

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO – USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

Maqueta Didáctica del Sistema Riel Común
Proyecto de investigación

José Alberto Batallas Espinosa

Electromecánica Automotriz

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de
Licenciado en Electromecánica Automotriz

Quito, 9 de noviembre de 2017

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO - USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Maqueta Didáctica del Sistema Riel Común

José Alberto Batallas Espinosa

Calificación:

Nombre del Profesor:

Gonzalo Tayupanta, MSc

Firma del profesor

Quito, 9 de noviembre de 2017

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombre y apellidos: José Alberto Batallas Espinosa

Código: 00108160

Cedula de identidad: 0502572746

Lugar y fecha: Quito, noviembre de 2017

Resumen

Este trabajo aborda las partes que conforman un Sistema de Inyección Diésel Riel Común por medio de una maqueta didáctica. Por lo tanto, se muestran las funcionalidades específicas de cada elemento del sistema, de manera directa, haciendo más sencilla su comprensión de las funciones que realiza un Sistema Riel Común, para una correcta manipulación. Se espera poder ayudar a las personas, técnicos y estudiantes de la carrera de electromecánica automotriz a manejar este sistema a cabalidad, habida cuenta de lo novedoso de la tecnología en cuestión y la precariedad de la información disponible.

Abstract

This work deals with the parts that make up a Diesel Injection of Common Rail system by means of a didactic model. This material serves the purpose of observing in detail the operation of the system and its parts. Therefore, the specific functionalities of each element of the system are shown, directly, making it easier to understand the functions performed by a Common Rail System, for a correct manipulation. It is hoped to be able to help the people, technicians and students of the automotive electromechanical race to handle this system completely, given the novelty of the technology in question and the precariousness of the available information.

INTRODUCCIÓN

El motor diésel fue inventado por Rudolf Diésel el 28 de febrero de 1892, fecha en la que fue patentado el primer ejemplar, tomando el nombre de su inventor. Rudolf quería un motor diferente a los ya existentes que era de gasolina, lo que le llevó a crear un motor de más alta compresión.

Él se dio cuenta de que no era estrictamente necesario que una chispa se produjera para generar la combustión, sino que mezclando de aire y combustible se puede emular el mismo proceso, siempre y cuando se le comprime suficiente, por ello la relación de compresión de un motor diésel es muy superior a uno de gasolina.

En ese tiempo no eran muy cotizados los motores a diésel porque eran pesados, ruidosos y vibraban demasiado. Con el pasar del tiempo fueron evolucionando, descartando la inyección indirecta, la cual consistía en inyectar combustible en un pre cámara arriba del cilindro, hasta que se incorporó lo que es la inyección directa en la cámara de combustión. Esto llevó a que el alemán Robert Bosch decidiera hacer su propio sistema de inyección en 1922, el cual culminó en 1927 fabricando en serie la primera bomba de inyección lineal.

Ese fue el punto de partida para la evolución de los sistemas a diésel, hasta que en 1997 Bosch lanza su primer sistema de inyección modulada Riel Común.

Objetivos

Objetivo General

El objetivo de este trabajo es poder facilitar la comprensión del sistema de inyección diésel Riel Común, mediante una maqueta didáctica que exhibirá el sistema de Inyección Riel Común, montado de tal forma que será fácil la interacción y la explicación de este mecanismo, con esto se espera beneficiar a los estudiantes de electromecánica automotriz, ya que podrán experimentar y aprender de este sistema.

Objetivos Específicos

- Determinar la función del sistema Riel Común.
- Manipular los elementos del sistema, para determinar las funciones específicas de cada elemento interno que conforma este sistema.
- Concientizar a los técnicos sobre la importancia del buen mantenimiento a los vehículos con sistema Riel Común.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	13
1. Sistema de baja presión.....	13
1.1 Componentes del sistema de baja presión.....	13
1.1.1 Depósito de combustible	13
1.1.2 Línea de transporte de combustible	14
1.1.3 Filtro de combustible	14
1.1.4 Bomba de Alimentación.....	16
CAPÍTULO II	19
2. Sistema de alta presión.....	19
2.1 Estructura del sistema de alta presión	19
2.1.1 Bomba de alta presión.....	19
2.2 Funcionamiento de regulación de presión de la Bomba	21
2.3 Elementos de alta presión.....	22
2.4 Riel	25
2.5 Sensor de presión	26
2.6 Válvula limitadora de presión	27
2.7 Inyectores bobinados	28
2.7.1 Descripción general.....	28
2.7.2 Funcionamiento del inyector.....	28
2.7.3 Desarrollo de la inyección.....	29
2.7.4 Activación del inyector	31
2.7.5 Pasos de inyección	31
2.7.6 Parámetros a los que trabaja cada inyección.....	32
CAPÍTULO III.....	33
3. Control electrónico del sistema.....	33
3.1 Funciones principales de la unidad de control (ECU).....	33
3.1.1 Descripción general.....	33
3.1.2 Funciones de la unidad de control (ECU)	33
3.1.3 Sensor (MAF)	35
3.1.4 Sensor de posición del pedal del acelerador	37
3.1.5 Aplicaciones de la señal.....	38
3.1.6 Sensor de posición del cigüeñal (CKP)	38
3.1.7 Sensor Hall	39
3.1.8 Sensor de árbol de levas (CMP).....	40
3.1.9 Constataciones	40

3.1.10	Sensor presión absoluta del múltiple (MAP)	40
CAPÍTULO IV	.....	43
4.	Diseño y construcción de la maqueta didáctica	43
4.1	Cuadros de diseño y construcción de la maqueta didáctica	43
CAPÍTULO V	.....	89
5.	Mantenimiento del sistema	89
5.1	Mantenimiento preventivo	89
5.1.1	Cambio del filtro de combustible	89
5.1.2	Drenar el filtro de combustible	90
5.1.3	Revisión y mantenimiento de los inyectores	91
CONCLUSIONES	.....	96
RECOMENDACIONES	.....	98
BIBLIOGRAFÍA	.....	101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Depósito de combustible	14
Ilustración 2. Filtro de combustible	15
Ilustración 3. Bomba electrónica de combustible	16
Ilustración 4. Funcionamiento del Rotor	17
Ilustración 5. Partes del Rotor	18
Ilustración 6. Bomba de alta presión.....	20
Ilustración 7. Regulación de la Presión en la Bomba	22
Ilustración 8. Elementos de Bosh CP3	23
Ilustración 9. Eje Principal.....	24
Ilustración 10. Eje Principal más bomba de Alimentación.....	25
Ilustración 11. Riel o acumulador de presión	25
Ilustración 12. Mediciones de la presión	27
Ilustración 13. Válvula limitadora de Presión.....	27
Ilustración 14. Funcionamiento del Inyector	29
Ilustración 15. Desarrollo de la Inyección	30
Ilustración 16. Activación del Inyector.....	31
Ilustración 17. Sensores y actuadores	34
Ilustración 18. Sensor de hilo caliente	36
Ilustración 19. Diagrama de las funciones de los pines MAF	36
Ilustración 20. Sensor de Posición del Pedal de aceleración	37
Ilustración 21. Onda del Sensor Hall	39
Ilustración 22. Sensor MAP	41
Ilustración 23. Relación Voltaje - Presión	41
Ilustración 24. Sensor MAP	42
Ilustración 25. Estructura de la maqueta didáctica	43
Ilustración 26. Estructura de la maqueta didáctica	44
Ilustración 27. Estructura de la bomba de alta presión colocada en la entenalla	45
Ilustración 28. Desmontaje de los pernos hexagonales de la tapa de la bomba de transferencia	45
Ilustración 29. Desmontaje de la tapa de la bomba de transferencia	46
Ilustración 30. Vista superior de la bomba de transferencia	46
Ilustración 31. Desmontaje de la bomba de transferencia	47
Ilustración 32. Chaveta de la bomba de transferencia	47
Ilustración 33. Extracción de los pernos hexagonales de la válvula SCV	48
Ilustración 34. Extracción de la válvula SCV	48
Ilustración 35. Vista superior donde asienta la válvula SCV.....	49
Ilustración 36. Extracción de los pernos hexagonales de la tapa del eje principal.	49
Ilustración 37. Extracción de la tapa del eje principal.....	50
Ilustración 38. Vista superior del eje principal de la bomba.....	50
Ilustración 39. Extracción de pernos hexagonales del subconjunto	51
Ilustración 40. Extracción del subconjunto de elemento de la bomba.....	51
Ilustración 41. Extracción del subconjunto de elemento.	52
Ilustración 42. Despiece del subconjunto, elemento, resorte y émbolo.	53
Ilustración 43. Comprobación del elemento en el subconjunto	53
Ilustración 44. Eje principal con leva anular.....	54
Ilustración 45. Despiece completo de la bomba de alta presión	54
Ilustración 46. Eje principal – leva anular	55
Ilustración 47. Tapa del eje principal.....	56

Ilustración 48. Instalación de pernos en la tapa	56
Ilustración 49. Instalación subconjunto del elemento	57
Ilustración 50. Apriete de pernos del subconjunto del elemento	58
Ilustración 51. Instalación de chaveta en el eje principal	58
Ilustración 52. Instalación del rotor externo	59
Ilustración 53. Instalación de la tapa de la bomba de transferencia	60
Ilustración 54. Instalación de la válvula SCV	60
Ilustración 55. Instalación de los pernos en la válvula SCV	61
Ilustración 56. Funcionamiento de la válvula SCV	62
Ilustración 57. Montaje de la bomba de alta presión en el banco de pruebas Bosch 708	62
Ilustración 58. Tabla de los resultados de la prueba de la bomba de alta presión	63
Ilustración 59. Tabla de los resultados de la prueba de la bomba de alta presión	64
Ilustración 60. Instalación de la bomba de alta presión e la maqueta	66
Ilustración 61. Instalación de la Riel en la maqueta	67
Ilustración 62. Diseño e instalación del soporte de los 4 inyectores	67
Ilustración 63. Diseño Vista frontal del inyector Denso	68
Ilustración 64. Juego de herramientas REDAT para inyectores Denso	69
Ilustración 65. Inyector Denso sujetado	69
Ilustración 66. Desmontaje del porta tobera del inyector	70
Ilustración 67. Despiece de la parte inferior del inyector	71
Ilustración 68. Tobera	71
Ilustración 69. Inyector sujetado	72
Ilustración 70. Herramienta 4 021 405	72
Ilustración 71. Desmontaje de la bobina del inyector	73
Ilustración 72. Despiece de la bobina del inyector	74
Ilustración 73. Vista superior del plato	74
Ilustración 74. Punzón de bronce	75
Ilustración 75. Herramienta 021 290 para desenroscar el plato	75
Ilustración 76. Desmontaje del plato	76
Ilustración 77. Vista superior del disco	76
Ilustración 78. Vista Despiece del plato y el disco	77
Ilustración 79. Válvula del inyector	77
Ilustración 80. Despiece completo del inyector	78
Ilustración 81. Montaje de la válvula y el disco	79
Ilustración 82. Montaje del plato	79
Ilustración 83. Ajuste del plato	80
Ilustración 84. Montaje de la mariposa	80
Ilustración 85. Ajuste de la bobina del inyector	81
Ilustración 86. Montaje del inyector en el banco de pruebas Boch EPS 200	82
Ilustración 87. Montaje del inyector en el banco de pruebas Boch EPS 200	83
Ilustración 88. Protocolo de los resultados de medición	84
Ilustración 89. Montaje de los 4 inyectores colocados en el soporte.	86
Ilustración 90. Sensores y la ECU	87
Ilustración 91. Montaje de los sensores en la maqueta	87
Ilustración 92. Maqueta didáctica terminada	88
Ilustración 93. Filtro de Combustible	90
Ilustración 94. Drenaje de agua del filtro	91
Ilustración 95. Lavado de ultrasonido para inyectores diesel	92
Ilustración 96. Inyector sumergido en la máquina de ultrasonido	92
Ilustración 97. Válvula SCV	93

Ilustración 98. Limpieza Válvula SCV	94
Ilustración 99. Medidor de aceite del motor	95
Ilustración 100. Aditivo LIQUI MOLY	95

CAPÍTULO I

1. Sistema de baja presión

Los sistemas de baja presión tienen dos funciones principales, filtrar y almacenar el combustible hasta que el mismo sea requerido para poder distribuir al sistema de inyección junto con cierta presión específica requerida. Si el combustible sobra y no es utilizado, el sistema a su vez se encarga de su retorno y lo almacena en el depósito, incluso de la refrigeración del combustible antes de retornar al almacén del mismo.

Además, el sistema de alimentación puede variar dependiendo del tipo de sistema de inyección y las características de la bomba inyectora. Para que el sistema de alta presión pueda trabajar con efectividad, se tiene que garantizar una alimentación de combustible correcta en la admisión de la misma, siendo esta su principal función (Castillejo, 2014).

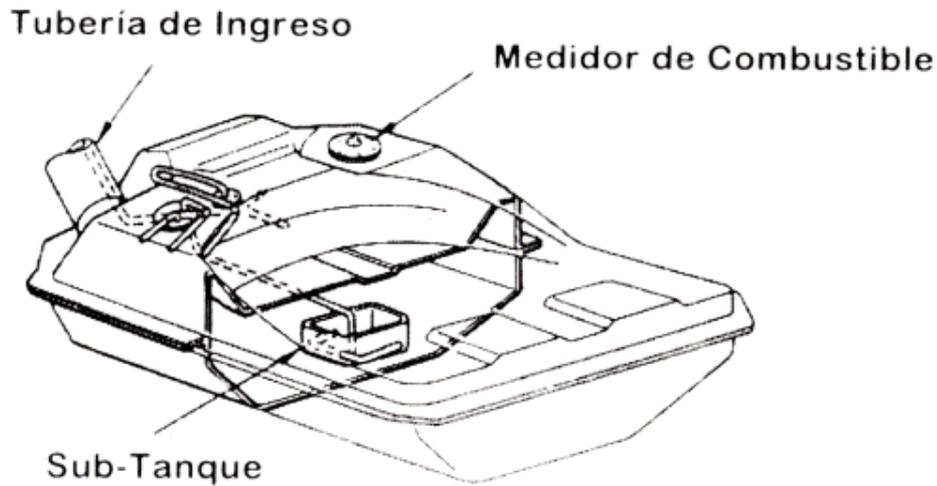
1.1 Componentes del sistema de baja presión

1.1.1 Depósito de combustible

Como su nombre lo indica, el depósito es el contenedor principal del combustible, por ende el material con el que está compuesto es resistente a la corrosión que el mismo puede causar y a la presión generada por los vapores del combustible cuando el auto está en marcha y no pueden liberarse, es así que se genera una sobrepresión que se libera por si misma por aberturas o válvulas de seguridad destinadas para esta función (Castillejo, 2014).

El diseño de los depósitos, debe contar con la seguridad de que no se puedan producir fugas, cuando el vehículo impacte en movimientos bruscos o inclinaciones y asegurarse que no esté cerca del motor en caso de que el combustible se derrame en un accidente (Castillejo, 2014).

Ilustración 1. Depósito de combustible



Fuente: (Garzón, 2012)

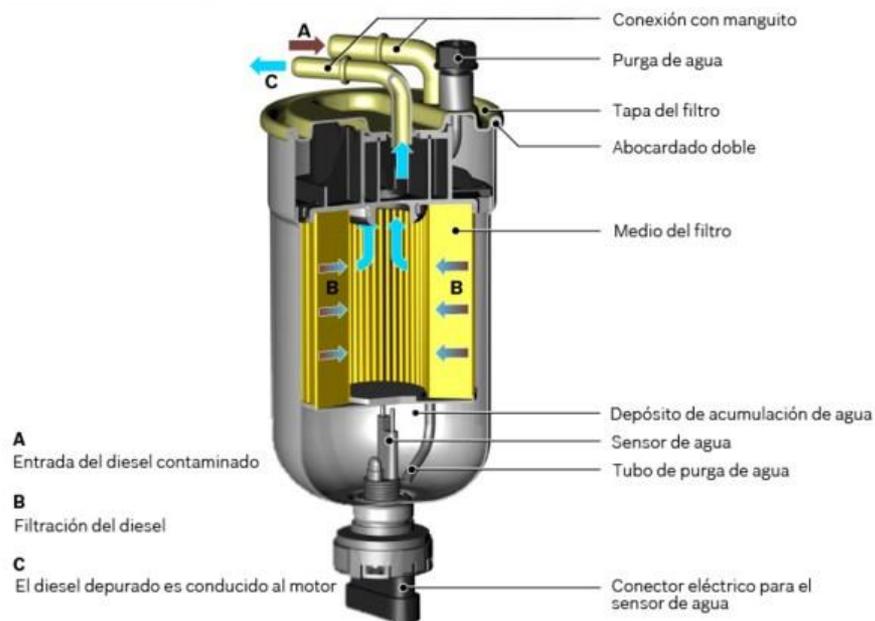
1.1.2 Línea de transporte de combustible

Las líneas compuestas por tubos flexibles de metal, por las que atraviesa el combustible y no permiten la fuga del mismo, equipadas para movimientos bruscos o flexión del bastidor, así como todos los componentes de este sistema de transporte, están equipados para prevenir daños provocados por aumento de la temperatura cuando el vehículo está en marcha (Castillejo, 2014).

1.1.3 Filtro de combustible

Están destinados a evitar, que cualquier impureza del ambiente se filtren al sistema de riel común, que ponga en riesgo su función, pues todas las impurezas pueden ingresar a la reserva de combustible, disminuye la generación de óxido y/o filtración de agua que puedan producirse en las cañerías o en el depósito.

Ilustración 2. Filtro de combustible



Fuente: (Bosh, 2017)

La función del filtro es separar el agua del diésel, el agua no se mezcla con el diésel porque es una sustancia aceitosa, los filtros de combustible tienen las tomas de entrada y de salida en la parte superior, y en caso de que el diésel entre contaminado con agua, el agua se va a quedar en el fondo del filtro (Castillejo, 2014).

1.1.1.1 Componentes del sistema de filtrado

- Filtro preliminar: filtra combustible previo a la entrada a la bomba de alimentación priora. ubicado al interior del depósito
- Filtro principal: filtra partículas sólidas, gracias a su forma en V, puede estar ubicado de dos maneras; en serie, que mejora eficacia en filtración o en paralelo, que acrecienta su cabida de almacenaje. Se desencaja con facilidad y tiene que ser cambiado periódicamente.
- Calentador de combustible: se encuentra añadido al filtro principal, eleva la temperatura del combustible eléctricamente a través del combustible de regreso o agua de refrigeración.

En caso de que la temperatura del ambiente sea baja, pueden crear parafinas en forma de cristales que obstruyen los poros del filtro, pero gracias al paso del combustible caliente por el mismo, se protege de estos cristales.

- Bomba manual: purga el aire encerrado en el sistema de inyección dentro de operaciones de mantenimiento. Añadido a la cubierta del filtro (Castillejo, 2014).

1.1.4 Bomba de Alimentación

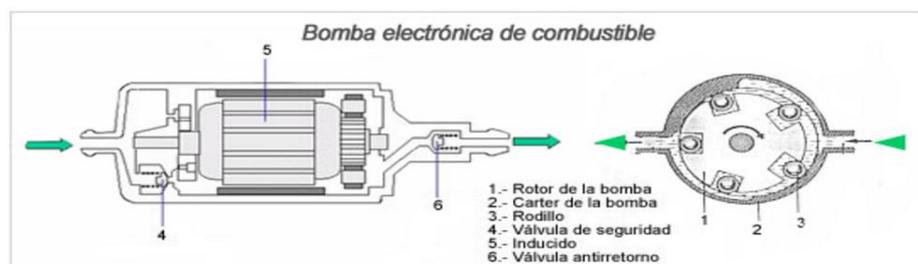
Tienen la función de facilitar el purgado del sistema en caso de vaciado del mismo, éstas utilizan 2 tipos de bombas:

- Eléctrica
- Mecánica

1.1.1.1.2 Bombas eléctricas

Su función principal es suministrar de combustible a la bomba de alta presión, sumergida por la misma dentro del depósito. Es una bomba eléctrica de rodillos que se alimenta con una tensión de 12 V por medio de un relé, esta bomba genera una presión de 3 a 4 bar, tipo carrete con un flujo de combustible de 160 L/H (Fiat Auto, 2016).

Ilustración 3. Bomba electrónica de combustible



Fuente: (RODES, 2017)

Normalmente si la bomba de alta presión tiene incorporada una bomba de alimentación, no necesita de una bomba eléctrica en el tanque. La bomba eléctrica es opcional y depende del tipo de bomba de alta presión.

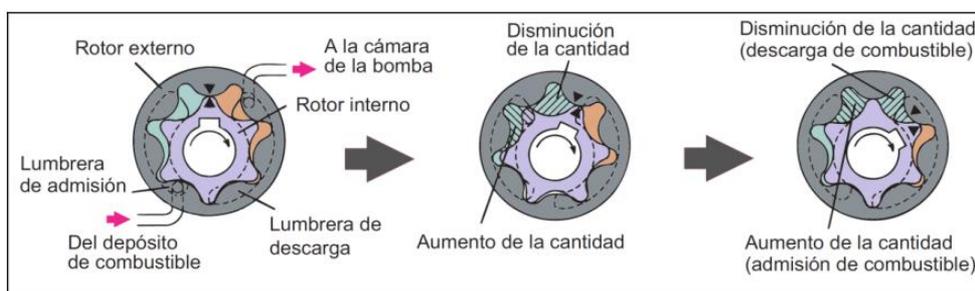
Su funcionamiento inicia cuando el vehículo se encuentra en contacto, la bomba se enciende unos 4 segundos antes, para poder llenar el sistema de baja presión hasta la bomba de alta presión.

1.1.1.1.3 Bomba mecánica.

Esta bomba está incorporada en la bomba de alta presión, misma que la acciona para succionar el combustible desde el depósito. Hay bombas eléctricas de apoyo piores que facilitan el purgado del sistema cuando se vacía el mismo.

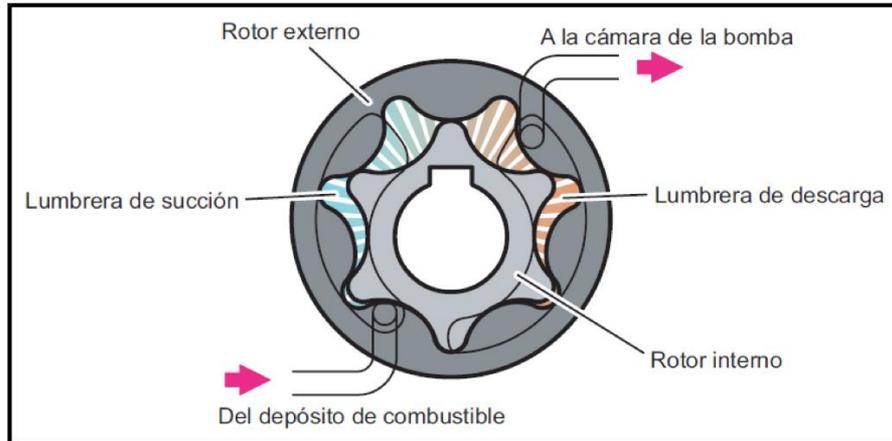
En este caso, la bomba con la que se va a trabajar, Denso HP3, su bomba de alimentación posee un rotor excéntrico, con un rotor interno, y uno externo, con los cuales se succiona el combustible y se bombea hacia el punto de descarga. Esto varía acorde el espacio que aumenta o disminuye al girar el rotor.

Ilustración 4. Funcionamiento del Rotor



Fuente: (Africanos a la Mecánica, 2017)

Cuando el rotor interior gira, la bomba con la rotación del rotor interior, la bomba de alimentación absorbe diésel a través de la lumbrera de succión y lo envía fuera mediante la lumbrera de descarga. Esto varía acorde el espacio que aumenta o disminuye al girar el rotor.

Ilustración 5. Partes del Rotor

Fuente: (Accionados a la Mecánica, 2017)

CAPÍTULO II

2. Sistema de alta presión

El sistema de alta presión es establecido por una bomba de alta presión y está encargada de generar presión en todas las condiciones a las que trabaja el motor, este tipo de bombas están ubicadas generalmente en el mismo sitio que las bombas convencionales, en la parte frontal del motor o mejor dicho en la distribución del motor, siendo impulsadas mediante el cigüeñal por medio de bandas dentadas o cadenas de la distribución.

Este sistema como su nombre lo indica tiene un riel, en este riel ingresa el combustible que envía la bomba de alta presión, este riel es muy sencillo ya que parece una flauta, donde a su vez que entra el combustible de alta presión se encarga de distribuir ese combustible a los inyectores montados encima de cada uno de los cilindros. El riel es muy importante en el sistema ya que en él se encuentra el sensor de presión del combustible del motor a través de la inyección directa, dicho más claramente, a partir de la tobera del inyector localizada en la cámara de combustión. Con este sistema de inyección se logra incrementar la efectividad del pulverizado del combustible y en consecuencia, el proceso de combustión.

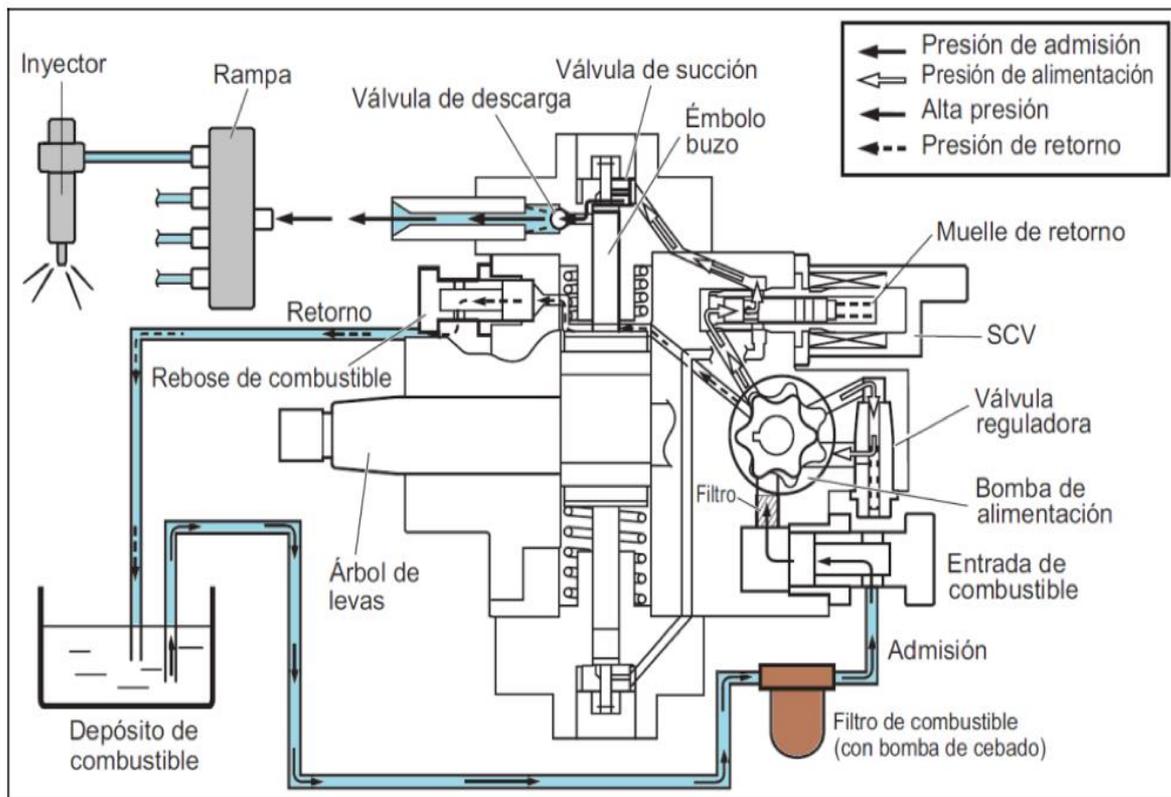
2.1 Estructura del sistema de alta presión

2.1.1 Bomba de alta presión

La bomba de alta presión tiene la misión de elevar ésta a diferentes parámetros, conforme a los requerimientos del motor y es comandado por la ECU, esto genera un funcionamiento correcto del sistema riel común. La misión principal de esta bomba es introducir combustible en el riel, manteniendo una presión constante en el sistema. En este caso se trabajará con una bomba de alta presión Denso HP3.

El combustible es succionado por la bomba de alimentación desde el depósito de combustible, la bomba de alimentación le pasa el combustible a la válvula reguladora (SCV), en ese momento la válvula ajusta la presión del combustible requerida por la ECU, luego el combustible entra por la válvula de succión, y es bombeado por el elemento, disparando la presión y acondiciéndola junto con el combustible, directo al riel.

Ilustración 6. Bomba de alta presión



Fuente: (Castillejo, 2014)

Hay que tomar en cuenta que todas estas piezas están en constante movimiento a diferentes velocidades, por lo cual va a generar fricción entre las piezas internas y esto va hacer que se eleve la temperatura interna, por eso el diésel funciona como lubricante para evitar el desgaste interno de la bomba, y también para refrigerar. En el momento que un vehículo a diésel se queda sin combustible, puede llegar a tener daños muy severos en todo el sistema de inyección.

Estos son los 3 elementos fundamentales de la bomba de alta presión:

- Regulador de presión
- Bomba de alimentación
- 2 Elementos de alta presión

2.2 Funcionamiento de regulación de presión de la Bomba

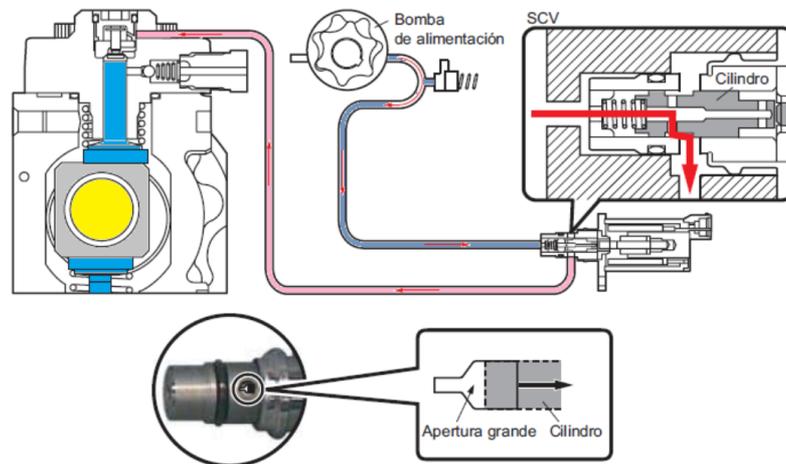
Este tipo de válvulas están ubicadas en la bomba de alta presión o en la riel en este caso está ubicada en la bomba tipo HP3, la presión de combustible es regulada por una válvula conocida como SCV o válvula reguladora de presión, esta válvula tiene la misión de elevar la presión de 300 bar hasta 1800 bares, la presión va de acuerdo con la condición de trabajo del motor, a mayor presión mayor potencia, esta válvula permitir el mayor o menor paso de combustible a los elementos de la bomba, con lo que consigue controlar la presión impulsada por la bomba de alta.

Esta válvula tiene una particularidad, ya que esta válvula permanece totalmente abierta cuando está sin corriente (motor apagado), esto permite el máximo llenado del sistema.

Esta válvula está compuesta por una bobina electromagnética, y trabaja con una tensión de alimentación de 8 – 3.2 V, esta válvula en reposo tiene una alimentación de 3.2 V en este caso la válvula está abierta, mientras la válvula se va cerrando aumenta el voltaje de alimentación de la válvula.

- Frecuencia: 120- 200 HZ
- Resistencia: 2.60 - 3,15 Ω

Ilustración 7. Regulación de la Presión en la Bomba



Fuente: (Aficionados a la Mecánica, 2017)

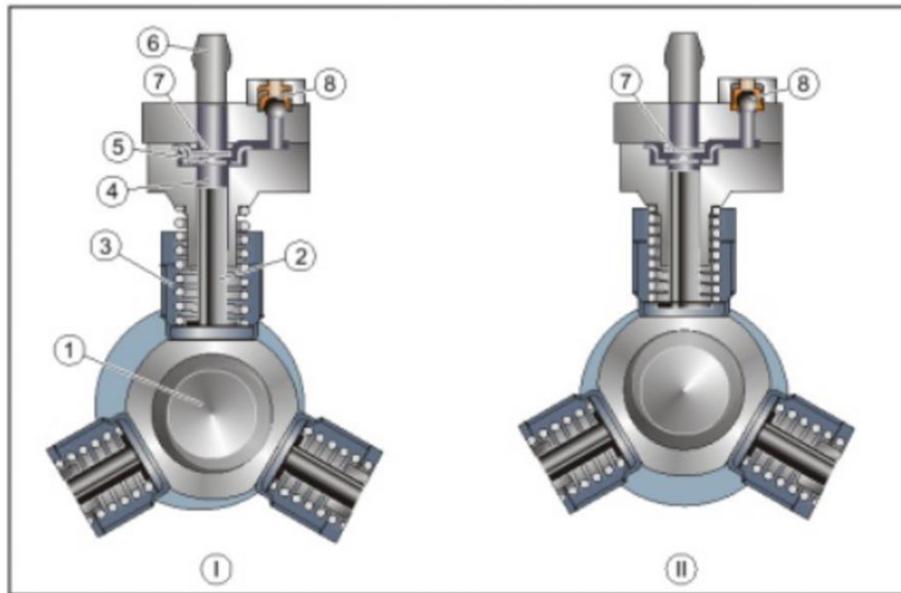
2.3 Elementos de alta presión

Los elementos de alta presión tienen la misión de elevar la presión del combustible. En la ilustración 8 se puede visualizar el corte frontal de una bomba marca Bosch CP3 de alta presión, estas bombas pueden venir de 1 a 3 elementos dependiendo del fabricante y aplicación a los vehículos.

- I. En la parte I de la ilustración, el elemento está en el punto inferior, el eje principal genera el movimiento de la leva, este accionamiento hace que los elementos suban y bajen dependiendo de las revoluciones del motor ya que este eje está empernado a un piñón colocado en la distribución, por la entrada de combustible (6) succiona el combustible que viene desde la válvula reguladora y eso permite que abra la válvula (5) del disco (7), el rato que entra el combustible llena la cámara de alta presión (4), antes del llenado de la cámara hay que recordar que paso por la válvula

reguladora de presión, recorrido del elemento (2), la cámara está totalmente llena de combustible, en este momento la leva está en el punto inferior del eje principal.

Ilustración 8. Elementos de Bosh CP3



1. Eje de accionamiento
2. Elemento de la bomba (pistón)
3. Resorte de presión
4. Cámara de compresión

5. Válvula de entrada
6. Entrada de combustible
7. Disco de la válvula de entrada
8. Válvula de salida

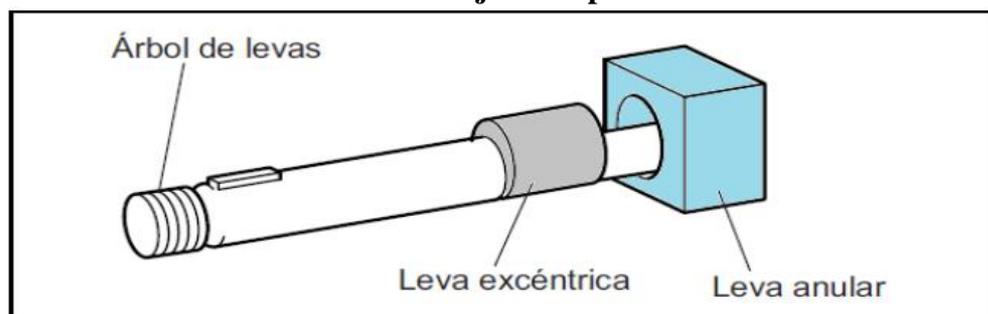
Fuente: (Castillejo, 2014)

- II. En la sección II de la ilustración 8 el movimiento de la leva es ascendente, la válvula de entrada (5) y el disco (7) cierran la entrada de combustible para que no regrese el combustible que se dirige hacia adentro de la cámara, por el movimiento de rotación del eje principal (1) hace que el elemento suba (pistón) (2), este movimiento hace que se comprima el combustible y ahí es cuando se genera la alta presión en la cámara (4)

- III. Cuando se eleva la presión en la cámara (4) llegando a su presión máxima, por lo tanto, supera la fuerza de la válvula de salida (8), ésta se abre dejando salir el combustible (alta presión) hacia el Riel.

En la bomba HP3 es el mismo principio, pero como solo tiene 2 elementos cambian los ejes impulsadores, en este caso el eje principal está conectada con la leva excéntrica y ésta a su vez mueve la leva anular, en las bombas con 3 elementos se tiene una leva convencional en ésta se tiene una leva anular (véase en la ilustración 9), la leva excéntrica hace que la leva anular se mueva hacia arriba y hacia abajo cumpliendo la misma función (mencionada arriba) que una bomba de 3 elementos.

Ilustración 9. Eje Principal



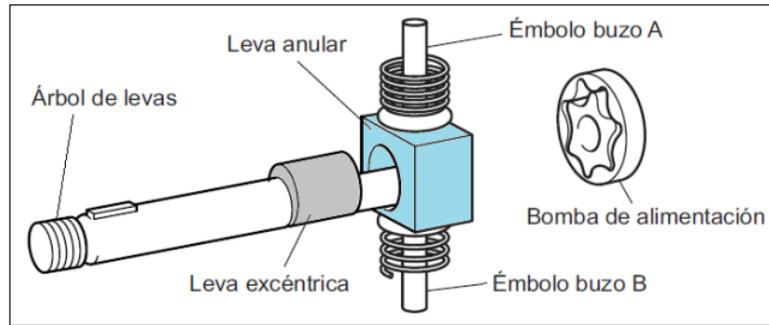
Fuente: (Castillejo, 2014)

La presión que genera esta bomba:

- Máxima presión, 1800 bar
- Mínima presión, 250 bar

En el mismo eje principal están conectada a la leva excéntrica, leva anular y la bomba de alta presión, la bomba de alta presión está sujeta por el eje principal mediante una chaveta, mientras más revoluciones envía el motor mayor succión tiene la bomba, esta chaveta al igual que la bomba de alimentación sufren más desgaste que las otras piezas que componen la bomba, que está en la parte posterior del eje principal.

Ilustración 10. Eje Principal más bomba de Alimentación

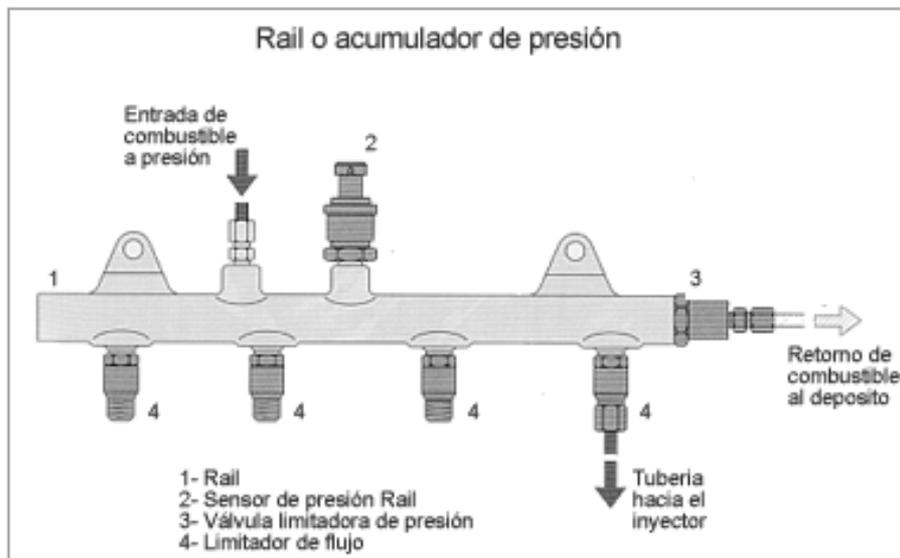


Fuente: (Castillejo, 2014)

2.4 Riel

El riel como su nombre lo indica es como una flauta que es hueca por dentro, pero está en el riel que tiene la función de acumular el combustible que envía la bomba de alta presión mediante una cañería, está tolera las diferentes presiones que envía la bomba de alta presión. El riel tiene una función fundamental en este caso tiene un sensor que mide la presión que envía la bomba de alta presión, con la cual controla e informa a la ECU su comportamiento, a su vez tiene una válvula limitadora de presión.

Ilustración 11. Riel o acumulador de presión



Fuente: (Africanos a la Mecánica, 2017)

2.5 Sensor de presión

El sensor de presión es sumamente importante ya que le da datos activos a la ECU de cómo se está comportando la presión, internamente está compuesto por un sensor pieza resistivo, este sensor se deforma a partir de la presión que entra en él, mientras entra más flujo de combustible varía la resistencia en función del valor existente. La ECU evalúa la oscilación de la resistencia del sensor y ésta mismo envía de vuelta una señal a la ECU dependiendo de la presión que se encuentra en el riel. Con esta señal que envía el sensor a la ECU, ésta misma va a interferir con la válvula reguladora de presión que se encuentra en la bomba, haciendo que reduzca la presión o aumente la presión.

La ECU tiene registrados los valores máximos y mínimos, en este caso de 100 bar hasta los 1800 bar, cuando supera esas tolerancias el módulo va a indicar la presencia de una falla, inmediatamente va a encender una luz testigo (check engine) en el tablero, dependiendo del vehículo pueden entrar en modo de emergencia y no va desarrollar a más de 3000 rpm.

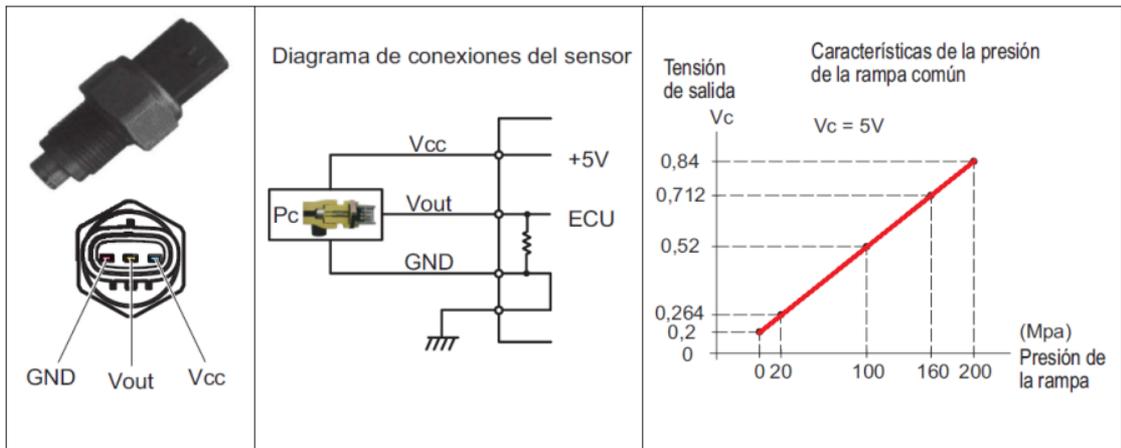
El sensor trabaja 0.2 v a 5 v, este voltaje varía a medida que se aumenta la presión, esto quiere decir que a 0.2 v voy a tener presión 0 bar, y a 5v voy a tener una presión de 1800 bar.

A partir de esto mediante un multímetro se podrá verificar rápidamente si el sensor está funcionando, el voltaje en ralentí será mínimo 0,8 V en cambio en plena carga se va a tener un voltaje de 5 V, mientras va incrementando el voltaje la presión del riel va subiendo.

Este sensor de presión está compuesto por 3 cables:

- Cable es de tierra (GND),
- Cable de salida de señal hacia la ECU (Vout)
- Cable de alimentación de 5v

Ilustración 12. Mediciones de la presión

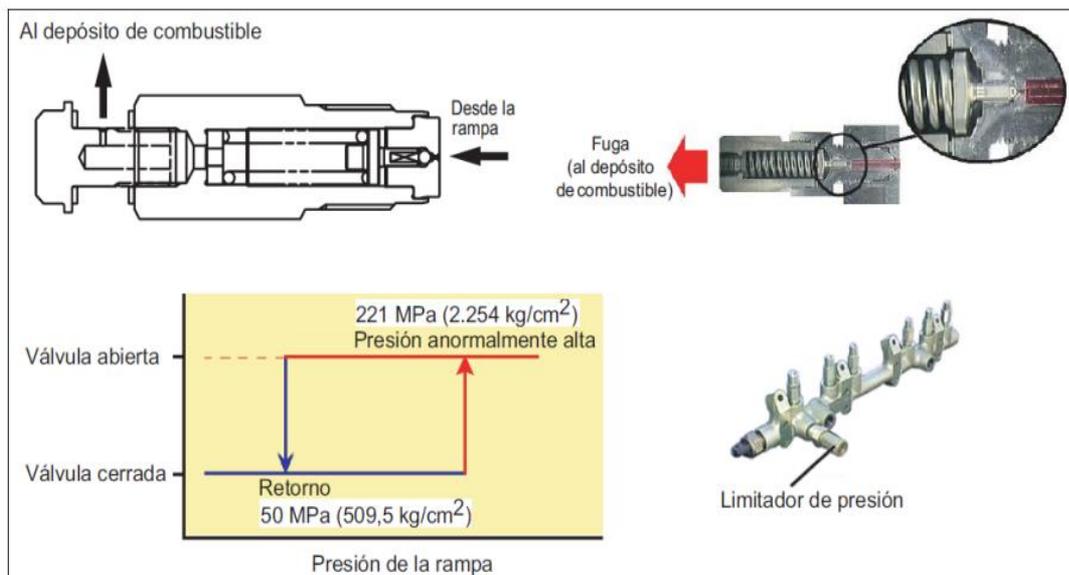


Fuente: (Automécánico, 2017)

2.6 Válvula limitadora de presión

- Para evitar sobrepresiones en el rail, se instala una válvula limitadora de presión, la cual es una válvula mecánica que se abre en caso de un exceso de presión en el sistema, cuando se abre esta válvula el combustible retorna al depósito. Esta válvula se abre cuando supera los 2200bar

Ilustración 13. Válvula limitadora de Presión



Fuente: (Automécánico, 2017)

2.7 Inyectores bobinados

2.7.1 Descripción general

Los inyectores del sistema Riel Común propulsan directamente el combustible en la cámara de combustión del motor. Estos reciben combustible del Rail a través de cortas tuberías de alta presión de combustible.

La ECU controla la bobina del inyector, está encargada de la apertura y cierre del paso del combustible, por lo tanto, el caudal de combustible inyectado es proporcional al tiempo de conexión de la bobina del inyector

La particularidad de este sistema de inyección es que los inyectores controlan la duración de inyección en el cilindro, en cambio en los sistemas convencionales a diésel la bomba son las que controlan el tiempo de inyección. Los inyectores inyectan hasta 5 veces en un ciclo de combustión.

2.7.2 Funcionamiento del inyector

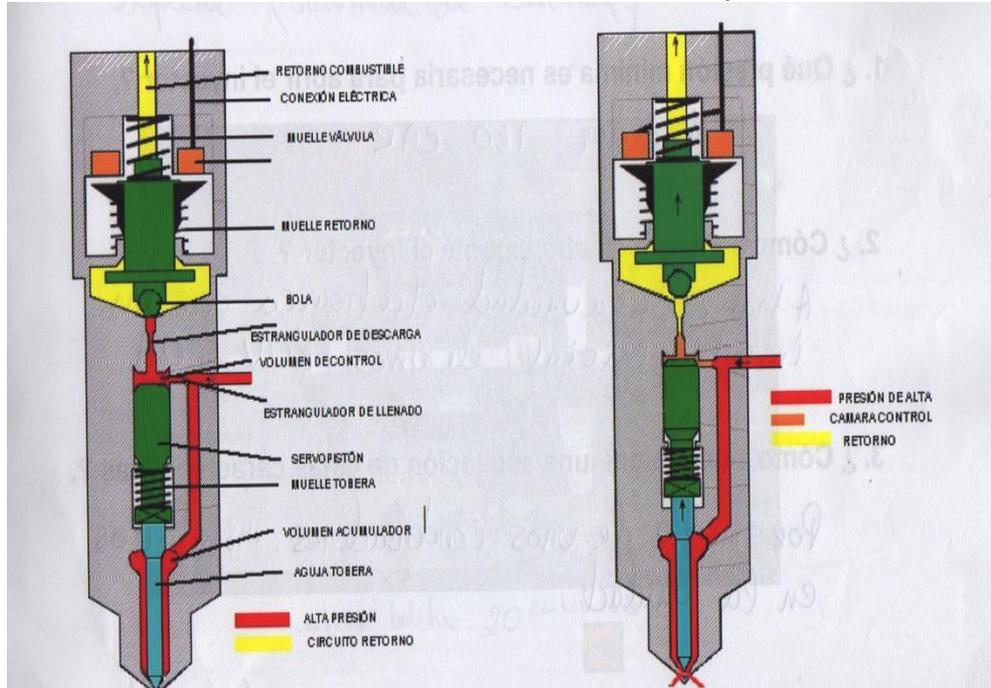
En un sistema Riel Común la inyección se consigue con una activación electro hidráulica. En posición de cierre (sin presión en el Rail) la aguja de la tobera, permanece fija contra su asiento, por la acción del muelle de la tobera. Cuando se establece cierta presión en el Rail, la fuerza de empuje en la tobera ejercida por la presión que existe en la cámara acumuladora, es contrarrestada por el servo pistón, este ejerce una fuerza contraria a la presión que existe en la cámara de control.

En posición de apertura se activa la electro válvula, está magnetiza y la bola se despegar de su asiento la cual abre el orificio de descarga de la cámara de control, permitiendo una bajada de presión en la misma, esto permite que la fuerza de empuje de la tobera levante la

aguja por lo que ya no ejerce fuerza suficiente el servo pistón sobre la aguja para contenerla.

Estos inyectores necesitan una presión mínima de 160bar para abrir el inyector.

Ilustración 14. Funcionamiento del Inyector



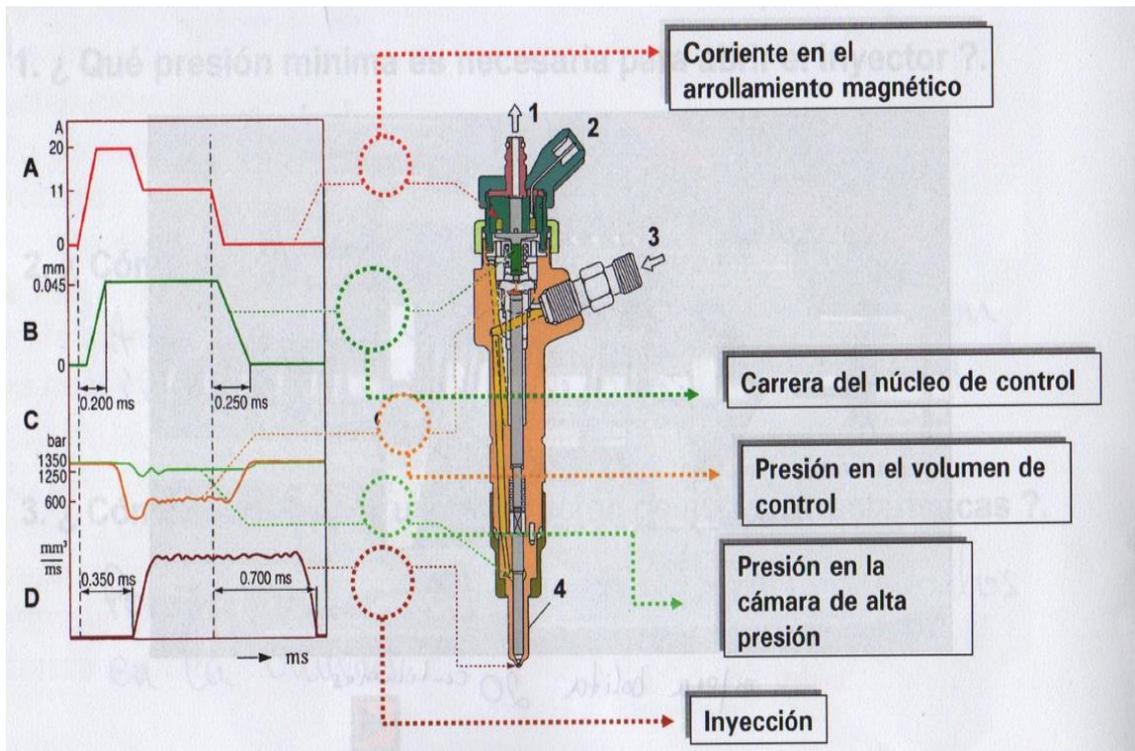
Fuente: (Automécánico, 2017)

2.7.3 Desarrollo de la inyección

El desarrollo de la inyección se lo dividirá en 4 pasos A, B, C y D. Como pueden observar en la ilustración 15, el primer paso para la activación del inyector va hacer en la parte de arriba (A), en la bobina del inyector, para la activación de la bobina necesita una corriente de 20 A, en un intervalo de 0.4ms.

En la parte B se tiene la carrera del núcleo de control, está es la que permite el paso de combustible y está sellada por una esfera de 0.020 mm, para la apertura de la cámara se necesita un recorrido de 0.045 mm en un intervalo de accionamiento de 0.200 ms a 0.0250 ms.

Ilustración 15. Desarrollo de la Inyección



Fuente: (Automécánico, 2017)

El intervalo C, es donde se tiene el control sobre el volumen de presión, en esta sección ya paso la esfera y entra a la válvula, en esta sección se va a tener una presión que oscila alrededor de 160 a 1350 bar. Después de que pasa por la válvula, se dirige el combustible a la cámara de alta presión, donde va a tener una presión constante dependiendo de lo que pida la ECU.

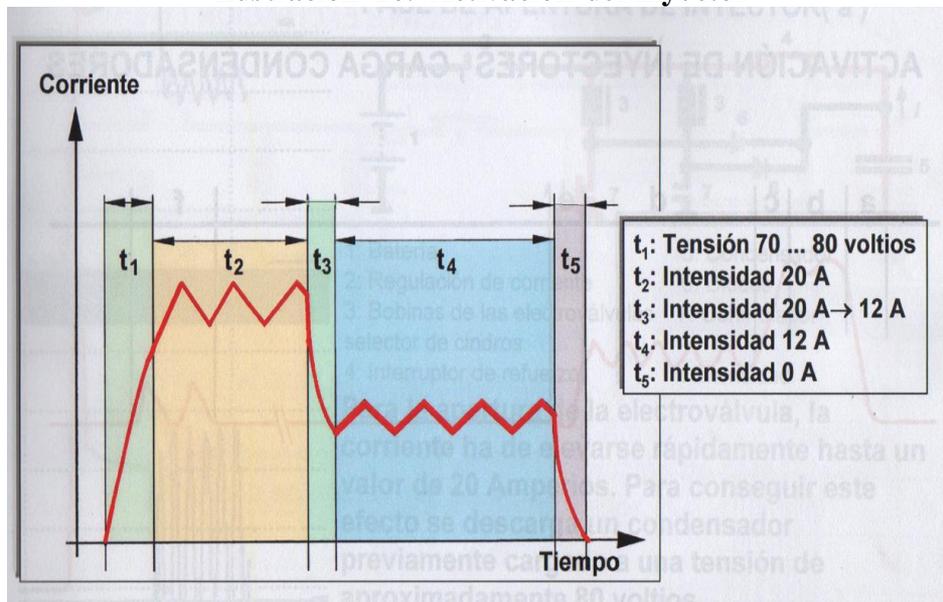
En el paso D, ya se tiene lo que es la inyección, donde está toda presión acumulada en la cámara de alta presión, donde va a tener intervalos de inyección de 0.350 a 0.700 ms por inyección, dependiendo de la activación de inyección.

2.7.4 Activación del inyector

La activación electrónica del inyector se detalla a continuación:

Al igual que la bomba de alta presión, los inyectores también necesitan lubricación del diésel, estos tienden a ser más susceptibles que la bomba a daños, ya que sus componentes internos son mucho más pequeños y cualquier impureza que ingrese en el sistema por más pequeña que sea va a terminar en los inyectores y los terminará dañando.

Ilustración 16. Activación del Inyector



Fuente: (Automécánico, 2017)

2.7.5 Pasos de inyección

Este tipo de inyector suministra combustible a intervalos de 0.4 milisegundos por lo que permite inyectar hasta 5 veces en un ciclo de combustión:

- Inyección piloto, ésta ocurre mucho antes de arranque que provee para que el combustible y el aire se mezclen
- Plena carga, suministra el combustible de la combustión y la potencia.
- Emisiones, ayuda a administrar la temperatura de los gases de escape.
- Pre inyección, acorta el retraso en el arranque durante la inyección principal y, como resultado, reduce la generación de óxido de nitrógeno (NOx), ruido y vibraciones del motor.
- Ralentí, esto ocurre un segundo después de la inyección principal y vuelve a quemar cualquier partícula restante.

2.7.6 Parámetros a los que trabaja cada inyección

- 1.Plena carga:** plena carga significa a la máxima presión que genera la bomba de alta, a una presión de 1800 bar, con un flujo de combustible de $64.3 \text{ mm}^3/\text{H}$
- 2.Emisiones:** se tiene una presión de 630 bar con un flujo de combustible de $15.5 \text{ mm}^3/\text{H}$
- 3.Ralentí:** en este intervalo tiene una presión de 300 bar, con un flujo de combustible de $5.2 \text{ mm}^3/\text{H}$
- 4.Pre Inyección:** tiene una presión de 600 bar, con un flujo de combustible de $2 \text{ mm}^3/\text{H}$

CAPÍTULO III

3. Control electrónico del sistema

3.1 Funciones principales de la unidad de control (ECU)

3.1.1 Descripción general

La unidad de control está constantemente recibiendo información de todos los sensores, la función principal de la unidad de control es asegurar un funcionamiento óptimo del sistema, de inyección en todas las condiciones de servicio del motor.

La ECU también sirve para diagnosticar averías en el sistema, y presentar información en vivo de todos los sensores y actuadores.

Adicionalmente a ello debe controlar unos niveles de emisiones dentro de los límites establecidos por las normativas de anticontaminación.

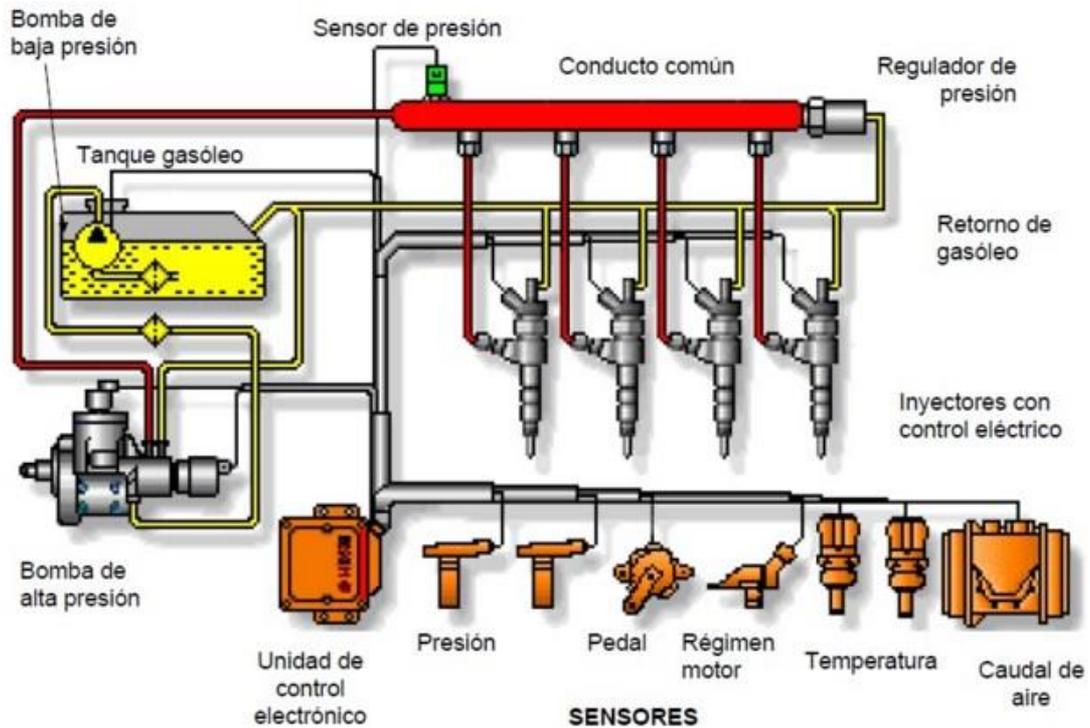
3.1.2 Funciones de la unidad de control (ECU)

La unidad de control procesa las señales de entrada, procedentes de los sensores, y en función de estos, activa los elementos necesarios para el buen funcionamiento del sistema.

Para el funcionamiento óptimo del sistema riel común, la ECU controla estas funciones principales:

- Momento de la inyección en la cámara de combustión.
- Caudal de inyección del inyector.
- Presión de combustible en el rail.

Ilustración 17. Sensores y actuadores



Fuente: (MV, 2017)

Las señales que también se podría considerar que son fundamentales para el funcionamiento del sistema son las siguientes:

- Señal de revoluciones del motor (CKP)
- Señales de la fase en la (ECU)
- Señal de la posición del pedal de aceleración

Las señales más importantes en el sistema son:

- Masa de aire aspirada (MAF)
- Sensor (MAP)
- Presión del Rail

Como se puede notar la ECU juega un papel muy importante en sistema riel común, la ECU recibe información cada segundo de todos los sensores para poder tener a régimen al motor.

La ECU es una herramienta fundamental para el diagnóstico electrónico de fallas en el vehículo, mediante un Scanner se conecta a un puerto denominado OBDII, dependiendo del Scanner se puede observar todos los datos activos de todos los sensores, con esto se verifica que estén teniendo una lectura correcta, aparte se puede hacer pruebas activas, como por ejemplo el corte de energía de cada inyector, lo que hace es cortar la comunicación del módulo al inyector para ver si está trabajando, esto se hace en cada uno de los inyectores.

3.1.3 Sensor (MAF)

El sensor (MAF) flujo de masa de aire, el sensor del caudal de aire (MAF) forman parte del sistema de admisión de aire. Está situado entre el filtro de aire y el turbo. El sensor de caudal de aire (MAF) utiliza un dispositivo provisto de una película caliente para determinar la cantidad de aire que entra al motor. El sensor MAF informa, directamente, la masa de aire admitida enviando una señal de tensión o de frecuencia variable, cuyo valor es proporcional a la masa de aire que pasa por su interior.

Se compone de un venturi con dos hilos de platino: un hilo caliente y otro de compensación, que mide la temperatura del aire admitido. El venturi está suspendido dentro del conducto principal del sensor. Un circuito electrónico incorporado al sensor, mantiene el hilo caliente a una temperatura constante de 100 °C por arriba de la temperatura del aire admitido.

El aire que atraviesa el sensor provoca el enfriamiento del hilo caliente. El circuito electrónico compensa esta disminución de temperatura, aumentando la corriente que circula por el hilo caliente, con el objetivo de mantener la diferencia de 100°C.

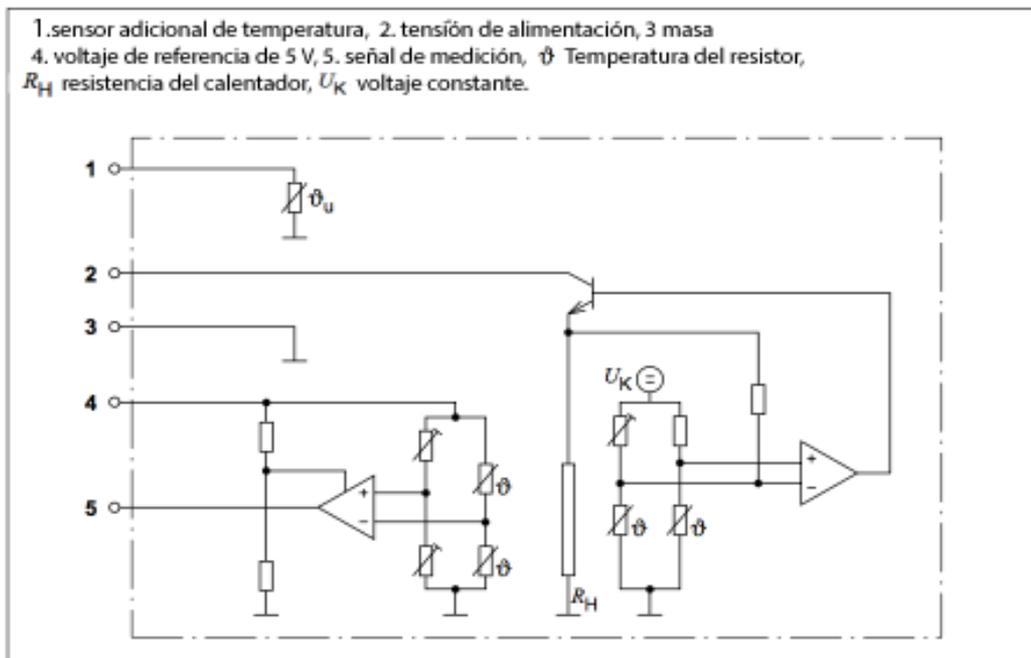
Ilustración 18. Sensor de hilo caliente



Fuente: (BMW, 2017)

La variación de corriente eléctrica de calentamiento del hilo, para mantener su temperatura siempre en un valor constante, por arriba de la del aire, es una medida de la masa de aire admitida. Como partículas depositadas, a alta temperatura, sobre el hilo caliente pueden alterar la calibración del sensor, el hilo caliente recibe un calentamiento extra en el momento de parar el motor; el hilo queda rojo por algunos segundos ("quema" de partículas). El MAF tiene 5 pines de salida, función de cada pin:

Ilustración 19. Diagrama de las funciones de los pines MAF



Fuente: (BMW, 2017)

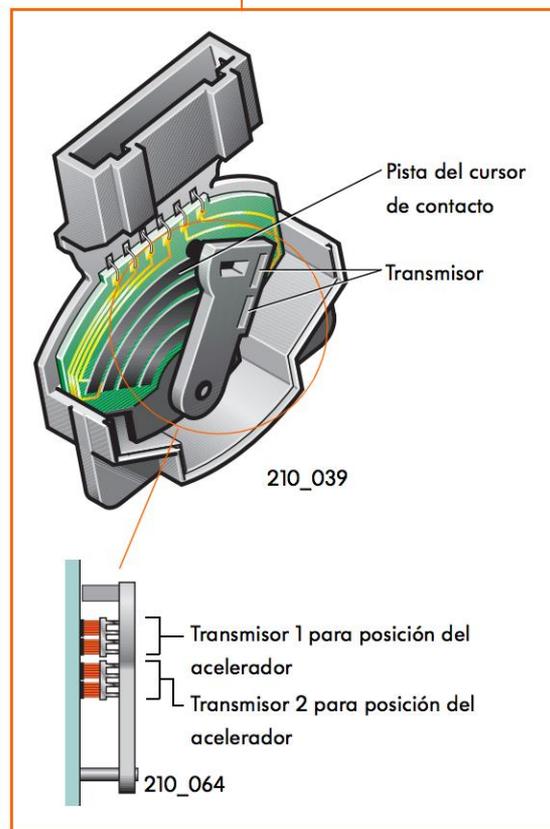
- (1) Sensor de temperatura adicional (2) Tensión de alimentación (3) Señal a tierra
 (4) Tensión de referencia 5V. (5) Señal de temperatura, con tensión constante

3.1.4 Sensor de posición del pedal del acelerador

El sistema de acelerador electrónico, ya no utiliza cable, como en los modelos antiguos que el pedal del acelerador estaba sujeto por cable a la bomba de alta presión.

Este acelerador electrónico tiene la función de detectar la posición del pedal mediante un potenciómetro integrado en el pedal. Esta misma señal que envía la recibe la ECU donde le analiza y calcula la señal emitida por el pedal de aceleración, y los transforma en un par específico, esos efectos son enviados a la bomba de alta presión, específicamente a la válvula reguladora, la cual actúa de acuerdo con la exigencia del conductor.

Ilustración 20. Sensor de Posición del Pedal de aceleración



Fuente: (BMW, 2017)

Normalmente el pedal de aceleración tiene dos transmisores, los cual a través de estos envían la señal para saber en qué posición se encuentra el pedal, la ECU detecta la posición del pedal, estos transmisores son potenciómetros, eso quiere decir que varía el voltaje dependiendo de la posición del pedal, estos potenciómetros van sujetos por un mismo eje.

3.1.5 Aplicaciones de la señal

Por medio de las señales provenientes de los dos transmisores de posición del acelerador, la plataforma de control del motor localiza la ubicación circunstancial del pedal acelerador. Los dos transmisores funcionan como potenciómetros variables, fijos al eje compartido. Es por esto que los cambios suscitados en la ubicación del acelerador, cambian las resistencias de los potenciómetros de cursor variable y las tensiones que se envían a la unidad de control del motor (UMA Service, 2009).

3.1.6 Sensor de posición del cigüeñal (CKP)

Este sensor está ubicado en el volante de inercia o a un costado de la polea del cigüeñal, el modelo CKP, es un dispositivo de efecto Hall y se encarga de transmitir a la ECU la posición del cigüeñal y las r.p.m. del motor.

El sensor de cigüeñal de tipo hall genera una sola onda de forma cuadrada, monitorea la posición del cigüeñal, y envía la señal al módulo de encendido indicando el momento exacto en que cada pistón alcanza el máximo de su recorrido. Lo importante en este tipo de onda es que la base de la señal llegue a 0V (máximo 1V) para que la ECU lo pueda interpretar. Estos sensores tienen 3 cables de conexión: — Alimentación 5V. — Masa. — Señal.

Con el tránsito permanente de la corona por delante del sensor se produce una tensión, que se detendrá cuando atravesase la zona sin los dientes, originando una señal que la UC identifica en X grados APMS y siendo también una referencia para contabilizar las RPM. Ese (X) valor de

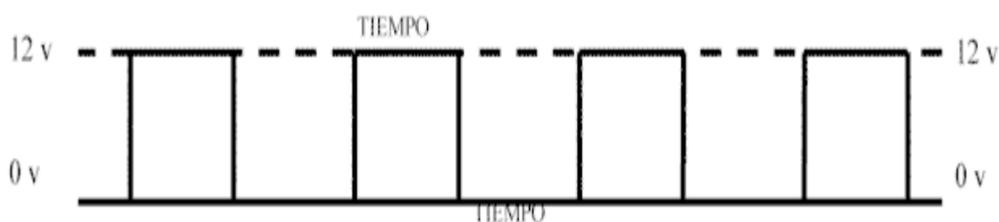
la UC sería cercano a los 60, que implica que si la exigencia del motor en un momento dado es 20° de avance, la UC enviará una señal a la bobina de encendido 40° una vez acopiada la señal desde el sensor.

Al instante del encendido la UC requiere de un impulso inicial de la zona sin dientes con el propósito de posicionarse sobre los X grados APMS del cilindro 1 (uno), e iniciar el ciclo de 4 tiempos a los fines de priorizar las inyecciones y las chispas del arranque. Por este motivo ciertos motores a inyección con encendido electrónico regidos por la UC tardan un poco más en encender, ya que, si la zona sin dientes llegó con dificultad a la posición del sensor al pararse, ameritará dar una vuelta entera para ubicar a la UC y más las dos vueltas del ciclo inicial de 4 tiempos.

3.1.7 Sensor Hall

Cumple la función de proporcionar una señal digital, leída por un osciloscopio que se reconocerá por una onda cuadrada. El sensor de Efecto Hall deberá estar provisto de forma permanente de una fuente de energía. Consiste en un cristal que se ve traspasado por líneas de fuerza derivando en una ligera tensión, activando un transistor que facilita enviar una señal con la energía de alimentación. La totalidad de los sensores de Efecto Hall se notan tres conexiones: masa, señal y alimentación, lo que implica que la prueba sea poner el positivo del téster en la conexión de salida de señal, el negativo a masa y alimentarlo con 12 v., controlando la tensión, así como la función en Hertz.

Ilustración 21. Onda del Sensor Hall



Fuente: (UMA Service, 2009)

3.1.8 Sensor de árbol de levas (CMP)

El sensor de árbol de levas inductivo proporciona al PCM los datos que lo habilitan para reconocer el cilindro número 1. La funcionalidad de esto en los sistemas de inyección secuencial es clave, por ello se le conoce también como sensor de fase. Se compone de una bobina arrollada encima de un núcleo de imán. Este sensor funciona de manera conjunta con el camón de leva, brindando una señal por dos vueltas de cigüeñal.

La medición de voltaje mostrada por el sensor del árbol de levas se verá influida por distintos factores: la velocidad del motor, la cercanía entre el rotor de metal y el sensor y la fuerza del campo magnético derivada del sensor.

Seguidamente, el ECM requiere reconocer la señal al minuto que el motor prende con el fin de establecer su referencia.^[1] Los atributos de una forma adecuada de onda inductiva del sensor del árbol de levas son: una onda alterna cuya magnitud de incrementa conforme sube la velocidad del motor y marcando por lo general una señal por 720° de la rotación del cigüeñal (360° de la rotación del árbol de levas). El voltaje usual es de 0.5 voltio en el momento más alto cuando el motor se prende, subiendo cerca de 2.5 voltios de punta en punta bajo marcha lenta acorde a los resultados del ejercicio realizado.

3.1.9 Constataciones

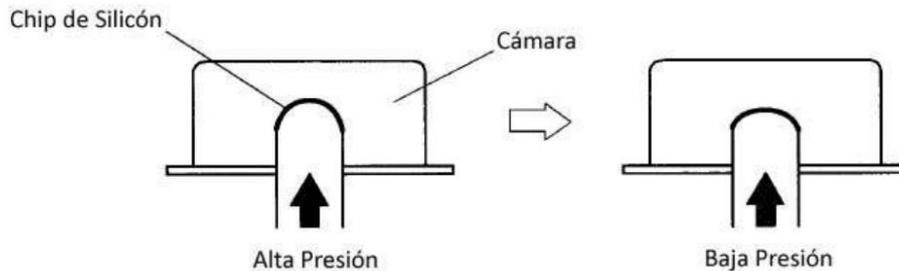
1. Medida de la resistencia del sensor y aislamiento a masa. (Resistencia: 250 a 1500 ohm según marca)
2. Apremiar la forma de onda reflejada en el Osciloscopio.

3.1.10 Sensor presión absoluta del múltiple (MAP)

El sensor MAP, se encuentra ubicado en la parte de admisión del motor, en el múltiple de admisión, este sensor tiene la misión de medir la presión absoluta del mismo. Dependiendo de la aplicación va variar su ubicación, pero la función resulta la misma.

Este sensor viene con un chip de silicón montado en la cámara de vacío del sensor, la función que cumple este sensor es bastante simple ya que mientras que el chip cambia su resistencia a medida que se flexiona la silicón.

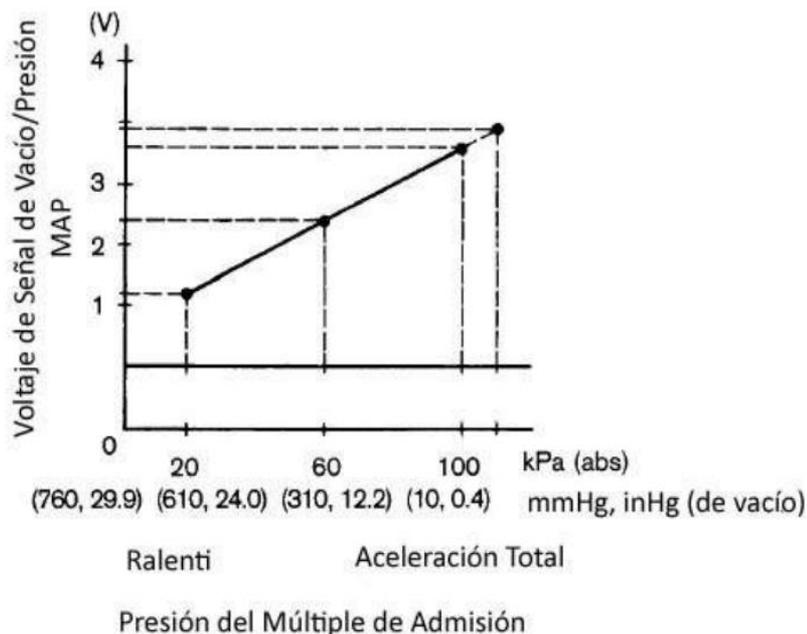
Ilustración 22. Sensor MAP



Fuente: (Automécanico, 2017)

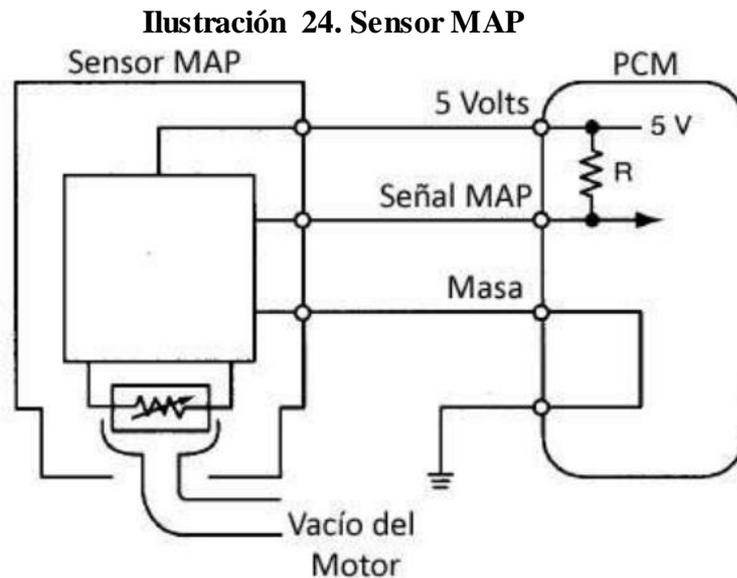
Con esto, se puede evidenciar que a mayor presión entra en el múltiple de admisión se va a flexionar el silicón y va a cambiar su resistencia, este cambio de resistencia va a alterar la señal de voltaje, la ECU va a interpretar el cambio de voltaje como cambios de presión en la admisión.

Ilustración 23. Relación Voltaje - Presión



Fuente: (Automécanico, 2017)

En la ilustración de arriba se puede observar cómo trabaja el sensor MAP, a medida que la presión de admisión aumenta (aceleración total) el voltaje aumenta. El momento en el que el vehículo está en ralentí el voltaje será el más bajo, en cambio en aceleración total el voltaje llegará al máximo.



Fuente: (Automécanico, 2017)

El circuito del sensor es igual de simple que su función, consta de 3 cables, unos es alimentación de 5 V, señal que envía a la ECU y masa. Por más simple que parezca este sensor es bastante importante en el sistema de inyección ya que también ayuda a medir el rendimiento del turbo y su mal funcionamiento puede causar grandes fallas en el vehículo. El sensor MAP influye en el tiempo de inyección y en el encendido.

CAPÍTULO IV

4. Diseño y construcción de la maqueta didáctica

4.1 Cuadros de diseño y construcción de la maqueta didáctica

- La estructura diseñada facilita la operación y visualización del sistema de inyección, la estructura está compuesta por planchas de metal
- Una vez entregada la estructura por parte de los soldadores, se ha procedido a hacer los orificios para poder montar la bomba de alta y el riel.

Ilustración 25. Estructura de la maqueta didáctica



Elaborado por: el autor

- Una vez colocado el sistema de inyección se ha pintado la maqueta de color verde.

Ilustración 26. Estructura de la maqueta didáctica

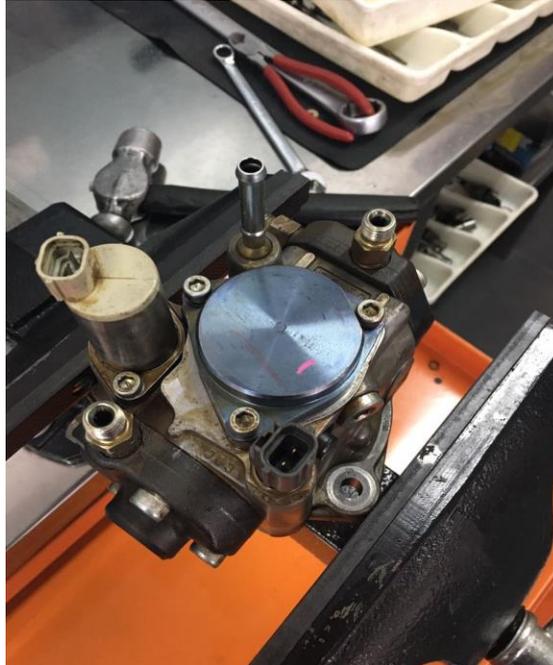
Elaborado por: el autor

- De igual manera diseñe en el torno un soporte para los cuatro inyectores, se emperna a la maqueta, y tiene una mariposa para ajustar y desajustar los inyectores
- Se realiza la limpieza de la bomba de inyección, preparándola para su montaje en la estructura.

Desarmado de la bomba de alta presión

- Se colocó la bomba en la entenalla para proceder a desarmarla

Ilustración 27. Estructura de la bomba de alta presión colocada en la entenalla



Elaborado por: el autor

- Se desajusta los pernos de la tapa de la bomba de transferencia, con una llave Allen de 5 mm.

Ilustración 28. Desmontaje de los pernos hexagonales de la tapa de la bomba de transferencia



Elaborado por: el autor

- Una vez que se sacó los tres pernos que sujetan la tapa, se procedió a desmontar la tapa con precaución.

Ilustración 29. Desmontaje de la tapa de la bomba de transferencia



Elaborado por: el autor

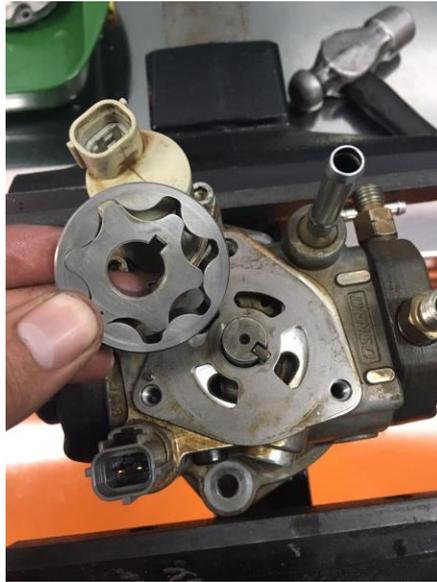
- Con la tapa afuera, se retira la bomba de transferencia, de igual forma con cuidado que no se caiga la chaveta.

Ilustración 30. Vista superior de la bomba de transferencia



Elaborado por: el autor

Ilustración 31. Desmontaje de la bomba de transferencia



Elaborado por: el autor

- Observación: la bomba de transferencia tiene un pequeño desgaste entre el rotor externo y el rotor interno. Lo más aconsejable es cambiarlo.
- Una vez que la bomba de transferencia está afuera, se retira con cuidado la chaveta del eje principal.

Ilustración 32. Chaveta de la bomba de transferencia



Elaborado por: el autor

- La chaveta está en buen estado, no tiene ceja de desgaste, normalmente esta chaveta es la que más desgaste tiene.
- Luego de haber desmontado la chaveta, se procede a desajustar la válvula reguladora de presión o SCV, con una llave Allen de 5mm.

Ilustración 33. Extracción de los pernos hexagonales de la válvula SCV



Elaborado por: el autor

- Una vez que se desajusta los pernos, se aplica presión para poder sacar la válvula.

Ilustración 34. Extracción de la válvula SCV



Elaborado por: el autor

- Una vez que se retira la válvula, se revisa si hay rastros de limalla, tierra o agua en la parte donde asienta la válvula.

Ilustración 35. Vista superior donde asienta la válvula SCV



Elaborado por: el autor

- En este caso solo se encontró un poco de suciedad en el fondo.
- Una vez que se desmonta la válvula, se procede a desmontar la tapa del eje principal, con una llave Allen de 5mm.

Ilustración 36. Extracción de los pernos hexagonales de la tapa del eje principal.



Elaborado por: el autor

- Una vez que se afloja y retira los pernos, con la mano, se toma la tapa y se inserta para mover de un lado para el otro aplicando bastante fuerza hasta que ceda el retenedor, y se lo pueda retirar.
- No utilizar objetos metálicos de punta, ya que puede dañar la superficie.

Ilustración 37. Extracción de la tapa del eje principal



Elaborado por: el autor

- Cuando retiramos la tapa, se puede observar el eje, y como impulsa a los dos elementos mediante la leva anular. Hay que recordar que este mismo eje está conectado con la bomba de transferencia.

Ilustración 38. Vista superior del eje principal de la bomba.



Elaborado por: el autor

- Para poder retirar el eje principal, es necesario sacar el subconjunto de elemento, usando una llave Allen de 6mm.

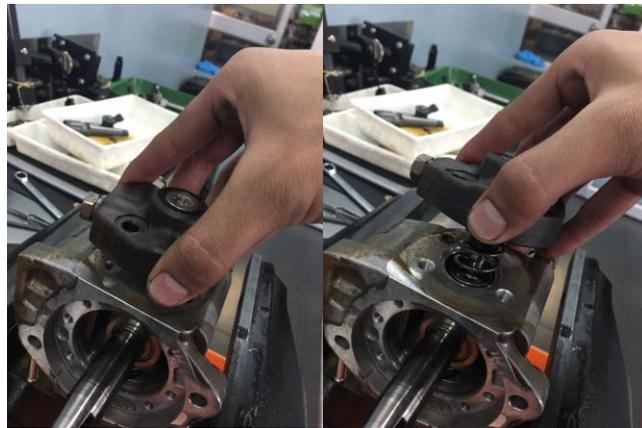
Ilustración 39. Extracción de pernos hexagonales del subconjunto



Elaborado por: el autor

- Una vez que se afloja y retira los pernos, se desmonta el émbolo con cuidado. En este caso no se necesita usar ningún instrumento para extraerlo ya que el momento que se va aflojando, el perno sigue saliendo por sí mismo, puesto que está presionado el resorte.

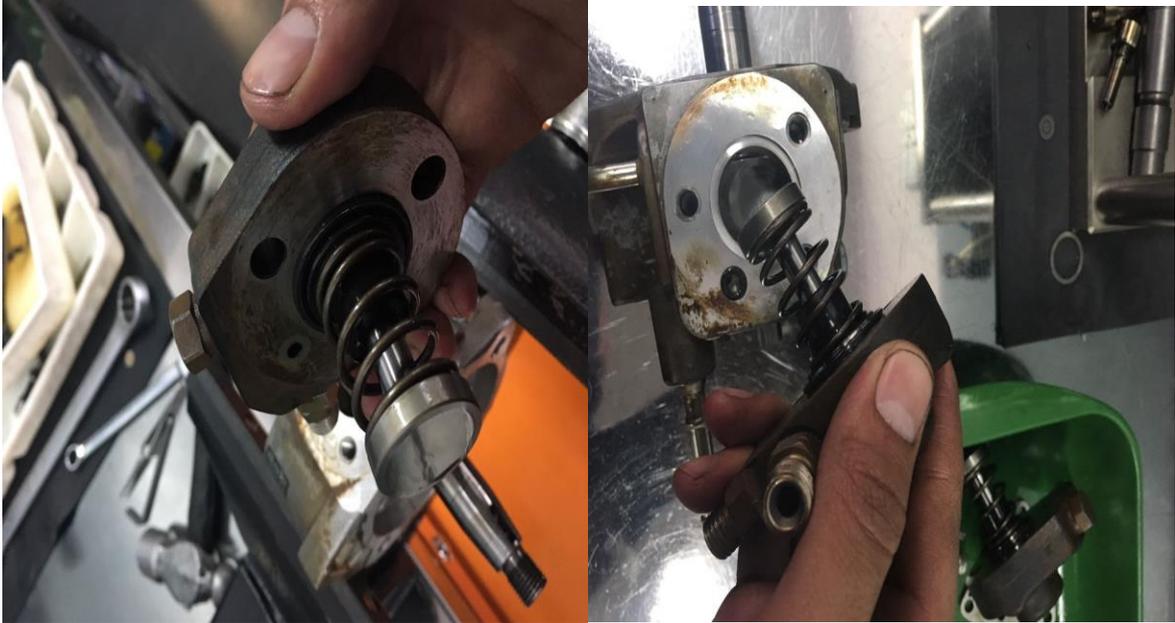
Ilustración 40. Extracción del subconjunto de elemento de la bomba



Elaborado por: el autor

- Se extrae todo el conjunto hacia arriba, sin que se caiga el elemento con el resorte.

Ilustración 41. Extracción del subconjunto de elemento.



Elaborado por: el autor

- Este mismo proceso se realiza con el otro subconjunto de elemento.
- Luego de retirar los dos émbolos se procede a verificar el elemento visualmente, no debe tener rastros de óxido, tampoco rastros de desgaste en el mismo, es fácil notar cuando ya está muy desgastado por que el elemento muestra desgaste en el material como si estuviera más pulido.
- El elemento es demasiado delicado por lo tanto no hay que lijarlo, usar cepillo de alambre o cobre.

Ilustración 42. Despiece del subconjunto, elemento, resorte y émbolo.



Elaborado por: el autor

- Luego de revisar visualmente los componentes, se revisa que el émbolo y el elemento no estén pegados entre sí. Como se puede observar en la ilustración.

Ilustración 43. Comprobación del elemento en el subconjunto



Elaborado por: el autor

- Un elemento está en mal estado cuando: pegado al émbolo, el material del elemento está desgastado y cuando no hace vacío (cuando se cambia el elemento se cambia con

todo el subconjunto).

- Luego se retira el eje principal con la leva anular, se revisa visualmente que no tenga desgaste donde asienta la chaveta de la bomba de transferencia.

Ilustración 44. Eje principal con leva anular



Elaborado por: el autor

- Una vez desarmada la bomba se procede a limpiar en ultrasonido, se cambia los elementos en mal estado, siempre que se desarma una bomba es necesario cambiar todo el juego de empaques de la misma.

Ilustración 45. Despiece completo de la bomba de alta presión



Elaborado por: el autor

Armado de la Bomba de Alta Presión

- Una vez lavadas las piezas de la bomba y se cambió los componentes con desgaste procedemos armar la bomba.
- Primero se coloca el eje principal junto con la leva anular.

Ilustración 46. Eje principal – leva anular



Elaborado por: el autor

- Una vez colocado el eje, introducimos la tapa del eje cubierto con una ligera capa de grasa en la parte de la junta tórica nuevo.

Ilustración 47. Tapa del eje principal.

Elaborado por: el autor

- Una vez puesta la tapa, se coloca los seis pernos.
- Procedemos a ajustar los seis pernos hexagonales de manera uniforme, aplicando un par de apriete de 10.8 Nm.

Ilustración 48. Instalación de pernos en la tapa

Elaborado por: el autor

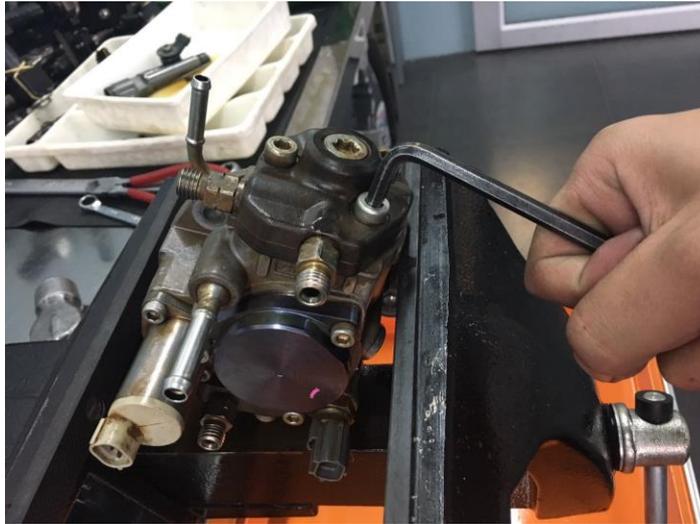
- Una vez colocado el eje procedemos a instalar el subconjunto del elemento.
- El momento que vamos a colocar el subconjunto tenemos que verificar la posición en la que se desmontó el subconjunto.
- De igual manera colocó una ligera capa de grasa en la junta tórica para que no se remuerda el momento de colocarlo.
- Al momento de introducir el subconjunto tenemos que verificar que la leva anular este colocada en el punto inferior y que este horizontal para que asiente la válvula del elemento correctamente.

Ilustración 49. Instalación subconjunto del elemento



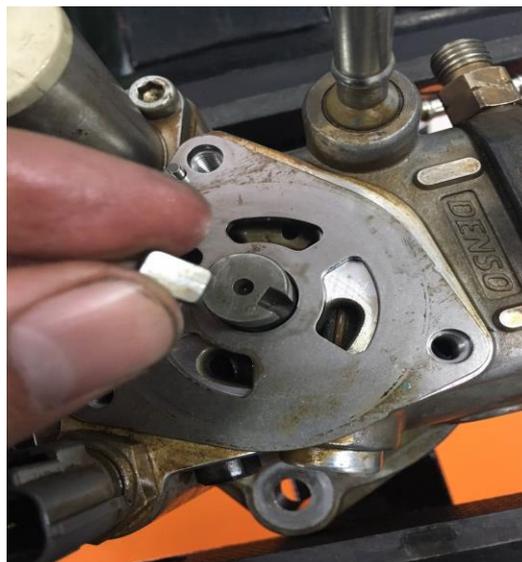
Elaborado por: el autor

- Cuando el subconjunto está instalado colocamos los 3 pernos hexagonales y los ajustamos de manera uniforme, con un par de apriete de 23,52 Nm.
- Este proceso repetimos en la instalación del segundo subconjunto de elemento.

Ilustración 50. Apriete de pernos del subconjunto del elemento

Elaborado por: el autor

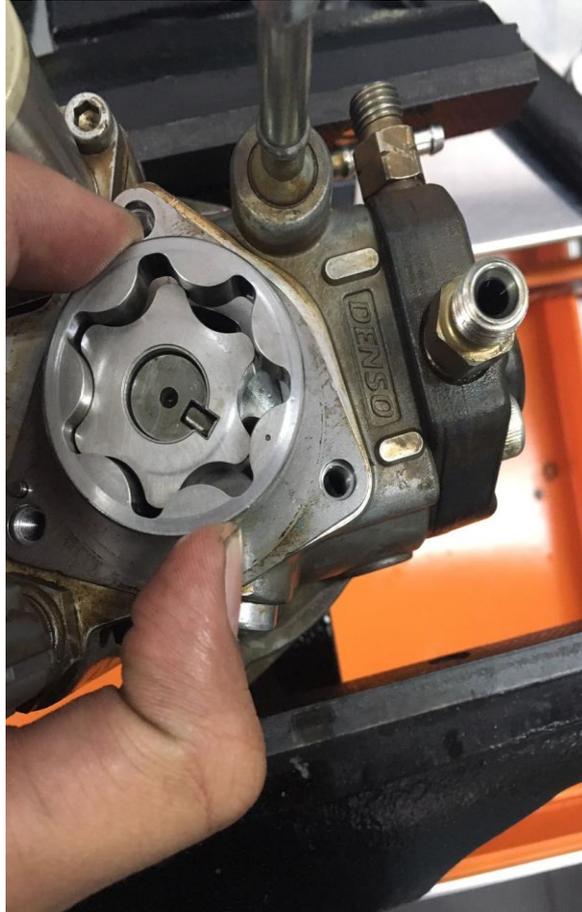
- Una vez instalados los subconjuntos de elemento, procedemos al armado de la bomba de transferencia.
- Como el eje principal ya está instalado, se colocó la chaveta en el eje, y a su vez se colocó el rotor interno.

Ilustración 51. Instalación de chaveta en el eje principal

Elaborado por: el autor

- Proceder a colocar el rotor externo junto al rotor interno, con cuidado de que no se mueva la chaveta de su posición.

Ilustración 52. Instalación del rotor externo



Elaborado por: el autor

- Ya instalada la bomba de transferencia se procedió a colocar la tapa.
- Con cautela hay que alinear la tapa con las guías ubicadas a los extremos; una vez que se alinee correctamente, instalamos los pernos hexagonales en la tapa de la bomba de transferencia. De manera uniforme se ajustó los pernos con un par de apriete de 10.9 Nm.

Ilustración 53. Instalación de la tapa de la bomba de transferencia

Elaborado por: el autor

- Por último, se procedió a montar la válvula reguladora o SCV.
- De igual forma se colocó una ligera capa de grasa en la junta tórica para que ingrese con facilidad.

Ilustración 54. Instalación de la válvula SCV

Elaborado por: el autor

- Una vez que se colocó la válvula, colocamos los dos pernos hexagonales y los apretamos de manera pareja para que se asiente bien la válvula sin dañar la junta tórica. Aplicando un torque de 10.8 Nm

Ilustración 55. Instalación de los pernos en la válvula SCV

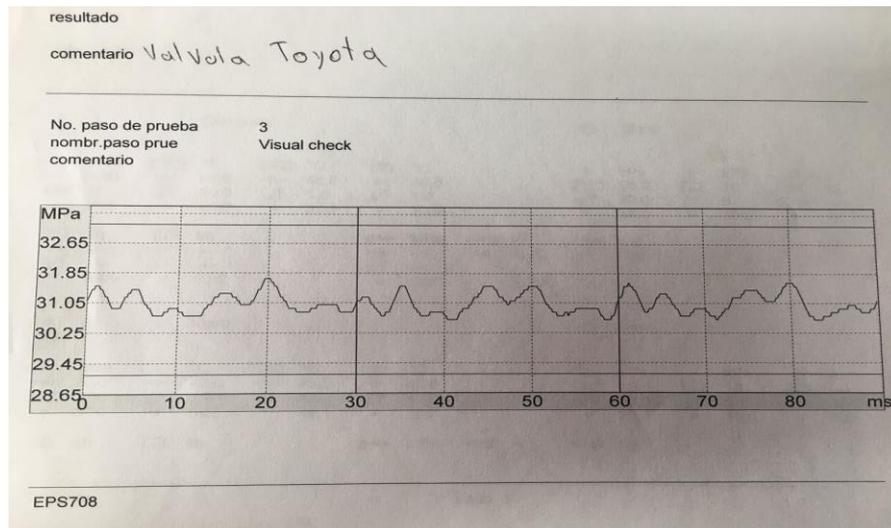


Elaborado por: el autor

Comprobación de la bomba de alta presión

- El momento en que se arma la bomba hay que montarla en el banco de pruebas, para poder verificar con exactitud el rendimiento de la bomba de alta presión, ya que en el banco de pruebas permite ver con exactitud el flujo de combustible adecuado, las presiones mínimas y máximas y también si trabaja la válvula reguladora de presión.

Ilustración 56. Funcionamiento de la válvula SCV

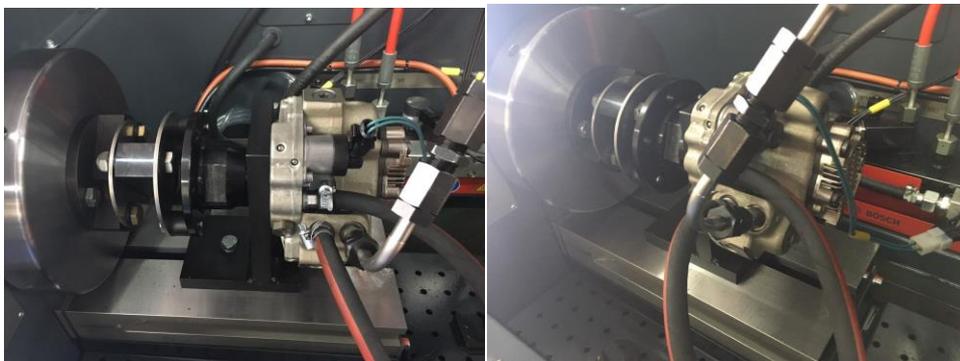


Elaborado por: el autor

- En la ilustración 56, el banco de pruebas mostró que la válvula SCV está trabajando correctamente.
- La bomba de alta presión se procedió a montar en el banco de pruebas Bosch 708, donde se conecta la manguera de entrada del tanque, el retorno de combustible de la bomba, la cañería de alta presión que va al riel. El banco le hace girar a 2000 rpm.

Ilustración 57. Montaje de la bomba de alta presión en el banco de pruebas

Bosch 708



Elaborado por: el autor

- Una vez que se colocó la bomba de alta presión, el banco automáticamente empieza a generar los pasos de prueba.

Ilustración 58. Tabla de los resultados de la prueba de la bomba de alta presión

Número de tipo-pieza		Fórmula de tipo			direcc. giro	compensación	
294000xxxx	xx	Denso HP3 Rotation R INV Sample					
Fabricante	Componente	Tipo		sitio regulac	temperatura		
Denso	HP3	SCV			40 °C		
Tuber. alta pres	Cable adaptad.			fecha modificac.	alimentación		
				25.08.2010	12V		
No.equipo prueba	FD pieza contr.						

	---		---		25.00		1.50		180				
	---		---		15.0		1.499		=				
=	10.9	=	3.8	=	26.8	=		=					
#	3	Visual check				suminis.uniforme							
	n /min		°C		°C		°C	p	kPa	p	kPa		s
	2000		40.0		45.0		40.0		20.0		10		40
	100		2.0		1.0		1.0		10.0		5		---
=	1999	=	39.4	=	24.7	=	39.4	=	20.0	=	10.0	=	40
ΣQ	l/h		l/h	$p \rightarrow$	MPa	scv	A	scv	Hz				
	---		---		30.00		1.20		180				
	---		---		2.0		---		---				
=	25.9	=	13.9	=	30.3	=	1.201	=					
#	4	kenn . 1				Aforo							
	n /min		°C		°C		°C	p	kPa	p	kPa		s
	2000		40.0		45.0		40.0		20.0		10		---
	100		2.0		1.0		1.0		10.0		5		70
=	1999	=	39.4	=	28.2	=	39.3	=	20.0	=	10.0	=	70
ΣQ	l/h		l/h	$p \rightarrow$	MPa	scv	A	scv	Hz				
	---		---		50.00		1.20		180				
	---		---		2.0		---		---				
=	25.6	=	13.3	=	50.0	=	1.200	=					
#	5	Fill out				Aforo							
	n /min		°C		°C		°C	p	kPa	p	kPa		s
	2000		40.0		45.0		40.0		20.0		10		2
	100		2.0		1.0		1.0		10.0		5		---
=	1999	=	39.5	=	29.2	=	39.4	=	20.1	=	10.1	=	2
ΣQ	l/h		l/h	$p \rightarrow$	MPa	scv	A	scv	Hz				
	---		---		---		0.40		180				

Elaborado por: el autor

Ilustración 59. Tabla de los resultados de la prueba de la bomba de alta presión

Número de tipo-pieza	Fórmula de tipo			direcc. giro	compensación
294000xxxx	Denso HP3 Rotation R INV Sample			⌚	⌚
Fabricante	Componente	Tipo	sitio regulac.	temperatura	
Denso	HP3	SCV	⌚	40 °C	
Tuber. alta pres	Cable adaptad.		fecha modificac.	alimentación	
			25.08.2010	12V	
No.equipo prueba	FD pieza contr.				

↓↑	---	↓↑	---	↓↑	---	=	0.400	=					
=	1.1	=	13.0	=	2.1	=							
#	6	Zero delivery			⌚	suministro cero							
n	/min	⌚	°C	⌚	°C	⌚	°C	p	kPa	p	kPa	⌚	s
→←	2000	→←	40.0	→←	45.0	→←	40.0	⌚	20.0	⌚	10	⌚	---
⌚	100	↓↑	2.0	↓↑	1.0	↓↑	1.0	↓↑	10.0	↓↑	5	⌚	10
=	1999	=	39.6	=	32.9	=	39.5	=	20.2	=	10.0	=	80
ΣQ	l/h	⌚	l/h	Δp	MPa	scv	A	scv	Hz				
→←	1.0	→←	---	→←	5.00	→←	---	→←	180				
↓↑	1.0	↓↑	---	↓↑	---	↓↑	---	↓↑	---				
=	0.000	=	13.0	=	0.0	=	0.000	=	---				
#	7	efficiency			⌚	Aforo							
n	/min	⌚	°C	⌚	°C	⌚	°C	p	kPa	p	kPa	⌚	s
→←	1000	→←	40.0	→←	45.0	→←	40.0	⌚	20.0	⌚	10	⌚	---
⌚	100	↓↑	2.0	↓↑	1.0	↓↑	1.0	↓↑	10.0	↓↑	5	⌚	70
=	999	=	39.8	=	68.9	=	39.8	=	20.0	=	10.2	=	70
ΣQ	l/h	⌚	l/h	p	MPa	scv	A	scv	Hz				
→←	---	→←	---	→←	135.0	→←	1.50	→←	180				
↓↑	---	↓↑	---	↓↑	1.0	↓↑	---	↓↑	---				
=	49.4	=	23.7	=	135.0	=	1.499	=	---				
#	8	start			⌚	Aforo							
n	/min	⌚	°C	⌚	°C	⌚	°C	p	kPa	p	kPa	⌚	s
→←	180	→←	40.0	→←	45.0	→←	40.0	⌚	20.0	⌚	10	⌚	---
⌚	100	↓↑	2.0	↓↑	1.0	↓↑	1.0	↓↑	10.0	↓↑	5	⌚	70
=	179	=	39.9	=	56.8	=	39.9	=	19.9	=	10.0	=	70
ΣQ	l/h	⌚	l/h	p	MPa	scv	A	scv	Hz				
→←	---	→←	---	→←	20.00	→←	1.50	→←	180				
↓↑	---	↓↑	---	↓↑	2.0	↓↑	---	↓↑	---				

Elaborado por: el autor

Las primeras 2 pruebas del banco Bosch 708, para la bomba HP3 es de limpieza donde va a tener una leve presión y pocas revoluciones.

Paso # 3 (visual check) quiere decir que hay que observar cualquier fuga de combustible de la bomba, en este paso el banco eleva las revoluciones a 2000 Rpm, eso equivale a 4000 Rpm en el motor del vehículo. En este paso la bomba debe elevar la

presión a 30.00 MPa, equivalente a 300 bar, con una tolerancia mínima de más y menos 2 MPa. De igual forma la válvula SCV debe cumplir con un Amperage de 1.20 A, como se puede ver en la ilustración 58 cumple exactamente la prueba.

Paso # 4 (kenn.1) en este paso de prueba, el banco eleva la bomba a 2000 Rpm, en este paso la bomba debe elevar la presión a 50.00 MPa o 500 bar, con una tolerancia de más menos 2 MPa, como se ve en la ilustración eleva la presión correctamente. La válvula SCV trabaja con 1.20 A para así poder regular la presión correctamente en este paso de prueba.

Paso # 5 (Fill Out) es la prueba de llenado, en este paso el banco eleva las revoluciones a 2000 Rpm, en este paso de prueba el banco le prepara a la bomba para el siguiente paso, por lo que la bomba no va a elevar la presión y por ende la válvula SCV trabajara a 0.40 A, prácticamente está cerrada la válvula.

Paso # 6 (Zero Delivery), prueba de cero entrega de la bomba, eso quiere decir que la bomba va a estar totalmente cerrada por la válvula SCV, este paso es muy importante ya que si la válvula está en malas condiciones va a generar flujo de combustible no deseado, el flujo de combustible en este paso debe ser de más y menos 1.0 l/h (litros hora), en este caso la bomba está bien ya que el flujo de combustible es 0 l/h. La válvula SCV no va a tener corriente por lo tanto esa válvula va a estar completamente cerrada, en la ilustración 59 podemos observar que tiene una tensión de 0.000 A, con esto concluimos que está trabajando correctamente la válvula.

El paso # 7 (Efficiency) es la prueba de eficiencia de la bomba, en este paso de prueba el banco eleva la bomba a 1000 Rpm, donde la bomba tiene que elevar la presión a

135.0 MPa o 1350 bar, con una mínima tolerancia de más menos 1 MPa, en la ilustración 59 vemos que cumple correctamente la prueba, y la válvula SCV, trabaja con una tensión de 1.50 A, lo cual cumple correctamente, a esa presión el flujo de entrega de la bomba es de 49.4 l/h y el retorno de la bomba es de 23.7 l/h. Concluyendo que pasa correctamente este paso de prueba la bomba.

Paso # 8, último paso, (Start), este paso es muy importante ya que es la prueba de encendido en el vehículo, en este paso el banco va a elevar a 180 Rpm a la bomba, en este paso la presión tiene que ser de 20.00 MPa, o 200 bar, con una tolerancia de más menos 2 MPa, la mayoría de bombas CRDI deben entregar esa presión para encender el motor. La válvula SCV tiene una tensión de 1.50 A, lo cual nos indica que esta bomba está trabajando correctamente, en el caso de que no cumpla con estas medidas hay que revisar el estado de la bomba de transferencia o la válvula SCV.

- El banco de pruebas tiene establecido un protocolo de funcionamiento de la bomba, donde muestra el valor real y teórico.
- Conforme sigue avanzando las pruebas la bomba tiene que cumplir con 8 diferentes pruebas a diferentes presiones y revoluciones, donde se mide el flujo de combustible que genera la bomba en cada prueba.
- Se procedió a montar la bomba de alta presión en la maqueta.

Ilustración 60. Instalación de la bomba de alta presión e la maqueta



Elaborado por: el autor

- De igual forma se procede a limpiar el riel
- Se procedió con el montaje del riel en la maqueta

Montaje del riel

- Se instaló el riel en la maqueta sujeta con dos pernos hexagonales

Ilustración 61. Instalación de la Riel en la maqueta



Elaborado por: el autor

- En este punto se monta el soporte de los inyectores.
- El soporte de los inyectores se diseñó para sujetar 4 inyectores tipo CRDI, el soporte se realizó con un material plástico.

Ilustración 62. Diseño e instalación del soporte de los 4 inyectores





Elaborado por: el autor

Revisión de los inyectores

- De igual forma se procedió a verificar el estado de los inyectores.

Ilustración 63. Diseño Vista frontal del inyector Denso



Elaborado por: el autor

- En el caso de estos inyectores marca DENSO, no debe considerarse la reparación, en el caso de que un inyector este dañado hay que remplazarlo por uno nuevo.
- Para estos inyectores se necesita herramienta especial, que la misma marca fábrica.

Ilustración 64. Juego de herramientas REDAT para inyectores Denso



Elaborado por: el autor

- Una vez que se tiene la herramienta adecuada, se procede con el desarmado del inyector, primero se coloca el soporte 4 021 400 y se coloca en la entenalla, conforme se aprieta la misma, se sujeta más el inyector sin causar daño.

Ilustración 65. Inyector Denso sujetado

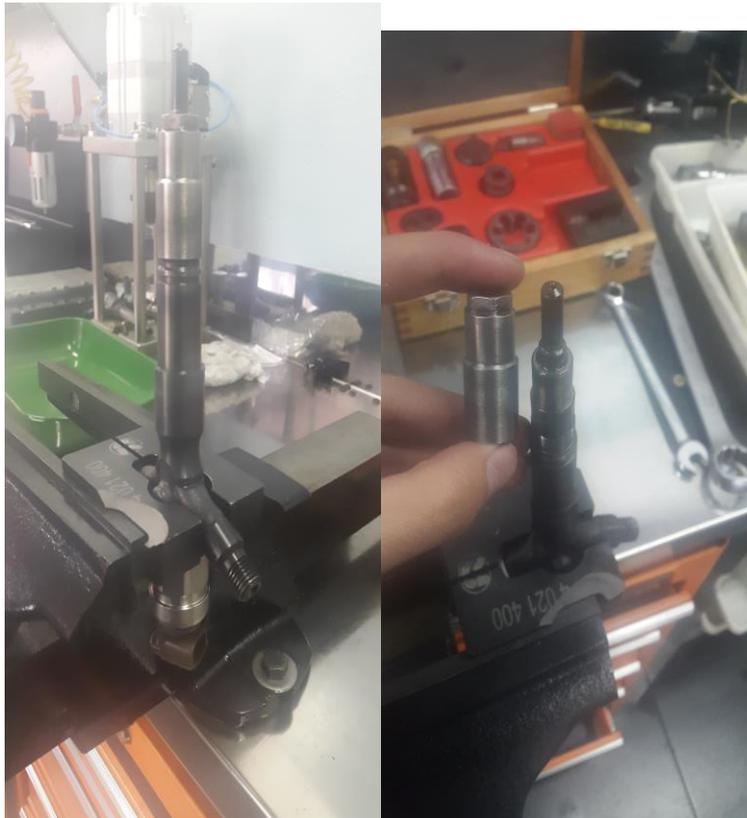


Elaborado por: el autor

- Una vez sujetado el inyector se desajusta la porta tobera con una copa de 15mm y una palanca de fuerza.

- Por lo general el porta tobera es bastante duro de desajustar por lo que el ajuste tiene un torque de 60 Nm y aparte está expuesto al calor constante de la cámara de combustión.

Ilustración 66. Desmontaje del porta tobera del inyector



Elaborado por: el autor

- Una vez que se retira la porta tobera remuevo la tobera, con cuidado de que no se caiga la aguja, el resorte, una rodela, una guía y 2 vástagos.

Ilustración 67. Despiece de la parte inferior del inyector



Elaborado por: el autor

- Una vez que se tiene la parte inferior del inyector desarmada, se procedió a revisar la tobera. Primero, se verifica que la aguja se deslice fácilmente por la tobera (imagen inferior), si la aguja se desliza libremente es porque está en buen estado la tobera. En caso que la aguja no sale de la tobera hay que ponerla a lavar en ultrasonido.

Si la aguja sigue remordida en la tobera después de aplicar el ultrasonido, ya no sirve la tobera. Para lavar las toberas de cualquier inyector se recomienda únicamente usar ultrasonido. No se debe usar un cepillo de alambre por lo que puede deformar los orificios de la tobera por donde pulveriza el combustible.

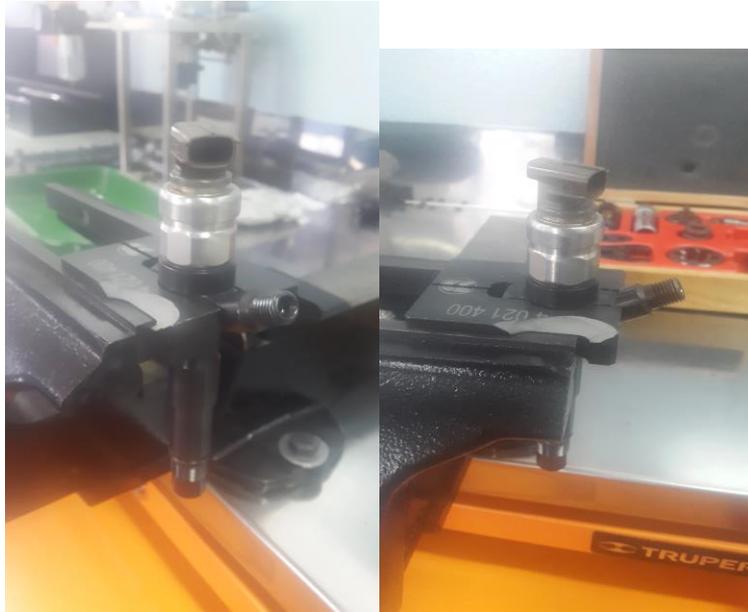
Ilustración 68. Tobera



Fuente: (Aficionados a la Mecánica, 2017)

- Una vez que se verifica el funcionamiento de la tobera, se procede a montarla hacia arriba para desajustar la bobina del inyector.

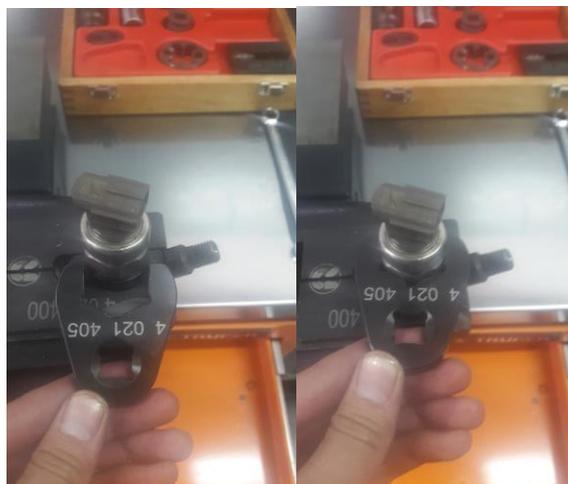
Ilustración 69. Inyector sujetado



Elaborado por: el autor

- En el momento que se sujeta el inyector, se utiliza la herramienta 4 021 405 para aflojar la bobina del inyector.

Ilustración 70. Herramienta 4 021 405



Elaborado por: el autor

- Una vez que se tiene la herramienta se coloca una palanca de fuerza $\frac{1}{2}$ ", y se desajusta en sentido anti horario.
- La bobina no necesita de mucha fuerza para ser desajustada, en este paso hay que tener cuidado con el conector de la bobina ya que es muy delicado.

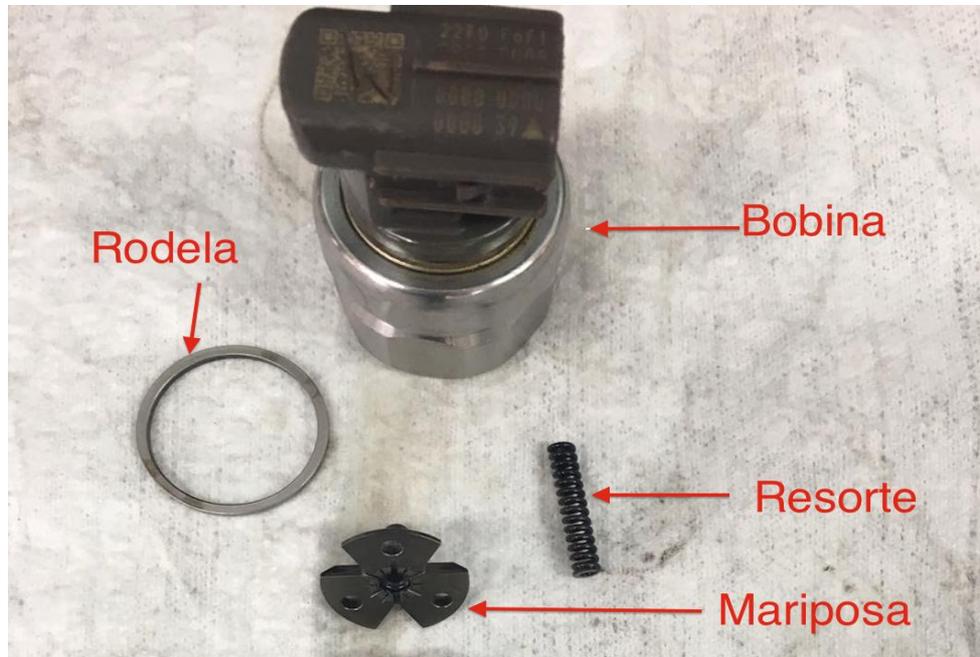
Ilustración 71. Desmontaje de la bobina del inyector



Elaborado por: el autor

- Una vez que se desajusta la bobina, hay que tener mucho cuidado para que no se caigan las piezas internas, se aplica fuerza hacia arriba para vencer la junta torica de la bobina la se retira y se coloca en una parte limpia. El momento de sacar la bobina se retira la mariposa, el resorte y una rodela.

Ilustración 72. Despiece de la bobina del inyector



Elaborado por: el autor

- El momento que se retira la bobina junto a sus piezas ya mencionadas, se procedió a desajustar el plato que sostiene al disco inferior.

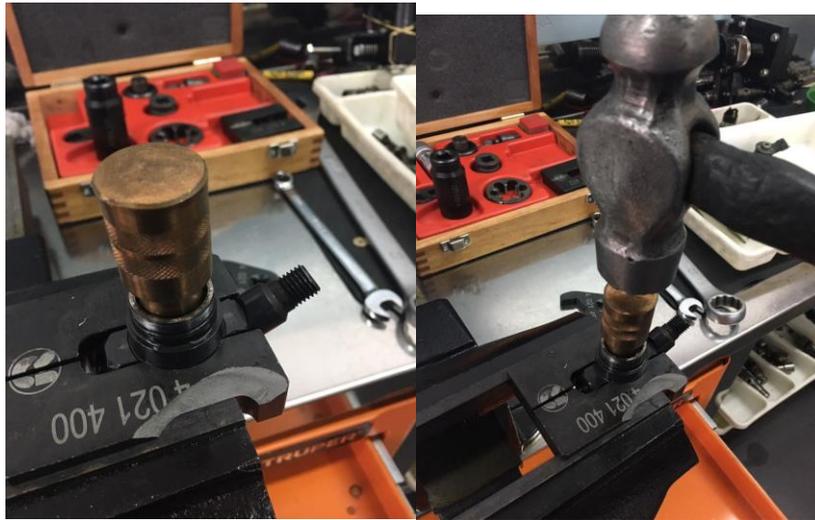
Ilustración 73. Vista superior del plato



Elaborado por: el autor

- Antes de desajustar el plato se tiene que darle unos golpes para lograr aflojarlo, se coloca el punzón de bronce específico para golpes y se lo golpea un par de veces con un martillo. Con esto se logra desajustar el plato sin dificultad.

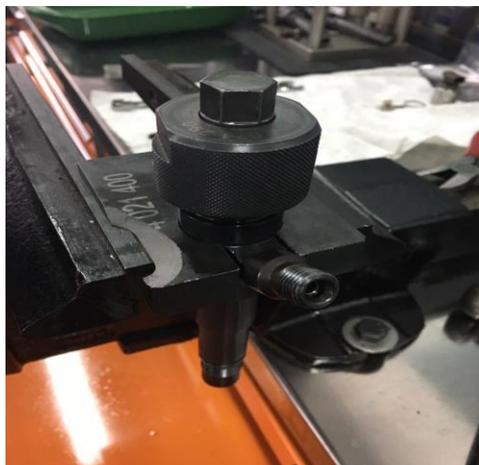
Ilustración 74. Punzón de bronce



Elaborado por: el autor

- Una vez que se golpea el plato se procedió a montar la herramienta 021 290 para desenroscar el plato.

Ilustración 75. Herramienta 021 290 para desenroscar el plato



Elaborado por: el autor

- Una vez colocada la herramienta, se utiliza con una copa de 15mm de mando $\frac{1}{2}$ " para desajustar en sentido anti horario, como ya se golpeó el plato este tiene que ceder sin tanta fuerza.

Ilustración 76. Desmontaje del plato



Elaborado por: el autor

- Una vez que se afloja el plato, se retira la herramienta 021 290 y se desenrosca con la mano, una vez que se retira el plato se podrá desmontar el disco con una pinza.

Ilustración 77. Vista superior del disco



Elaborado por: el autor

Ilustración 78. Vista Despiece del plato y el disco



Elaborado por: el autor

- Una vez que se retira el disco, la válvula del inyector cae por gravedad.

Ilustración 79. Válvula del inyector



Elaborado por: el autor

- Una vez que se desarma todo el inyector se pone a lavar en ultrasonido
- Hay que recordar que para este inyector no hay piezas para reparar, en este caso se debe usar las mismas piezas.

Ilustración 80. Despiece completo del inyector



Elaborado por: el autor

Armado de los inyectores

- Una vez que se lave todas las piezas en ultrasonido, procedemos al armado del inyector.

- Se coloca la válvula en el cuerpo del inyector, una vez que entra colocamos el disco encima de la válvula.

Ilustración 81. Montaje de la válvula y el disco



Elaborado por: el autor

- Una vez colocado el disco procedemos armar el plato, con cuidado giramos con la mano el plato con la llave 4 021 802 hasta que haga tope.

Ilustración 82. Montaje del plato



Elaborado por: el autor

- Una vez que gira completamente el disco, procedemos a ajustar el disco con un par de apriete de 40 Nm.

Ilustración 83. Ajuste del plato



Elaborado por: el autor

- Con el plato ajustado procedemos a armar la bobina en el inyector, primero se coloca con cuidado la mariposa encima del plato.

Ilustración 84. Montaje de la mariposa



Elaborado por: el autor

- Una vez que se colocó la mariposa colocamos la rodela, luego se introdujo el resorte con cuidado centrado el resorte encima de la mariposa sin que se baje, una vez centrado apretar y girar con la mano la bobina hasta que se apriete.
- Con la bobina colocado, utilizo la llave 4 021 405 para ajustar, el par de apriete de la bobina es de 30 Nm.

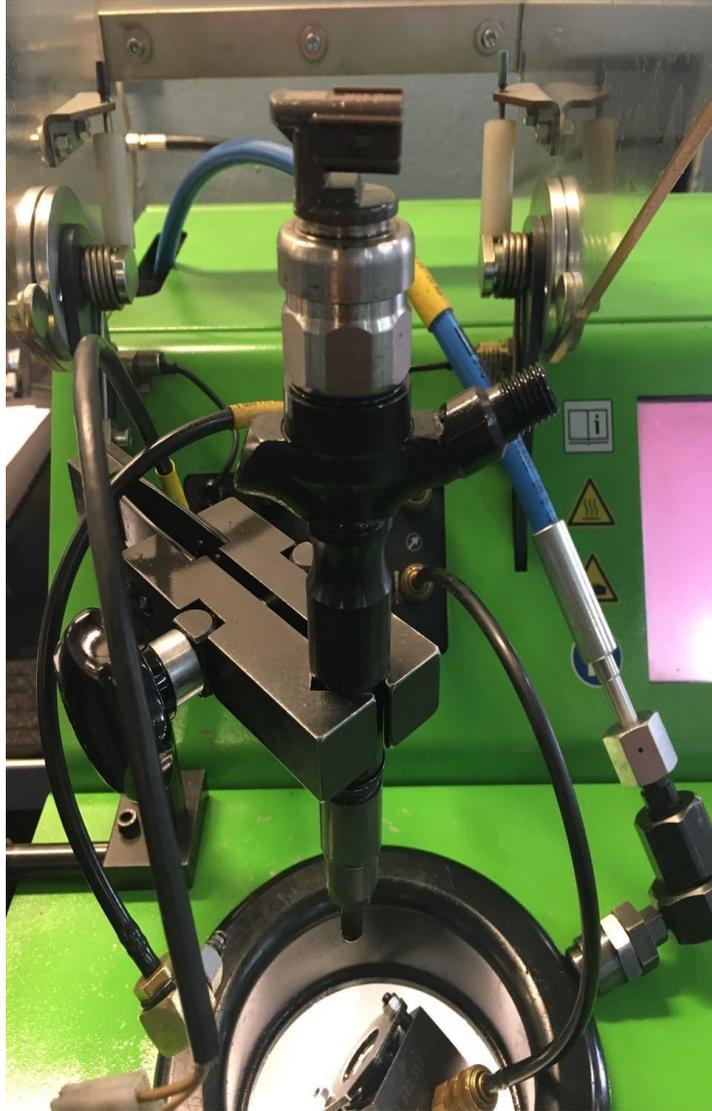
Ilustración 85. Ajuste de la bobina del inyector



Elaborado por: el autor

Comprobación de los inyectores

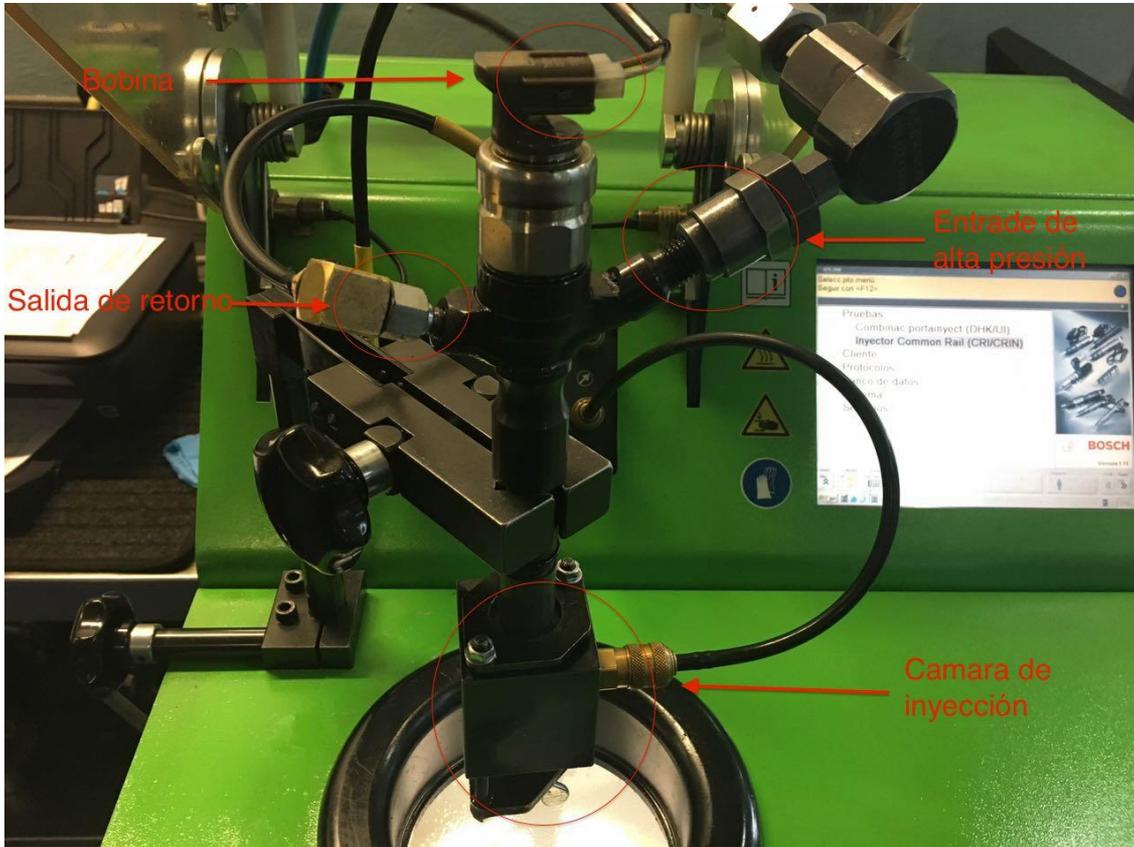
- Para poder verificar el estado del inyector, se tiene que probar en un banco de pruebas, los bancos de prueba tienen instalado los parámetros a los que trabaja un inyector en buen estado.
- En este caso se utilizó el banco de pruebas Bosch EPS 200, el cual puede diagnosticar un inyector a la vez.
- El banco de pruebas es sumamente delicado en cuanto a suciedad de los inyectores, por eso siempre hay que lavar el inyector para poderlo montar en el banco de pruebas.
- Con el inyector limpio se procede a montarlo en el banco de pruebas Bosch EPS 200.

Ilustración 86. Montaje del inyector en el banco de pruebas Boch EPS 200

Elaborado por: el autor

- Una vez que se coloca el inyector en el soporte, se coloca la manguera de entrada de alta presión y con una llave de pico de 22mm, se ajusta suavemente, luego se conecta la bobina, a su vez se coloca la manguera de retorno del inyector y por último se coloca la cámara de inyección, está ajusta con la fuerza de los dedos con una mariposa en la parte inferior de la cámara.

Ilustración 87. Montaje del inyector en el banco de pruebas Boch EPS 200



Elaborado por: el autor

- Una vez montado el inyector y ajustado, se procedió a ingresar los datos del inyector (294000 23670)
- Colocado las especificaciones del inyector se procedió a iniciar el diagnóstico, el banco opera automáticamente cada paso de prueba.
- En este caso son 5 pruebas que realiza:
 1. Leack Test (prueba de fuga)
 2. VL (plena carga)

3. EM (emisiones)
4. LL (ralentí)
5. VE (pre inyección)

Ilustración 88. Protocolo de los resultados de medición

Adobe Reader - [marea.pdf]
File Edit View Document Tools Window Help

Perfil activación: 14V
Descripción: CRI 2.1

Resultados medición

Número de serie: 1

Paso de prueba	Duración activación (μ s)	Presión (MPa)	Tiempo medic. (s)	Caudal inyección		Caudal retorno		Evaluación
				Valor nominal (mm ³ /H)	Valor real (mm ³ /H)	Valor nominal (mm ³ /H)	Valor real (mm ³ /H)	
Leak test	0	170	200	--- ± ---	---	40 ± 40	10,72	✓
VL	1380	160	90	84,3 ± 4,2	79,7	42 ± 25	32,24	✗
EM	650	80	90	21,1 ± 2,7	20,18	--- ± ---	---	✓
LL	675	32	90	5,8 ± 1,5	5,28	--- ± ---	---	✓
VE	220	80	90	0,9 ± 0,5	0,48	--- ± ---	---	✓

Número de serie: 2

Paso de prueba	Duración activación (μ s)	Presión (MPa)	Tiempo medic. (s)	Caudal inyección		Caudal retorno		Evaluación
				Valor nominal (mm ³ /H)	Valor real (mm ³ /H)	Valor nominal (mm ³ /H)	Valor real (mm ³ /H)	
Leak test	0	170	200	--- ± ---	---	40 ± 40	15,46	✓
VL	1380	160	90	84,3 ± 4,2	81,5	42 ± 25	35,05	✓
EM	650	80	90	21,1 ± 2,7	22,59	--- ± ---	---	✓
LL	675	32	90	5,8 ± 1,5	5,18	--- ± ---	---	✓
VE	220	80	90	0,9 ± 0,5	0,82	--- ± ---	---	✓

Número de serie: 3

Paso de prueba	Duración activación (μ s)	Presión (MPa)	Tiempo medic. (s)	Caudal inyección		Caudal retorno		Evaluación
				Valor nominal (mm ³ /H)	Valor real (mm ³ /H)	Valor nominal (mm ³ /H)	Valor real (mm ³ /H)	
Leak test	0	170	200	--- ± ---	---	40 ± 40	17,58	✓

1 of 2

Elaborado por: el autor

- El banco de pruebas ya tiene establecidos los valores nominales.
- En la ilustración 88, se tiene el resultado final de 2 inyectores, como pueden observar son 5 diferentes pruebas, las cuales se explica a continuación:

En leak test (prueba de fuga) esta prueba es muy importante, porque el banco le proporciona

una presión máxima de 1700 bares al inyector, el inyector tiene que ser hermético, cuando envía presión el banco se tiene que observar que no haya rastros de fuga por la bobina, por el porta tobera y que no gotee la tobera. Como se observa en la parte de arriba de la ilustración 88 donde dice "Duración de activación" se refiere a la activación de la bobina, en este caso es 0 por lo que no inyecta el inyector. Esta prueba aparte mide el retorno del inyector, con una duración de 200 s.

En la prueba VL se refiere a plena carga del motor, esta prueba dura 90s, en ese tiempo el banco le aplica una presión constante de 1600 bar, y le activa a la bobina 1380 μ s. Una vez que empieza activar la bobina va a comenzar a inyectar, el banco va a medir el flujo de combustible mediante un caudalímetro, el cual le va a medir en mm^3/H .

El banco tiene establecidos valores nominales con cierta variación de tolerancia, en este inyector va a trabajar a 84,3 mm^3/H , con una tolerancia de $(\pm) 4,2 \text{ mm}^3/\text{H}$.

En la prueba VL se puede ver que el inyector 1 no pasa la prueba en la ilustración 88, está por debajo de la tolerancia, normalmente cuando los inyectores están bajos de caudal el vehículo pierde bastante fuerza.

En la prueba de EM (emisiones), la presión a la que trabaja es bastante menos a 800 bar, esta prueba igual dura 90 s. Y la duración de activación de la bobina es de 650 μ s, donde va a dar un flujo de caudal de 21,1 mm^3/H , con una tolerancia de $(\pm) 2,7 \text{ mm}^3/\text{H}$. Como se puede ver en la ilustración 88 el inyector uno pasa tranquilamente la prueba. Cuando los inyectores están bajos el caudal de EM suele tener un cascabeleo el motor.

La prueba LL (ralentí), trabaja a una presión mucho menor a 320 bar, igualmente tiene el mismo tiempo de duración 90s, y la bobina se activa 675 μ s, esta prueba tiene un caudal de

combustible de $5,8 \text{ mm}^3/\text{H}$, con una tolerancia de $(\pm) 1,5 \text{ mm}^3/\text{H}$. Pasa correctamente el inyector.

En esta prueba VE (pre inyección), el inyector trabaja a una presión de 800 bar, y la duración de activación de la bobina es de $220 \mu\text{s}$, en esta prueba el inyector tiene un caudal de inyección nominal de $0,9 \text{ mm}^3/\text{H}$, con una tolerancia de $(\pm) 0,5 \text{ mm}^3/\text{H}$. Como se puede ver en la ilustración 88 el inyector pasa correctamente la prueba. Cuando el inyector tiene un caudal de $0,0 \text{ mm}^3/\text{H}$, el vehículo no se llega a encender.

Ilustración 89. Montaje de los 4 inyectores colocados en el soporte.



Elaborado por: el autor

- Se colocaron los sensores y la ECU en la parte superior de la maqueta

Ilustración 90. Sensores y la ECU



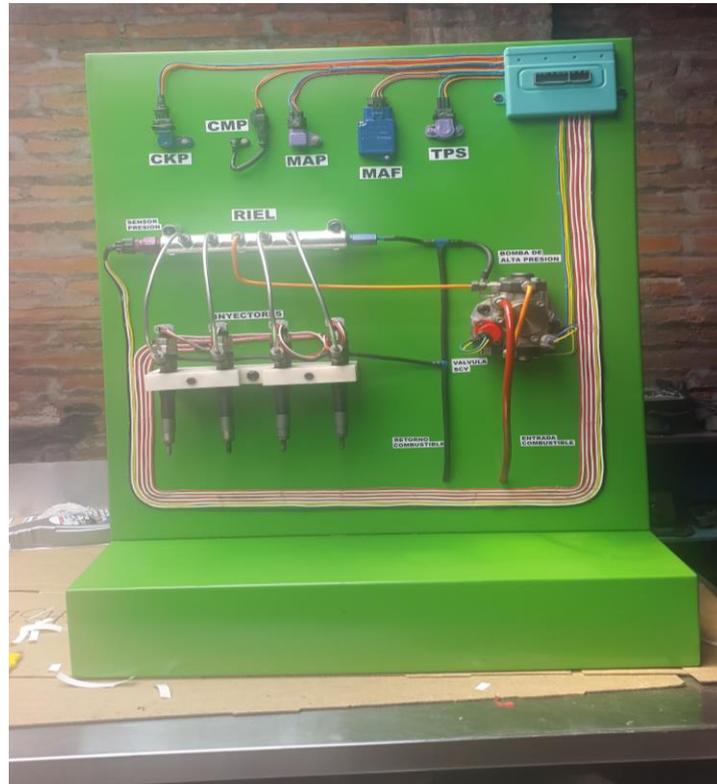
Elaborado por: el autor

- Por último, se pintó los sensores para su fácil distinción, una vez secos se conectó los sensores y los actuadores hacia la ECU.

Ilustración 91. Montaje de los sensores en la maqueta



Elaborado por: el autor

Ilustración 92. Maqueta didáctica terminada

Elaborado por: el autor

CAPÍTULO V

5. Mantenimiento del sistema

5.1 Mantenimiento preventivo

Como ya se mencionó anteriormente este sistema de inyección es bastante susceptible y delicado a daños, por eso es importante establecer planes de mantenimiento preventivos, para evitar daños a futuro, ya que los costos por daños de este sistema son bastante costosos.

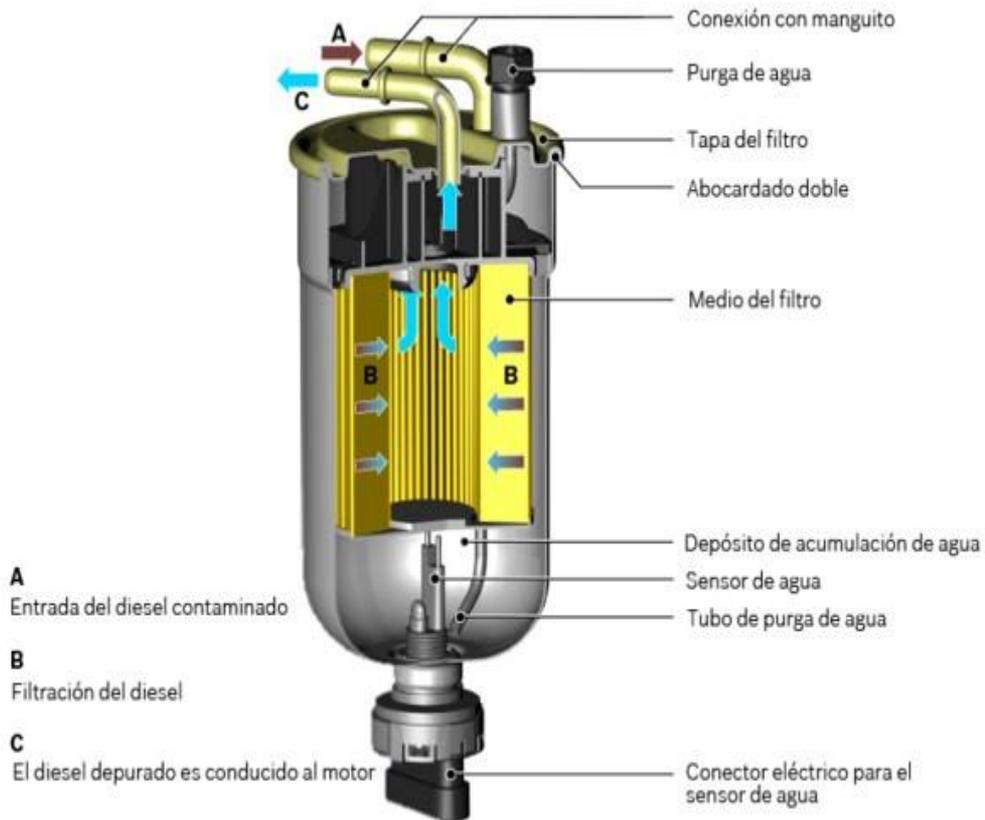
5.1.1 Cambio del filtro de combustible

El filtro de combustible tiene un papel fundamental en el sistema de inyección y mucha gente que tiene vehículos a diésel no es consciente de esto. El filtro de combustible hay que cambiarlo cada 5000 km, ya que es un hecho que el diésel del Ecuador es de mala calidad, tiene contaminación de tierra, polvo y agua.

El filtro de combustible es el que protege al sistema de inyección, lo protege de las impurezas (polvo, partículas de tierra) que ingresan al depósito de combustible, también del óxido que se genera en el depósito o en las cañerías y lo más importante lo protege del agua, la función del filtro es poder separar el agua del diésel, el agua no se mezcla con el diésel por lo que es una sustancia aceitosa, por el los filtros de combustible tienen las tomas de entrada y de salida en la parte superior, al momento que entra el diésel contaminado con agua, el agua se va a quedar en la parte del fondo del filtro como se evidencia en la ilustración No. 93.

En el momento que ingresa agua hay un sensor de agua en la parte de abajo del filtro, la cual envía una señal a la ECU y va a encender una luz testigo en el tablero del piloto. Este tipo de filtro tiene un tapón en la parte de abajo del filtro para poder drenar el agua que está adentro del filtro.

Ilustración 93. Filtro de Combustible



Fuente: (Aficionados a la Mecánica, 2017)

5.1.2 Drenar el filtro de combustible

Se recomienda vaciar esta trampa de agua semanalmente con el objetivo de prevenir que se sature de agua e ingrese al sistema de inyección.

Normalmente los filtros a diésel tienen una mariposa enroscada en la parte inferior del filtro, el cual permite el drenado del agua.

Ilustración 94. Drenaje de agua del filtro



Fuente: (Melani-INTA, 2017)

Es fundamental una lubricación adecuada para el desempeño y vida del motor, lo más recomendable es utilizar aceite específico del fabricante. Sin los cambios regulares de aceite y filtros, el aceite se satura de impurezas afectando el funcionamiento adecuado, es necesario asegurarse de cambiar periódicamente el aceite y filtros o cada 5.000 km el aceite de motor y el filtro.

5.1.3 Revisión y mantenimiento de los inyectores

Los inyectores del sistema están en constante desgaste por la suciedad y contaminación del combustible por lo cual se recomienda cada 30.000 km desmontar los inyectores para un lavado integro.

La única forma de lavar los inyectores es con ultrasonido y en el banco de pruebas, una vez que se desmonta los inyectores del vehículo se colocan en el ultrasonido durante un tiempo mínimo de 40 min.

Ilustración 95. Lavado de ultrasonido para inyectores diésel

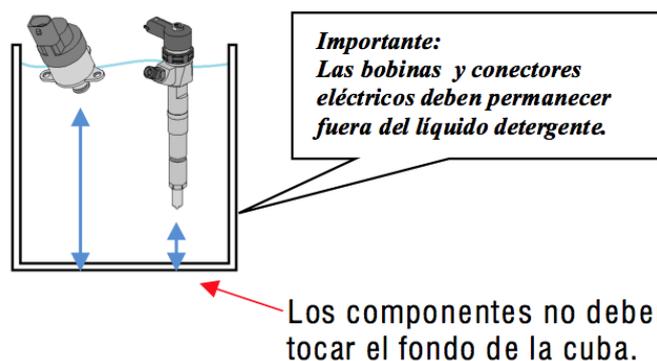


Fuente: (YAPO, 2017)

Los inyectores deberán sumergirse hasta antes de la bobina para no causar daños eléctricos, es importante que las toberas no toquen el fondo de la cuba por lo que puede provocar daños a la máquina.

El ultrasonido es bastante efectivo, ya que despega todo el carbón de las toberas, incluso destraba piezas internas recuperando el funcionamiento del inyector.

Ilustración 96. Inyector sumergido en la máquina de ultrasonido



Fuente: (Bosh, 2017)

Una vez que se limpia los inyectores, se coloca en el banco de pruebas como en la ilustración ya mencionada en el capítulo anterior.

5.1.4 Revisión de la bomba de alta presión

La bomba de alta presión tiene más resistencia que los inyectores por lo que la vida útil de la bomba es más prolongada.

Se recomienda revisar la bomba cada 100,000 km, o si presenta alguna falla o fuga de combustible ya que para desmontar la bomba del motor es un proceso bastante largo y complejo.

La mejor alternativa es revisar la válvula reguladora de presión o SCV cada 10.000 km, ya que hay que recordar que esta válvula es la encargada de la regulación de la presión de la bomba.

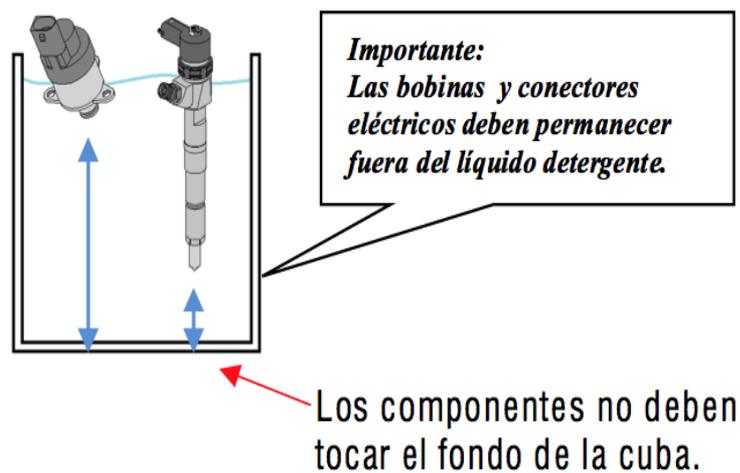
Ilustración 97. Válvula SCV



Fuente: (Bosh, 2017)

Esta válvula se la tiene que lavar en ultrasonido durante unos 40 min, de igual forma los conectores eléctricos no deben estar sumergidos en el líquido de limpieza.

Ilustración 98. Limpieza Válvula SCV



Fuente: (Bosh, 2017)

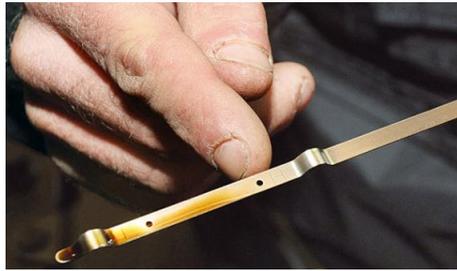
5.1.5 Revisión y cambio de aceite

Es fundamental una lubricación adecuada para el desempeño y vida del motor, lo más recomendable es utilizar aceite específico del fabricante.

Lo más recomendable es revisar periódicamente el nivel de aceite del motor, para prevenir daños en el motor, en el caso de alguna fuga o aceite.

Para medir correctamente el vehículo debe estar apagado, con el motor frío y en posición totalmente horizontal. Una vez que el vehículo cumple eso ubicamos la bayoneta de aceite. El momento que se saca el aceite debe estar por debajo del punto máximo del nivel de aceite.

Ilustración 99. Medidor de aceite del motor



Fuente: (Actualidad Motor , 2012)

Sin los cambios regulares de aceite y filtros, el aceite se satura de impurezas afectando el funcionamiento adecuado, es necesario asegurarse de cambiar periódicamente el aceite y filtros o cada 5.000 km el aceite de motor y el filtro.

5.2 Aditivos para el combustible

El aditivo es una sustancia química, que puede ayudar al combustible a mejorar sus propiedades. Dichos aditivos ayudan a elevar el cetano, es un indicativo de la facilidad a la que se combustiona el diésel. También ayudan a elevar la lubricidad, hay que recordar que para un sistema de inyección diésel es fundamental la lubricación, con ello se puede alargar la vida útil del sistema.

Ilustración 100. Aditivo LIQUI MOLY



Fuente: (LIQUI MOLY, 2017)

CONCLUSIONES

1. El sistema riel común es mucho más económico ya que ahorra más combustible que los sistemas convencionales, debido a que los motores a diésel equipados con este sistema generan mayor velocidad, debido a que inyecta combustible a una presión de 1800bar (26,000 libras por pulgada cuadrada) a diferencia de un motor a gasolina que inyecta a una presión de 2 a 3 bar.
2. Los motores se vuelven más silenciosos con este sistema, por lo que suministran combustible a intervalos de 0.4 milisegundos, esto le permite inyectar combustible al motor, hasta 5 veces por ciclo de combustión, reduciendo el ruido del motor diésel cuando el vehículo se encuentra detenido.
3. Los motores son más amigables con el medio ambiente, por la combinación de altas presiones de combustible y un control preciso de la combustión a través de inyecciones múltiples, reduce las emisiones, partículas y NOx, que son nocivas para el medio ambiente.
4. Las fallas más comunes en este tipo de sistemas de inyección, son por combustible contaminado, es decir, cuando contiene agua y/ o mala calidad de combustible, por ejemplo, el que se produce en el Ecuador, no es totalmente puro.
5. Estos sistemas de inyección son bastante fiables y duraderos dependiendo del mantenimiento que se realice.
6. Para la manipulación de estos sistemas, se necesita un laboratorio a diésel con la maquinaria adecuada y la gente capacitada.

7. Por la complejidad de estos sistemas, si se requiere hacer pruebas de funcionamiento correcto de los inyectores y bombas, se necesita bancos de pruebas específicos para cada uno.
8. Los usuarios deben tener más conocimiento sobre los motores a diésel y sus mantenimientos preventivos con el objetivo de evitar daños a futuro y abaratar costos de reparación.

RECOMENDACIONES

- En los vehículos a diésel con sistema de Riel Común, es sumamente importante cambiar el filtro de combustible cada 5.000 Km, para así alargar la vida útil del sistema de inyección.
- Nunca dejar que la pluma del nivel de combustible baje menos de $\frac{1}{4}$ del depósito de combustible.
- En caso de querer verificar el sistema de inyección, acudir a un laboratorio diésel autorizado para su diagnóstico, ya que para poder probar el sistema de inyección se necesita bancos de prueba especializados en diésel.
- Los técnicos automotrices deben ser capacitados para operar con sistemas de inyección, así como, el desmontaje y montaje del sistema, detección de fallas en el vehículo y manejo de scanner, ya que esto ayudara a optimizar tiempos en el taller.
- El momento en que se desarme la bomba, hacerlo en un recipiente blanco y que esté limpio, ya que, si existiera contaminación de cualquier tipo, podría afectar su funcionamiento.
- Siempre organizar las piezas de la bomba para que no se mezclen entre sí y sea más fácil volverla armar.
- Es muy importante que el conjunto de émbolos no se confunda de posición.
- No es recomendable desarmar el inyector sin las herramientas apropiadas, ya que se puede dañar piezas importantes del inyector.

GLOSARIO

- *Entenalla*: instrumento que se emplea para sujetar objetos pesados y poderlos manipular con facilidad.
- *Caudalímetro*: es un instrumento de medida, para poder medir el flujo o el caudal volumétrico de una sustancia, los bancos modernos utilizan caudalímetros en vez de probetas.
- *Bastidor*: Fija o relaciona estructuras metálicas como la suspensión, para asegurar su unión.
- *L/H*: Litros por hora
- *Relé*: Dispositivo electromecánico de mando, consistente en un electroimán mediante el cual se puede accionar un interruptor eléctrico.
- *Venturi*: el efecto venturi consiste en que un fluido de aire que está en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión el rato que llega a aumentar la velocidad por una zona de menor diámetro.
- *NOx*: está compuesto por óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂).
- *Cetano*: el cetano se encuentra en el diésel y es el indicativo para la capacidad o facilidad de ignición del mismo.
- *Émbolo*: pieza cilíndrica de un cilindro o una bomba que se mueve de forma rectilínea hacia arriba y hacia abajo impulsando un fluido.
- *Ms*: milisegundos
- *Bar*: unidad de presión, muy utilizada en aire comprimido y su equivalencia más inmediata es a la atmósfera o al kg/cm² (kilogramo por centímetro cuadrado).
- *Lumbrera*: Orificio de admisión, de escape o de paso, abierto en las paredes del cilindro de un motor de dos tiempos.
- *Chaveta*: es una pieza rectangular que se inserta entre dos elementos y evita que se

produzca desplazamientos entre esas piezas.

- *Junta Tórica:* es una junta de forma toroidal, compuesta principalmente de goma, su función es asegurar la estanqueidad de fluidos.

BIBLIOGRAFÍA

- Actualidad Motor . (07 de 03 de 2012). *Revisar el nivel de aceite* . Obtenido de taller Virtual : <https://www.actualidadmotor.com/revisar-el-nivel-de-aceite/>
- Aficionados a la Mecánica. (12 de julio de 2017). *Aficionados a la Mecánica*. Obtenido de <http://www.aficionadosalamecanica.net/hazlo-inyectores.htm>
- Automécánico. (12 de julio de 2017). *Curso de Sensores*. Obtenido de <https://www.google.com/url?q=http://automecanico.com/auto2027/bbooster12.pdf&sa=U&ved=0ahUKewiMOLr1I4XVAhXMcD4KHTHACB4QFggEMAA&client=internal-uds-cse&usg=AFQjCNGHCx0qXVna-LjVzFXE9aOrSXQ4ug>
- BMW. (12 de julio de 2017). *BMW Electronic Projects*. Obtenido de <http://www.maf2maf.com/wp-content/uploads/2014/05/Bosch-HFM5-Sensors.pdf>
- Bosh. (01 de 01 de 2017). *Filtros a gasóleo* . Obtenido de Filtros : http://pt.bosch-automotive.com/pt/internet/parts/parts_and_accessories/specials_1/commercial_vehicle
- Castillejo, A. (2014). *Sistemas de Inyección en Motores Diesel. Trabajo de grado de Ingeniería*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90174>
- Fiat Auto. (Diciembre de 2016). *Motor 1.3 75cv Fiat Dobló 90cv Fiat Grande Punto Inyección Electrónica*. Fiat. Obtenido de <http://automotrizenvideo.com/wp-content/sp-resources/forum-file-uploads/adrianramonparrilla/2014/02/76953211-Inyeccion-1-3-75cvFiat-Doblo-y-90-cvFiat-Grande-Punto-d%E2%80%A6.pdf>
- Garzón, J. (10 de 11 de 2012). *El automóvil al desnudo* . Obtenido de Técnica Automovilística : <http://jeroitim.blogspot.com/2012/11/motores-de-combustion-interna-en.html>
- LIQUI MOLY. (01 de 01 de 2017). *Aditivos y lubricantes alemanes* . Obtenido de <http://liquimoly.com.ar/productos/aditivos/aditivos-diesel/>
- Melani-INTA. (01 de 01 de 2017). *La red del campo*. Obtenido de A no olvidarse: <http://www.revistachacra.com.ar/nota/781/>
- MV. (01 de 01 de 2017). *Talleres y repuestos*. Obtenido de Partes que conforman el sistema de inyección Common: <http://talleresyrepuestos.com/documentacion-tecnica/inyeccion-electronica-de-combustible/602-partes-que-conforma-el-sistema-de-inyeccion-common-rail>
- RODES. (12 de julio de 2017). *Red Operativa de Desguaces Españoles*. Obtenido de <https://www.ro-des.com/mecanica/bomba-de-gasolina-que-es-y-como-funciona/>

Thomson, M. (2012). *Test Thomson*. Brasília: MTE Thomson.

UMA Service. (2009). *Manual de Acelerador Electrónico*. México: UMA Services.

YAPO. (05 de 05 de 2017). *Batea Inyectores* . Obtenido de Proforma :
http://www.yapo.cl/region_metropolitana/accesorios_vehiculos/batea_inyectores_ultrasonido_27919301.htm