del motor Hyundai D4BH por seguridad debe cortar la inyección a 2400 rpm (en el banco de pruebas); se relaciona a 4800rpm aproximadamente en el motor.
- Existen diferentes disponibilidades de bombas de inyección rotativas tipo VE para cada tipo de vehículo (no son iguales).
- El momento y duración de la inyección es comandado por la bomba de inyección y no por los inyectores.
- Los inyectores del motor Hyundai D4BH deben estar a una presión de apertura específica, para lograr una correcta pulverización de combustible.
- La baja presión de apertura de los inyectores produce exceso de combustión de combustible en consecuencia una abundancia de humo.
- La presencia de agua e impurezas en el combustible acortan la vida útil del sistema de inyección.

7 RECOMENDACIONES

- Se recomienda dar un mantenimiento preventivo al sistema de inyección de los motores Hyundai D4BH antes de realizar la venta para evitar costos en garantías.
- Cambiar los filtros de combustible cada 4000Km.
- Ejecutar este mantenimiento preventivo al sistema de inyección cada 100000km.
- Realizar una purificación del depósito de combustible.
- Reemplazar los empaques internos de la bomba de inyección.
- Cambiar los elementos internos de la bomba sí su estado es deteriorado.
- Reemplazar las toberas de los inyectores sí su coloración es azulada.
- Calibrar las válvulas a un valor de 0.35mm para admisión y escape, en frío.
- Reconocer de manera correcta la placa de identificación de la bomba de inyección.
- Señalar la ubicación de la palanca de aceleración en el estriado del eje del acelerador antes de su desmontaje.
- Ubicar todas las señales correspondientes al calado de la bomba.
- Realizar un adecuado purgado del sistema de inyección.
- Mediante el reloj de tiempo para bombas de inyección rotativas tipo VE desarrollar un adelanto al tiempo de inyección.
- Realizar un precalentamiento antes de encender el motor, esto guiándose en la luz testigo del tablero.
- No utilizar más de 2 alzas de calibración en un inyector.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Nacional de Transito. (19 de 04 de 2019). Obtenido de <https://www.ant.gob.ec/>
- Albeiro, B. (2008). Bombas de combustion diesel.
- Arellano Cabrera, F. T. (2015). Diseño y construcción de un banco de pruebas para inyectores mecánicos motores diesel. Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- BOSCH. (2000). Manual de servicio: Bomba de inyeccion de combustible tipo VE. Barcelona: Don Bosco.
- Bosch. (2010). Catalogo de bombas bosch VE. Campinas-Brasil.
- Calle, A. C. (2014). Sistemas de inyeccion en motores diesel. Sevilla: Escuela Técnica Superior de Ingenieria.
- Guerrero, A. C. (1983). Mecánica diesel. Buga: Educar Editores S.A.
- Guerrero, A. C. (2000). Mecánica Diesel. Buga : Educar Editores S.A.
- Hyundai. (2017). Manual de taller hyundai HD 45. En Sistemas de Inyeccion (págs. 120-250). Cuenca.
- Inen. (2000). NTE 2202 Determinación de la opacidad de emisiones de escape de motores de diesel mediante la prueba estática. Quito.
- Inen. (2000). NTE 2207 Gestión ambiental. límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres a diésel. Quito.
- Muricio Garcés, M. C. (2004). Construccion de un entrenador del sistema de inyeccion diesel cummins PT. Latacunga: ESPE.
- SPEEDMAQ. (28 de Enero de 2012). marca diesel. Obtenido de <http://www.marcadiesel.com.br/ssx2012.php>
- ZEXEL. (2000). Manual de servicio. España: Don Bosco.
- BOSCH DIESEL (2009) "Manual de BOMBAS VE", primera edición, España.
- DEMPSEY P. (2000) "Motores Diésel Localización y Reparación de Averías", primera edición, España. ESQUIUS, Juan Villalta. 2002. Motor Diésel, Funcionamiento y estructura del motor. Perú: Ediciones Ceac, 2002, pág. 28.
- IMPERIAL, Juan Miralles de. 2002. Motor Diésel, Funcionamiento y estructura del motor. Perú: Ediciones Ceac, 2002.
- JENSEN Cecil, SHORT Dennis, HELSEL Jay (2003), Dibujo y Diseño en Ingeniería, Sexta edición, Mc Graw Hill, México.
- MOTT, Roberth. 2006. Diseño de elementos de máquinas. México: Pearson, 2006.
- REUTER, Dr. Ing. Uwe. 1999. Técnica de Inyección Diésel como visión de conjunto. Alemania: Robert Bosch GmbH, 1999.

RITTER, Ernst. 2001. Reguladores para bombas de inyección diésel en línea. Alemania: Robert Bosch GmbH, 2001.

TAIAN COMMON RAIL INDUSTRY & TRADING CO. Manual de instrucciones, 2013.

ZEXEL CORPORATION (1999), "Manual de servicio bombas de inyección", Japón

9 ANEXOS

a) camión Hyundai HD45

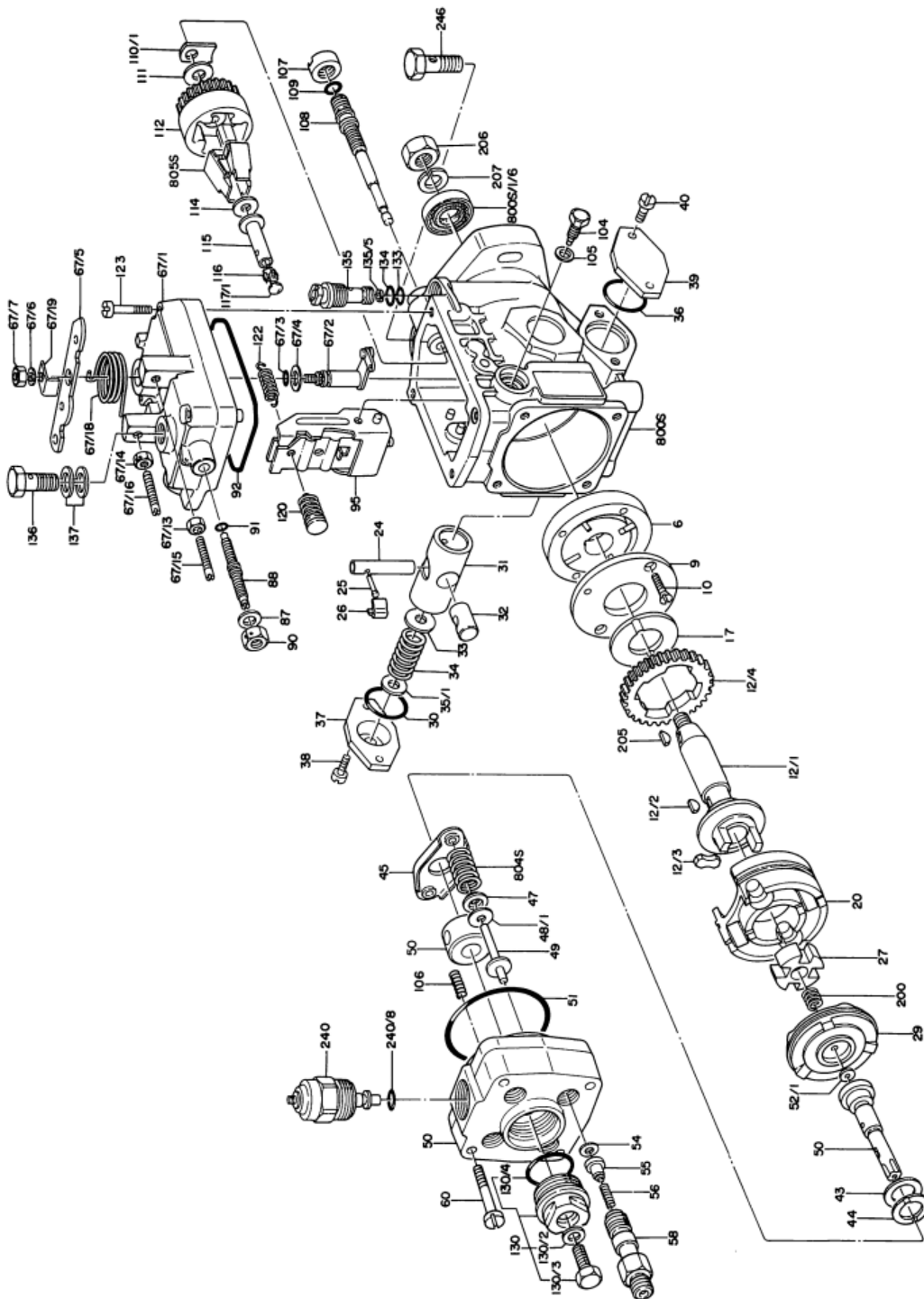


b) banco de pruebas Speedmaq ssx-2012

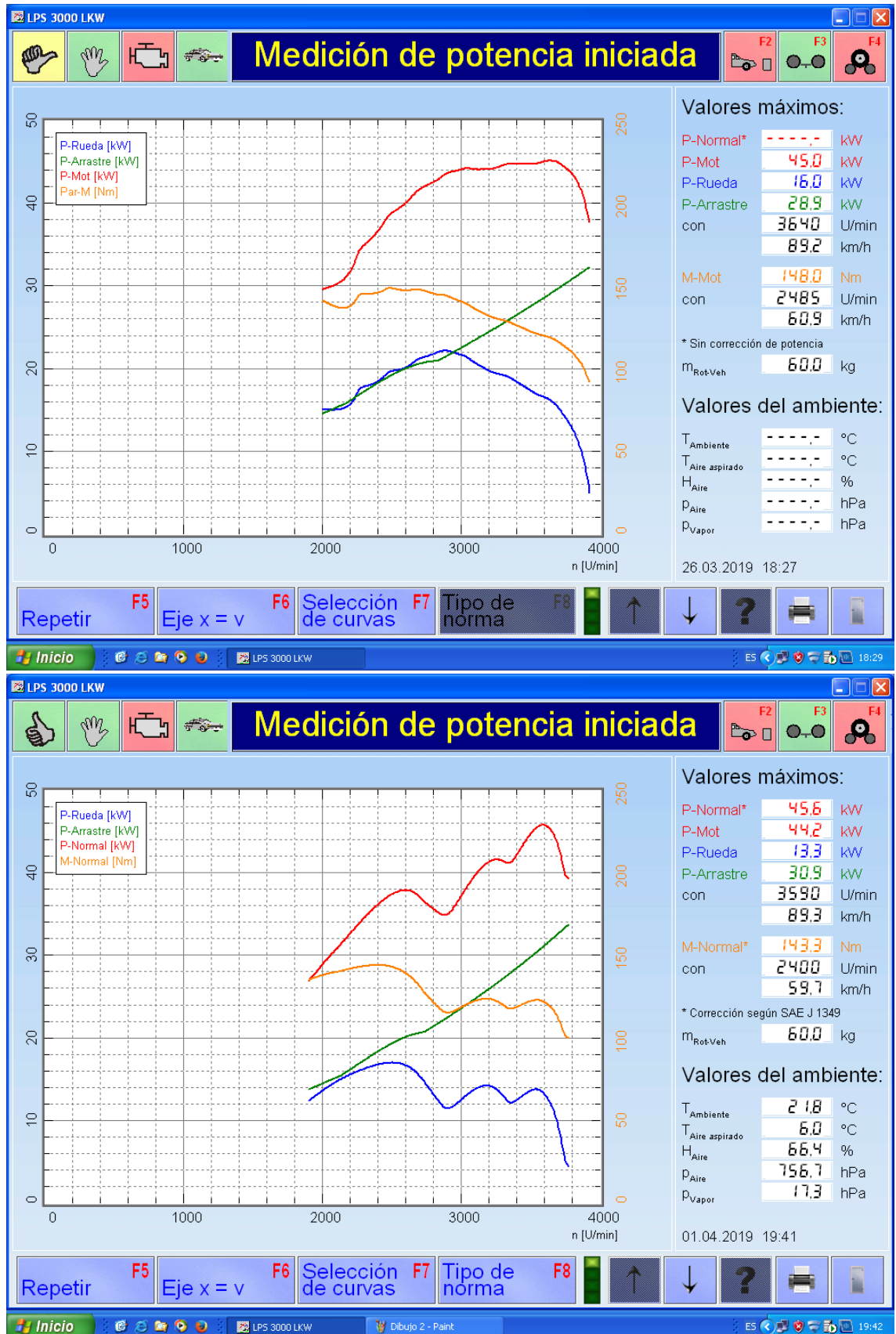
Modelo SSX 2012 Speedmaq



c) Despiece de la bomba de inyección



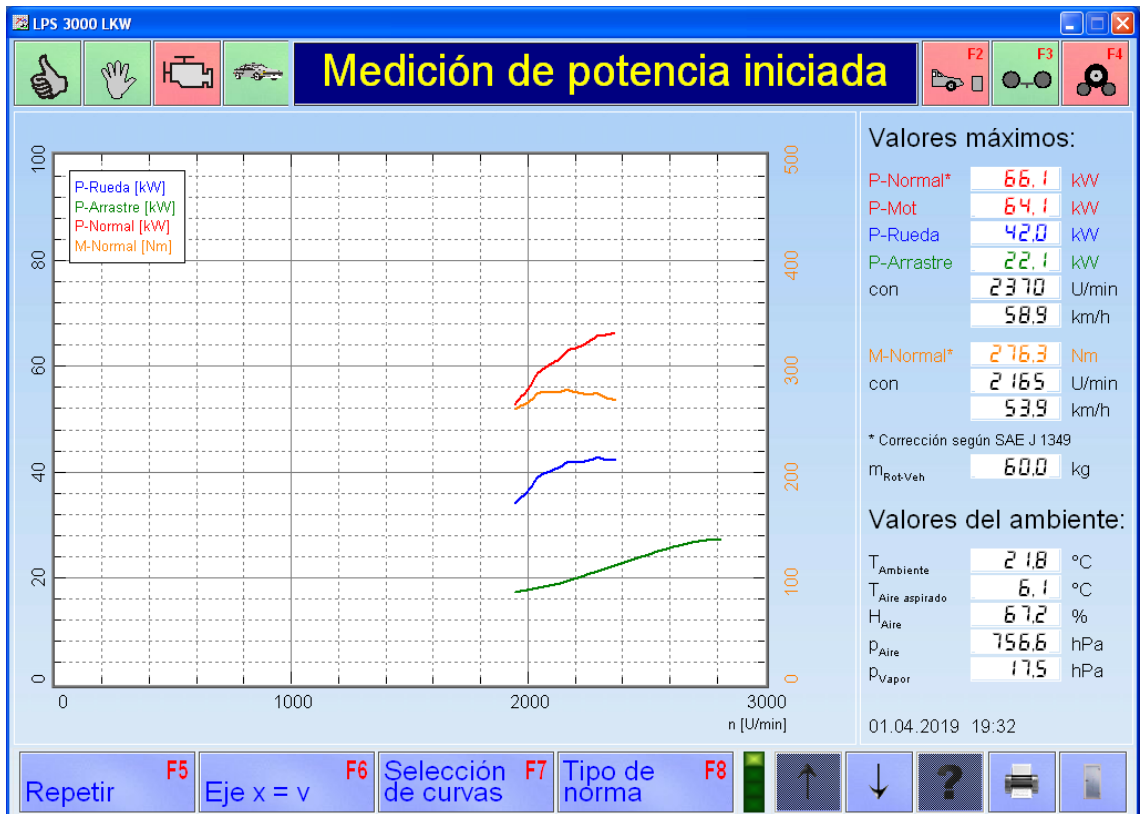
d) Resultados de potencia-torque en el banco de pruebas sin realizar mantenimiento al sistema de inyección.





e) Resultados de torque – potencia en el banco de pruebas luego de realizar el mantenimiento al sistema de inyección







f) Resultados de la opacidad antes de realizar el mantenimiento al sistema de inyección





g) Resultados de la opacidad luego de realizar el mantenimiento al sistema de inyección



ANALIZADOR DE FUMOS - STD
Versión 1.0.21

PRUEBA CONTINUA

Opacidad % 23.8	RPM 1/min 5200
Temp. motor °C 91.2	Presión mbar 3.6
Unidad de medida	
Opacidad K	Opacidad %
Modo de la adquisición	
Continuo	Picos

PARAR

Esc Salir F1 Auto-cero F2 Imprimir

ANALIZADOR DE FUMOS - STD
Versión 1.0.21

PRUEBA CONTINUA

Opacidad % 20.8	RPM 1/min 4920
Temp. motor °C 91.5	Presión mbar 3.5
Unidad de medida	
Opacidad K	Opacidad %
Modo de la adquisición	
Continuo	Picos

PARAR

Esc Salir F1 Auto-cero F2 Imprimir