

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
Facultad de Ingeniería Automotriz

TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO EN MECANICA AUTOMOTRIZ

Diseño, Construcción e Implementación de un modulo didáctico en un motor
BMW N54 con inyección directa de gasolina

Jaime Gabriel Salgado Asanza

Director: Ing. Juan Fernando Iñiguez

2011

Quito, Ecuador

CERTIFICACIÓN

Yo, Jaime Gabriel Salgado declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

Jaime Gabriel Salgado Asanza
CI:171473559-2

Yo, Juan Fernando Iñiguez, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, el señor, Jaime Gabriel Salgado Asanza, es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

Juan Fernando Iñiguez
Director

AGRADECIMIENTO

Este agradecimiento va dirigido a mi madre quien solvento los costos de carrera y principalmente quien me ha educado y formado como la persona de bien que soy, espero algún día poder recompensar el gran esfuerzo que ha hecho, y ser un digno reflejo de una persona tan noble y ejemplar como es ella.

Un agradecimiento especial a mi director de tesis quien además de ser un excelente educador, ha sido un sabio amigo quien me ayudo a realizar esta tesis con gran criterio y sensatez.

DEDICATORIA

Esta tesis de grado va dirigida a mis profesores de quienes he obtenido el conocimiento necesario para comprender los retos a los cuales me enfrento en esta profesión además de los conocimientos necesarios para mi desenvolvimiento dentro de la misma.

También va dedicada a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador para que esta tesis de grado sirva para un mejor entendimiento de las nuevas tecnologías

Finalmente queda esta tesis de grado en manos de la Universidad Internacional del Ecuador para que sirva además de cómo material didáctico también como ejemplo de que en esta Universidad conocemos y poseemos de material de última tecnología

INDICE GENERAL

Capitulo 1- Descripción del Motor BMW N54

1.1 Objetivo General	1
1.2 Objetivos Específicos	1
1.3 Justificación	1
1.4 Generalidades y Datos Técnicos	2
1.5 Vanos	7
1.6 Sistema de refrigeración	11
1.6.1 Refrigeración por agua	13
1.6.2 Refrigeración por aceite	16

Capitulo 2- Inyección directa de gasolina BMW

2.1 Generalidades	18
2.2 Componentes y Funciones	23

Capitulo 3- Maqueta

3.1 Elaboración	32
3.1.1 Revisión y Localización de Daños	32
3.1.2 Limpieza y Corte del Motor	33
3.1.3 Estructura de Soporte para Motor	35
3.1.4 Ensamblaje de Motor y Maqueta	37
3.1.5 Elaboración de Sistema Eléctrico	40
3.2 Guías de practicas	50
3.2.1 Guía de Practica 1	50
3.2.2 Guía de Practica 2	53
3.2.3 Guía de Practica 3	56

Conclusiones y Recomendaciones	57
--------------------------------	----

Bibliografía	60
--------------	----

INDICE DE CUADROS

Figura 1.1 Evolución de motores BMW	3
Figura 1.2 Grafico de Potencia y Torque Motor N54	6
Figura 1.3 Sistema Vanos	8
Figura 1.4 Esquema Hidráulico del Sistema Vanos	9
Figura 1.5 Unidad de Vanos	10
Figura 1.6 Sistema de Refrigeración	12
Figura 1.7 Bomba Eléctrica de Refrigerante	13
Figura 1.8 Termostato de Diagrama Característico	14
Figura 1.9 Sistema de Refrigeración de Aceite	16
Figura 1.10 Conductos de Refrigeración de Aceite	17
Figura 2.1 Inyección en el Cilindro	19
Figura 2.2 Sistema HPI	21
Figura 2.3 Grafico de Presión	22
Figura 2.4 Bomba de Alta Presión	23
Figura 2.5 Elemento de Bombeo	25
Figura 2.6 Cámara de Combustión	26
Figura 2.7 Inyector Piezoeléctrico	27
Figura 2.8 Grafico de Inyección	28
Figura 2.9 Elemento Piezoeléctrico	29
Figura 3.1 Vista del Cabezote	32
Figura 3.2 Vista del Block	33
Figura 3.3 Vista del Cigüeñal	33
Figura 3.4 Herramientas de Corte	34
Figura 3.5 Corte en el Block	34
Figura 3.6 Corte en el Carter de Aceite	34
Figura 3.7 Tapa de Válvulas antes de ser Cortada	35
Figura 3.8 Electrodo	35
Figura 3.9 Soporte de Motor	36
Figura 3.10 Base de Sujeción para Motor	36
Figura 3.11 Ruedas en Soporte	37
Figura 3.12 Imagen de Motor Durante Ensamblaje	37

Figura 3.13 Motor sobre Soporte	38
Figura 3.14 Bomba de Combustible Baja de Presión	38
Figura 3.15 Conexión Hidráulica para Adaptación del Manómetro	39
Figura 3.16 Conectores de Inyectores	39
Figura 3.17 Conexión Hidráulica para Manómetro de Alta Presión	40
Figura 3.18 Módulos de Control	40

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Datos Técnicos Motor N54

5

SINTESIS

Esta tesis ha tenido como objetivo principal elaborar una maqueta del sistema de inyección directa de gasolina dentro de un motor N54 de BMW. Esto se ha realizado dentro de un corte técnico en el cual permite apreciar los componentes que intervienen en este motor, se implemento dentro de esta maqueta el sistema propio de inyección directa de este motor dentro del cual es visible el funcionamiento de los inyectores de inyección directa de gasolina.

Por supuesto este trabajo va acompañado de un trabajo escrito donde se describe tanto el funcionamiento de esta maqueta además de la función de sus componentes principales. En este trabajo además se describe los datos técnicos que tiene el motor N54 de BMW de donde proviene propiamente este sistema de inyección directa de gasolina. También se describe el sistema de inyección directa de gasolina tanto su funcionamiento como sus componentes y su función dentro de este sistema, esto para lograr comprender el sistema como tal. En este trabajo escrito describo como se realizo esta maqueta y las funciones que cumple, además de los problemas que surgieron durante la construcción de la misma.

Esta maqueta consta de un corte en los principales componentes del motor donde se puede apreciar la inyección de los inyectores directamente en la cámara de combustión. La inyección de estos inyectores esta comandada por un modulo electrónico el cual realiza una inyección individual de cada inyector según el orden de encendido del motor. El sistema tiene manómetros en los circuitos de combustible en donde se puede apreciar las distintas presiones tanto en el sistema de baja y alta presión del mismo. La bomba de alta presión en lugar de ser propulsada por el motor de combustión como normalmente está diseñado, esta propulsada por un motor eléctrico el cual abastece al riel de inyectores para su posterior pulverización. Tiene un modulo adicional para controlar la presión del riel de inyectores el cual verifica constantemente la presión del sistema mediante el sensor de presión que está ubicado en la riel de inyección, esta presión es regulada mediante la válvula de control de caudal que se encuentra incluida en la bomba de alta presión. Hacia esta válvula llega

en PWM para regular la presión esto se logra mediante la programación de este modulo.

Finalmente esta tesis cumple los objetivos para la cual fue planteada y es una guía más para los profesores de la Universidad Internacional del Ecuador para que sea utilizada como una herramienta tanto didáctica como teórica para comprender este nuevo avance tecnológico el cual está a punto de ser encontrado en todos los futuros modelos de vehículos de todas las marcas.

Summary

This thesis has a main objective to elaborate a model of gasoline direct injection system which is inside a motor BMW N54. This it has been carried out inside a technical cut in which aloud to appreciate the components that involves in this motor. Inside this model, a direct injection of this motor was implemented inside, which is visible the operation of the injectors.

This project goes accompanied by a written work where the operation of this model and its principal components are shown. The technical data of the n54 BMW is described of where exactly the direct injection of gasoline comes from. Also the direct injection is described with its operation, components, functions inside this system, due to a good understanding of the system itself. In this written work, I describe how this model was build and its functions, besides the problems that came during the construction it.

This model has a cut in the main components of the motor where we can appreciate the injection of the injectors directly in the combustion chamber. The injection of these injectors is commanded by a electronic module which carries out each injector according to the ignition order of the engine. The system has many gauges in the fuel circuits where we can appreciate different pressures in the system of low and high pressure. The high pressure fuel pump instead of being propelled by the engine as normally is designed; this one is propelled by an electric motor which supplies to the rail of injectors for its subsequent spraying. It has additional module to control the pressure of the rail which verifies constantly the pressure of the system by a pressure sensor which is located in the rail. This pressure is regulated by a volume control valve that is found inside the fuel pump. Toward this valve arrives the PWM to regulate the pressure, which is achieved by programming the module.

Finally this thesis complies the objectives for which was presented and is a guide for the professors of the International University of Ecuador, so it can be used as a didactic and theoretical tool to understand this new technological advance which is about to be found in all the future models of vehicles of all the brands.

FORMULARIO DE RESUMEN DE TESIS

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRAFICO DE TESIS

FACULTAD DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

ESCUELA DE MECANICA AUTOMOTRIZ

TITULO: Diseño, Construcción e Implementación de un modulo didáctico en un motor BMW N54 con inyección directa de gasolina

AUTOR: Jaime Gabriel Salgado Asanza

ENTIDAD QUE AUSPICIA LA TESIS: Ninguna

FINANCIAMIENTO: SI: NO: X PREGRADO: X POSGRADO:

FECHA DE ENTREGA DE TESIS: DIA: MES: AÑO:

GRADO ACADEMICO OBTENIDO: Ingeniero Mecánico Automotriz

No. Pags: 60 No.Ref.Bibliografica: No.Anexos No.Planos

RESUMEN:

Esta tesis ha tenido como objetivo principal elaborar una maqueta del sistema de inyección directa de gasolina dentro de un motor N54 de BMW. Esto se ha realizado dentro de un corte técnico en el cual permite apreciar los componentes que intervienen en este motor, se implemento dentro de esta maqueta el sistema propio de inyección directa de este motor dentro del cual es visible el funcionamiento de los inyectores de inyección directa de gasolina. Por supuesto este trabajo va acompañado de un trabajo escrito donde se describe tanto el funcionamiento de esta maqueta además de la función de sus componentes principales. En este trabajo además se describe los datos técnicos que tiene el motor N54 de BMW de donde proviene propiamente este sistema de inyección directa de gasolina. También se describe el sistema de inyección directa de gasolina tanto su funcionamiento como sus componentes y su función dentro de este sistema, esto para lograr comprender el sistema como tal. En este trabajo escrito describo como se realizo esta maqueta y las funciones que cumple, además de los problemas que surgieron durante la construcción de la misma.

Esta maqueta consta de un corte en los principales componentes del motor donde se puede apreciar la inyección de los inyectores directamente en la cámara de combustión. La inyección de estos inyectores esta comandada por un modulo electrónico el cual realiza una inyección individual de cada inyector según el orden de encendido del motor. El sistema tiene manómetros en los circuitos de combustible en donde se puede apreciar las distintas presiones

tanto en el sistema de baja y alta presión del mismo. La bomba de alta presión en lugar de ser propulsada por el motor de combustión como normalmente está diseñado, esta propulsada por un motor eléctrico el cual abastece al riel de inyectores para su posterior pulverización. Tiene un modulo adicional para controlar la presión del riel de inyectores el cual verifica constantemente la presión del sistema mediante el sensor de presión que está ubicado en la riel de inyección, esta presión es regulada mediante la válvula de control de caudal que se encuentra incluida en la bomba de alta presión. Hacia esta válvula llega en PWM para regular la presión esto se logra mediante la programación de este modulo.

Finalmente esta tesis cumple los objetivos para la cual fue planteada y es una guía más para los profesores de la Universidad Internacional del Ecuador para que sea utilizada como una herramienta tanto didáctica como teórica para comprender este nuevo avance tecnológico el cual está a punto de ser encontrado en todos los futuros modelos de vehículos de todas las marcas.

PALABRAS CLAVES: Inyección directa de gasolina a la cámara de combustión

MATERIA PRINCIPAL: Inyección de combustible

MATERIA SECUNDARIA: Inyección electrónica de combustible

TRADUCCION AL INGLES

TITLE:

Design, construction and implementation of a didactic module in a BMW motor N54 with direct injection of gasoline

ABSTRACT:

This thesis has a main objective to elaborate a model of gasoline direct injection system which is inside a motor BMW N54. This it has been carried out inside a technical cut in which aloud to appreciate the components that involves in this motor. Inside this model, a direct injection of this motor was implemented inside, which is visible the operation of the injectors.

This project goes accompanied by a written work where the operation of this model and its principal components are shown. The technical data of the n54 BMW is described of where exactly the direct injection of gasoline comes from. Also the direct injection is described with its operation, components, functions inside this system, due to a good understanding of the system itself. In this written work, I describe how this model was build and its functions, besides the

problems that came during the construction it.

This model has a cut in the main components of the motor where we can appreciate the injection of the injectors directly in the combustion chamber. The injection of these injectors is commanded by a electronic module which carries out each injector according to the ignition order of the engine. The system has many gauges in the fuel circuits where we can appreciate different pressures in the system of low and high pressure. The high pressure fuel pump instead of being propelled by the engine as normally is designed; this one is propelled by an electric motor which supplies to the rail of injectors for its subsequent spraying. It has additional module to control the pressure of the rail which verifies constantly the pressure of the system by a pressure sensor which is located in the rail. This pressure is regulated by a volume control valve that is found inside the fuel pump. Toward this valve arrives the PWM to regulate the pressure, which is achieved by programming the module.

Finally this thesis complies the objectives for which was presented and is a guide for the professors of the International University of Ecuador, so it can be used as a didactic and theoretical tool to understand this new technological advance which is about to be found in all the future models of vehicles of all the brands.

KEY WORDS: Fuel direct injection of gasoline in combustion chamber

FIRMAS:

.....
DIRECTOR

.....
GRADUADO

NOTAS

CAPITULO 1.- DESCRIPCION DEL MOTOR BMW N54

1.1 OBJETIVO GENERAL

Comprender el funcionamiento de la inyección directa de gasolina lo que permita el estudio de este sistema

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Demostrar el funcionamiento de la inyección directa de combustible dentro de un motor.

Comprender las características que tiene un motor que usa este tipo de inyección.

Visualizar, enumerar y entender los distintos componentes en funcionamiento dentro de la inyección directa de gasolina.

Explicar el funcionamiento de la inyección directa de combustible.

Elaborar un modulo electrónico que permita controlar la inyección dentro de la maqueta.

Indicar las ventajas que tiene actualmente los sistemas de inyección directa de combustible.

1.3 JUSTIFICACION

El sistema de inyección de combustible ha evolucionado a través del tiempo con distintos avances tecnológicos lo que optimizan el comportamiento del motor de combustión. Esta investigación va dirigida a comprender los avances realizados en este sistema de alimentación de combustible. Además de entender el funcionamiento de este sistema el cual refiere a el ultimo avance tecnológico respecto a esta materia.

Este proyecto servirá para fines prácticos para la facultad de mecánica automotriz, donde los profesores de esta universidad pueden demostrar el funcionamiento de este sistema mejorando la calidad de las prácticas de laboratorio. La ventaja de este proyecto es que la universidad podrá contar con

tecnología de última generación lo que permitirá a la universidad estudiar estos temas más a fondo

Esta investigación permitirá comprender de mejor manera el funcionamiento de la inyección de combustible en los motores de combustión además descubrir la nueva tecnología en cuanto a inyección directa de combustible que se encuentra disponible en marcas de segmento Premium. Es fundamental para la Universidad Internacional del Ecuador contar con elementos de aprendizaje que se encuentren actualizados al mismo ritmo que la industria automotriz se encuentra desarrollándose.

1.4 GENERALIDADES Y DATOS TECNICOS

La filosofía de BMW se basa en su programa de DINAMICA EFICIENTE, menor consumo mayor potencia. Este programa no consiste en una única tecnología, sino en todo un paquete de medidas perfectamente adaptadas para reducir el consumo y las emisiones de CO₂, al mismo tiempo aumentando el placer de conducir traducido a las prestaciones de sus vehículos.

El motor N54 supone la aparición de otro miembro más de la nueva generación de la gama de motores en línea de 6 cilindros en BMW. Con este motor prosigue el desarrollo de una elevada dinámica con unas reducidas emisiones de contaminantes y un bajo consumo de combustible de forma especial, algo ya iniciado con el motor N52. Con el desarrollo de este motor se pretendían satisfacer muchas exigencias. Entre ellas cabe señalar la reducción de las emisiones de CO₂, el deseo de un mayor placer en la conducción gracias a una mayor potencia y a un bajo consumo de combustible, además de las diferentes normas de emisión vigentes en los distintos mercados.

El motor N54 de BMW es un motor de seis cilindros en línea mantenimiento la tradición de BMW de producir para sus motores de seis cilindros la disposición únicamente en línea. Desde el año 1980 con el 745i de su época BMW no había producido un motor a gasolina con turbo compresión, siendo en el Salón del Automóvil de Ginebra 26 años después con la carrocería E92 serie 3 su gran lanzamiento en el año 2006. Después en el año 2007 y 2008 gana el premio internacional al motor del año.

Los motores de seis cilindros de BMW se han optimizado de forma constante a lo largo del tiempo. Inicialmente fue el M20, que se sustituyó más adelante con el M50. Para lograr los objetivos de incremento de la potencia y reducción del consumo y las emisiones, se introdujo en el M50 la entrada VANOS y la regulación de picado para la combustión. Con el M52, sucesor del M50, y la introducción de la doble válvula VANOS, el cárter del cigüeñal de aluminio y el catalizador próximo al motor se avanzó nuevamente un paso decisivo hacia la consecución de los objetivos mencionados. Asimismo, también se tuvo cada vez más en cuenta la reducción del peso en la propulsión. Esto permitió un incremento del dinamismo del 2% y una reducción del consumo del 5% en relación con el M50. El nuevo sucesor, el M54, consiguió distanciarse de nuevo de sus predecesores gracias al módulo del pedal acelerador electrónico y a otras mejoras técnicas como la bomba de aire secundaria para el tratamiento ulterior de emisiones. Esto hizo posible incrementar el dinamismo con respecto a su predecesor en un 2% y una reducción del consumo de combustible de otro 2%. De este modo se cumplía las normativas legales sobre gases de escape ULEV y Euro 3 de modo muy satisfactorio. Una variante del M54, el M56, logró incluso satisfacer la estricta normativa estadounidense sobre gases de escape SULEV.

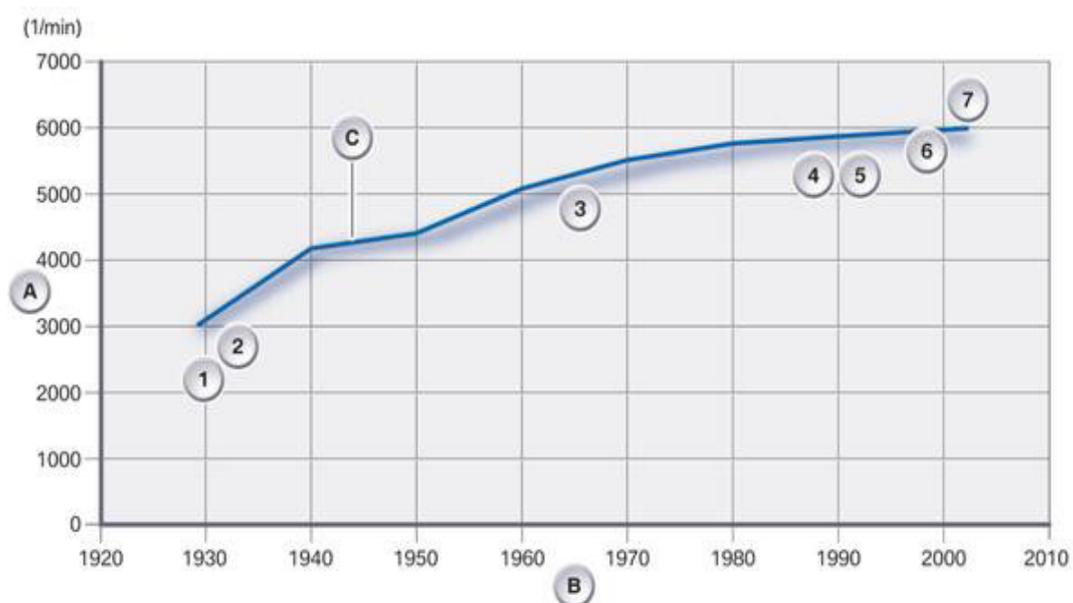


Figura 1.1 Evolución de motores BMW¹

¹ Fuente Manual Técnico BMW

A) Regimen Nominal (1/min)

B) Año

C) Valor Medio

1) 2 valvulas, sv

2) 2 valvulas, ohv

3) 2 valvulas, ohc

4) 4 valvulas, dohc, Vanos E

5) 4 valvulas,dohc, Vanos A y E

6) 4 valvulas,dohc, Vanos A y E

7) 4 valvulas,dohc, Vanos A y E mando de válvulas totalmente variable

El proceso de inyección directa con guiado del chorro HPI (High Precision Injection) representa una solución eficaz para la reducción del consumo. En combinación con este sistema de inyección, se logran evitar los principales inconvenientes de la sobrealimentación de los motores de gasolina, tales como una reducida relación de compresión y una tendencia a la detonación. Es algo confirmado que los potenciales de la sobrealimentación para el aumento de potencia y del par del motor ya no dan más de sí. El motor N54 propulsado con $\lambda = 1$ explora las posibilidades de potencia de un motor de gran cilindrada, aunque evitando sus inconvenientes de consumo.

La nueva mecánica punta planteada con la técnica de dos turbocompresores y la inyección directa de gasolina del motor N54 amplía con vistas al futuro la gama de motores en línea de 6 cilindros de BMW. Con una potencia de 225 kW/306 CV y un par motor máximo de 400 Nm.

Este es el primer motor en línea de 6 cilindros con dos turbocompresores, inyección HPI (High Precision Injection) y cárter de cigüeñal de aluminio impresiona por un comportamiento de respuesta desconocido hasta hace poco entre los motores con sobrealimentación y una fuerza de tracción sostenida incluso con un elevado régimen de revoluciones.

Tabla 1.1 Datos Técnicos Motor N54²

Designación	Valor
Tipo de construcción	Motor en línea de 6 cilindros
Cilindrada [cm ³]	2979
Taladro/carrera [mm]	84/89,6
Distancia entre cilindros [mm]	91
Cojinete principal \varnothing del cigüeñal [mm]	65
Cojinete de biela \varnothing del cigüeñal [mm]	50
Orden de encendido	1-5-3-6-2-4
Potencia [kW/CV]	225/306
por régimen [r.p.m.]	5800
Par [Nm]	400
por régimen [r.p.m.]	1300-5000
Régimen de limitación de caudal [r.p.m.]	7000
Relación peso-potencia [kg/kW]	0,83
Potencia referida a cilindrada [kW/l]	75,5
Relación de compresión	10.2
Válvulas/cilindros	4
Válvula de aspiración \varnothing [mm]	31.44
Válvula de escape \varnothing [mm]	28
Ángulo de apertura del árbol de levas Entrada	125-70 [cigüeñal]
Ángulo de apertura del árbol de levas Salida	130-85 [cigüeñal]
Expansión del árbol de levas Entrada	55 [°cigüeñal]
Expansión del árbol de levas Salida	45[°cigüeñal]
Peso del motor [kg] (grupo 11 hasta 13)	187
Octanaje del combustible [ROZ]	98
Combustible [ROZ]	95-98
Aceite de motor	Longlife-04 SAE 5W-30
Norma sobre gases de escape	UE EURO4
Norma sobre gases de escape	EE.UU. ULEV2

² Fuente: Manual Técnico BMW

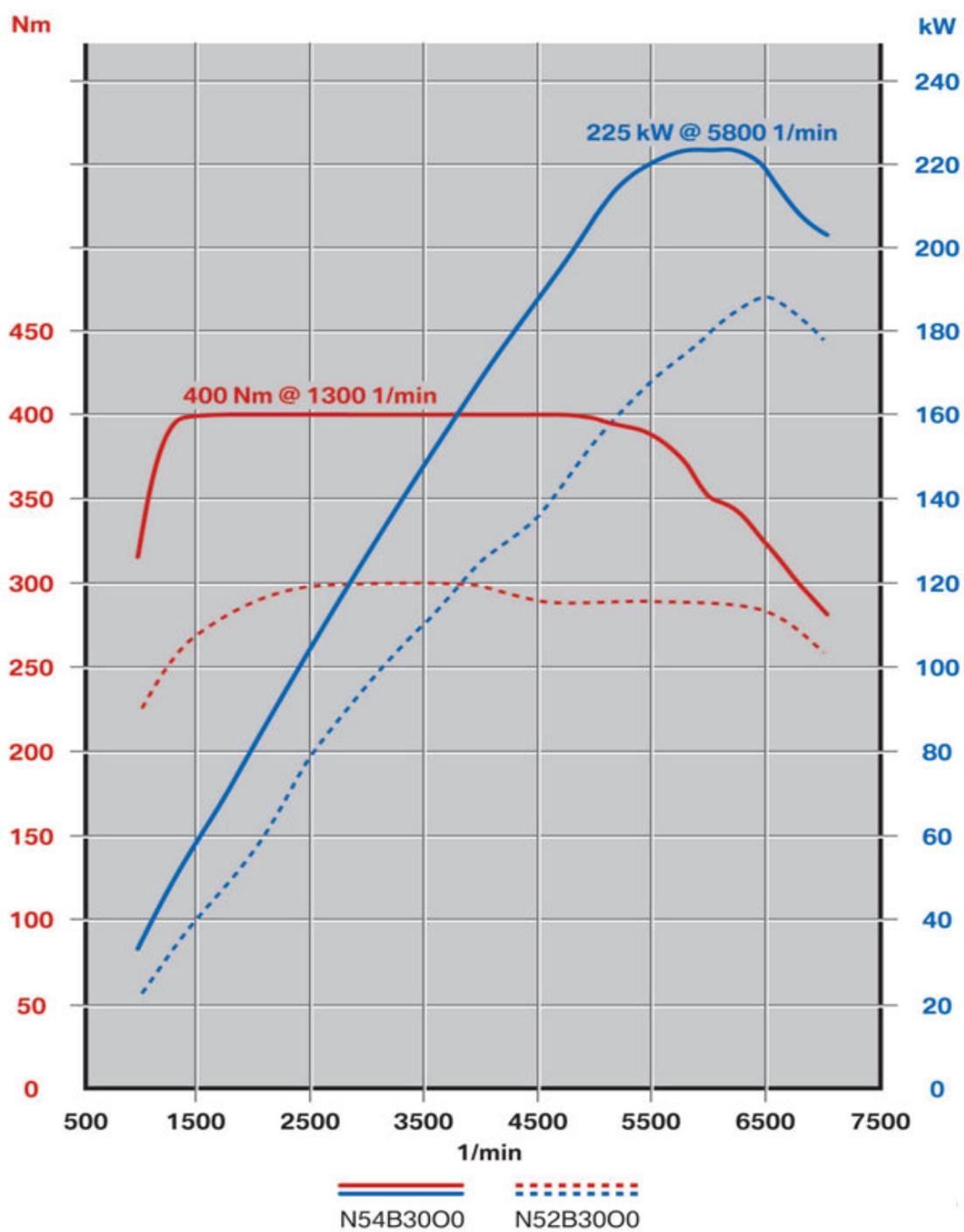


Figura 1.2 Grafico de Potencia y Torque motor N54³

³ Fuente: Manual Técnico BMW

1.5 VANOS

El sistema Vanos tiene como propósito y ventaja, mejorar el comportamiento de los gases de escape, reducir el consumo de combustible y al mismo tiempo incrementa la potencia y el par.

El funcionamiento en este sistema de regulación se gira el árbol de levas tanto de admisión como de escape en relación con el cigüeñal, el ajuste se lleva a cabo a través de la presión de aceite, que a su vez se controlan con reguladores de accionamiento eléctrico. Para optimizar este tipo de sistemas se ha ido desarrollando esta tecnología en el transcurso del tiempo en distintas marcas del sector automotriz debido a la eficiencia de estos sistemas.

La regulación del árbol de levas del lado de admisión puede influir de forma positiva sobre el par máximo o la potencia máxima según la disposición del contorno de las levas. Para una potencia máxima del motor resulta determinante la posición en el momento "Cerrar válvula de aspiración". Para lograr regímenes más altos, se desplaza el momento de cierre de la válvula de aspiración en dirección hacia tarde". El momento se selecciona de forma que, en la medida de lo posible, el llenado del cilindro se reduzca de forma óptima y se logre un gran suministro de potencia. La vuelta de los gases de la cámara de combustión al canal de aspiración puede evitarse mediante la adaptación del número de revoluciones el momento de cierre de la válvula de aspiración. Gracias a la regulación del árbol de levas es posible variar la coincidencia de las válvulas de forma que pueda controlarse la proporción de gas residual en el cilindro. Debido a la permanencia de gases residuales en el cilindro se limita el nivel de temperatura de la combustión y consecuentemente se reduce la emisión de óxido de nitrógeno.

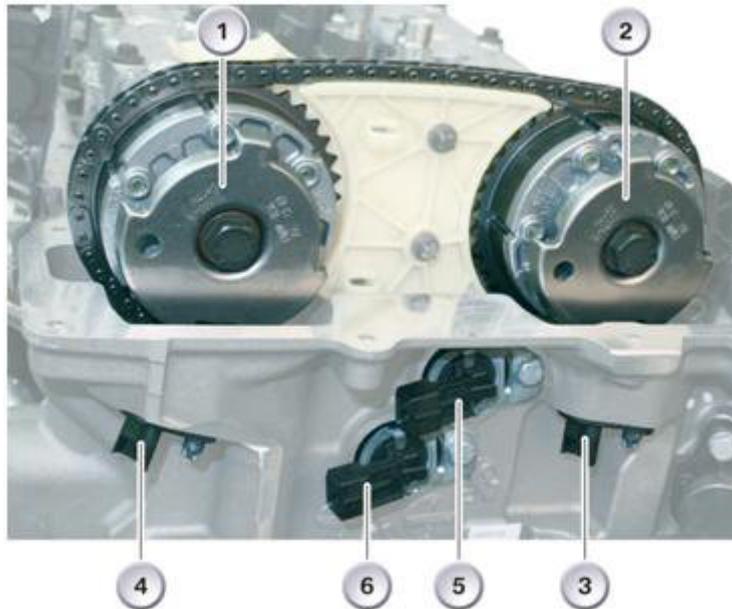


Figura 1.3 Sistema Vanos⁴

- 1- Unidad Vanos de escape
- 2- Unidad Vanos de admisión
- 3- Sensor del árbol de levas de admisión
- 4- Sensor del árbol de levas de escape
- 5- Válvula electromagnética
- 6- Válvula electromagnética

Las unidades VANOS de los árboles de levas de admisión y de escape tienen diferentes recorridos de regulación. No deben confundirse, ya que de lo contrario pueden provocarse daños en el motor debido a la superposición de las válvulas. Por esta razón, en la placa frontal de la unidad VANOS se encuentra grabada la inscripción "AUS/EX" o "EIN/IN".

Las unidades VANOS aquí empleadas presentan el siguiente ángulo de ajuste, para la unidad Vanos de admisión - 55° de cigüeñal mientras para la unidad Vanos de escape - 45° de cigüeñal

En el siguiente grafica podemos encontramos el esquema hidráulico del sistema para mejor comprensión.

⁴Fuente: Manual Técnico BMW

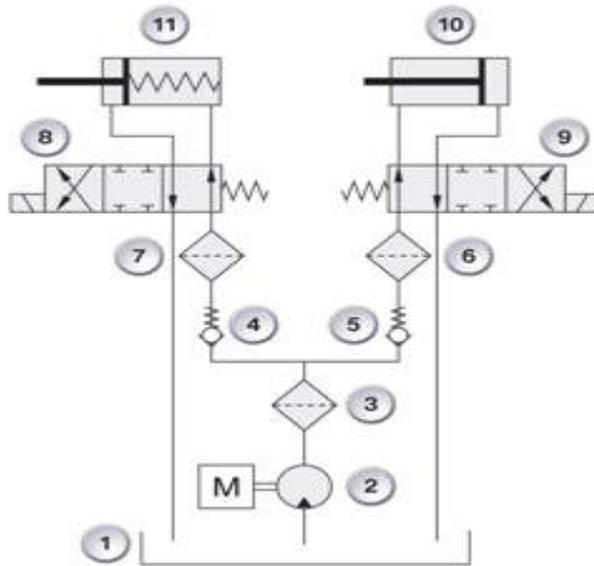


Figura 1.4 Esquema Hidráulico del Sistema Vanos⁵

- 1- Carter de aceite
- 2- Bomba de aceite
- 3- Filtro de aceite del motor
- 4- Válvula de bloqueo de retorno
- 5- Válvula de bloqueo de retorno
- 6- Tamiz
- 7- Tamiz
- 8- Válvula electromagnética
- 9- Válvula electromagnética
- 10- Motor de aletas
- 11- Motor de aletas

El circuito de aceite de la VANOS avanza desde el cárter de aceite (1) a través de la bomba de aceite (2) hasta el filtro de aceite del motor (3) y desde allí se bifurca hacia los lados de admisión y de escape a través de una válvula de bloqueo de retorno (5) montada entre la culata y el bloque de cilindros y un tamiz fino (6) en la válvula electromagnética hasta la válvula electromagnética (9). A través de la válvula electromagnética se suministra presión de aceite a uno u otro lado de la cámara de presión del motor de aletas (10) según las necesidades.

⁵ Fuente: Manual Técnico BMW

Podemos apreciar en el siguiente grafico el interior de una unidad de VANOS

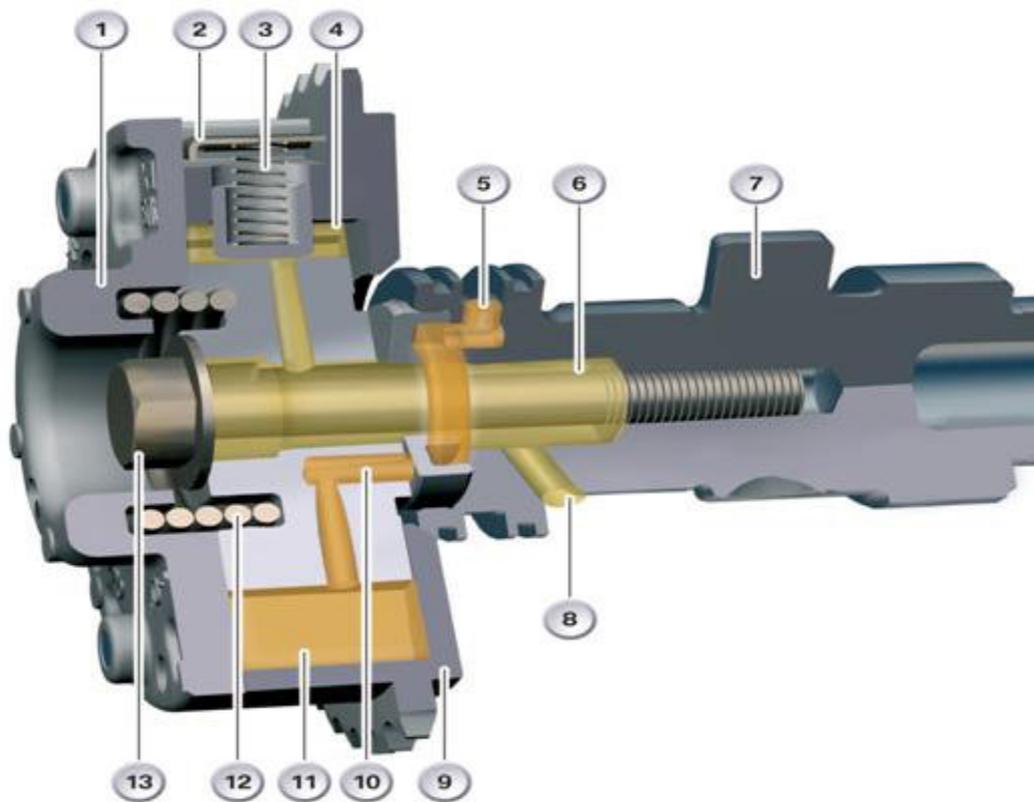


Figura 1.5 Unidad de Vanos⁶

- 1- Placa frontal
- 2- Chapa de sujeción
- 3- Muelle de enclavamiento
- 4- Cámara de presión de la variación hacia avance
- 5- Canal de aceite
- 6- Canal de aceite
- 7- Árbol de levas
- 8- Canal de aceite
- 9- Caja con corona dentada
- 10- Canal de aceite
- 11- Cámara de presión de la variación hacia retardo
- 12- Resorte de torsión
- 13- Tornillo de fijación

⁶ Fuente: Manual Técnico BMW

Una ventaja importante del motor de aletas es que los tiempos de distribución se ajustan con facilidad. El ajuste de los tiempos de distribución puede compararse al de los motores sin VANOS. Esto es posible gracias a la utilización de una clavija de enclavamiento en la unidad VANOS. Esta clavija se enclava tan pronto la VANOS queda sin presión y queda en la posición de enclavamiento empujada por el resorte de torsión (12).

Desde la válvula electromagnética correspondiente, el aceite pasa a través de la culata y el canal del aceite (5) o el (8) al árbol de levas de la unidad VANOS. Para la junta entre el árbol de levas y la culata se montan anillos de gancho que hermetizan los canales de aceite entre sí y con el compartimento de la válvula.

1.6 Sistema de refrigeración

Como concepto la refrigeración refiere a la evacuación de calor de un cuerpo o moderar la temperatura hasta mantenerla en un valor constante. El sistema de refrigeración de un vehículo refiere al conjunto de elementos que permiten expulsar el calor del interior del vehículo (causada por la combustión, rozamiento y compresión) hacia el exterior. De esta manera este sistema funciona con la finalidad de reducir el esfuerzo térmico que rodean a los componentes de la cámara de combustión.

En el caso del sistema de refrigeración del motor N54 podemos encontrar dos subsistemas; el uno por agua y el otro por aceite. En la parte inferior podemos observar el gráfico del sistema de refrigeración completo

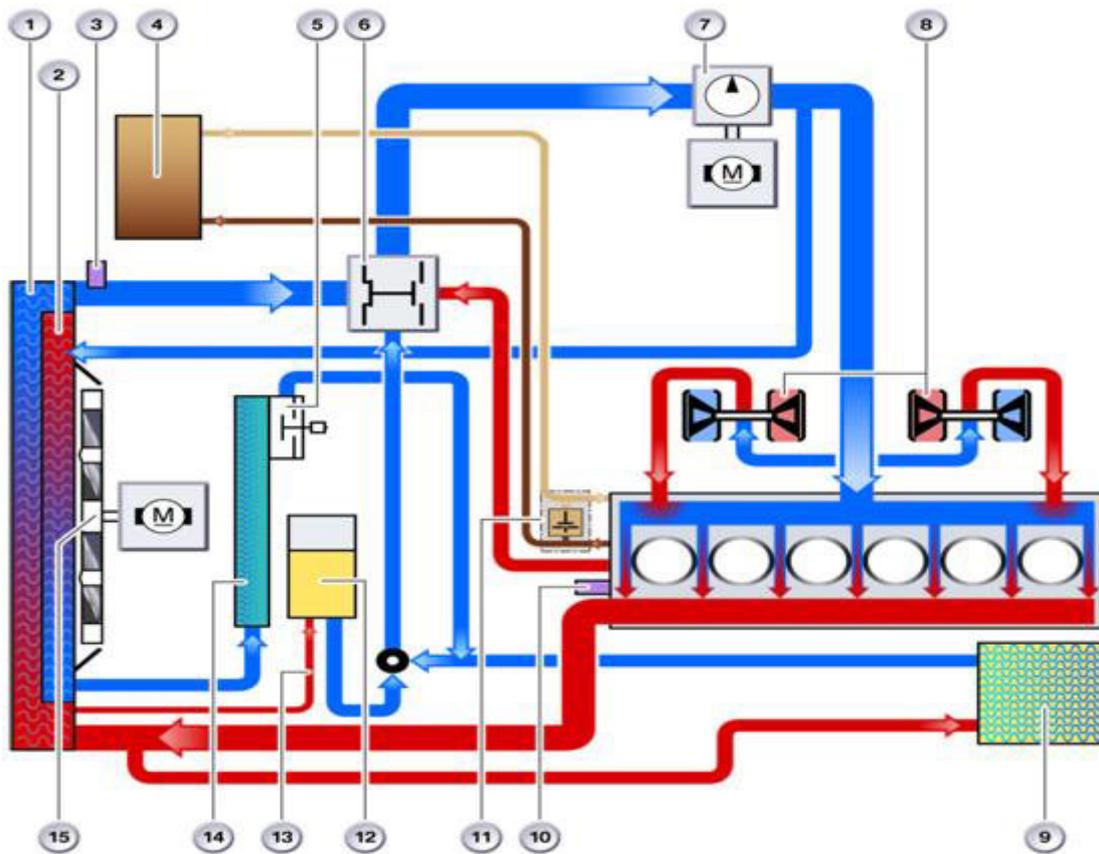


Figura 1.6 Sistema de Refrigeración ⁷

- 1- Radiador
- 2- Radiador de caja de cambios
- 3- Sensor de temperatura en la salida del radiador
- 4- Radiador de aceite de motor
- 5- Termostato de radiador de aceite de la caja de cambios
- 6- Termostato de campo característico
- 7- Bomba eléctrica de refrigerante
- 8- Turbo compresor de gases de escape
- 9- Intercambiador de calor de la calefacción
- 10-Sensor de temperatura en la salida de la culata
- 11-Termostato del radiador de aceite del motor
- 12-Deposito de expansión
- 13-Tubería de purga de aire
- 14-Radiador de aceite de la caja de cambios
- 15-Ventilador

⁷ Fuente: Manual Técnico BMW

Cabe mencionar que a diferenciación de los motores de 3 litros de BMW, este motor al ser más potente requiere tanto de una bomba de refrigeración de mayor potencia al igual que un ventilador de mayor potencia. A continuación entenderemos el sistema de refrigeración de agua cuyo esquema es similar al de los motores de 3 litros sin turbo alimentación.

1.6.1 Sistema de refrigeración de agua

La particularidad del sistema de refrigeración de este motor se encuentra en que podemos regular la potencia frigorífica en función a la carga del motor esto activando los siguientes componentes:

- Bomba eléctrica de refrigerante
- Ventilador eléctrico
- Termostato de campo característico

En cuanto a la bomba eléctrica de refrigerante estamos hablando de una electrobomba centrífuga de 400w de potencia y un caudal máximo de 9000 l/h. A continuación encontramos un grafico descriptivo de este componente

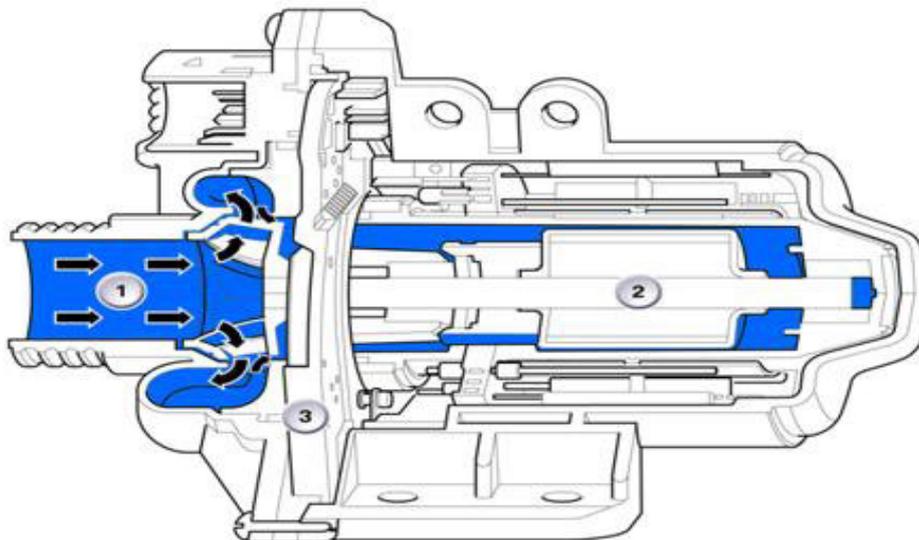


Figura 1.7 Bomba Eléctrica de Refrigerante⁸

1-Bomba

2- Motor

3- Componente eléctrico

⁸ Fuente: Manual Técnico BMW

La potencia del motor eléctrico con contador hidráulico es regulada electrónicamente por medio del componente electrónico (3) de la bomba. El componente electrónico está unido al dispositivo de mando del motor DME por medio de la interfaz de datos serial por bits (BSD). El dispositivo de mando del motor determina la potencia frigorífica necesaria a partir de la carga del motor, del tipo de carga y de los datos del sensor de temperatura. Basándose en dichos datos, el dispositivo de mando del motor transmite a la electrobomba de líquido refrigerante la demanda correspondiente. La electrobomba de líquido refrigerante regula automáticamente su régimen de revoluciones de acuerdo con dicha demanda. El refrigerante del sistema atraviesa el motor de la bomba de refrigerante. De este modo pueden refrigerarse tanto el motor como el componente electrónico. Los rodamientos de la bomba eléctrica de refrigerante se lubrican con el refrigerante. A continuación podemos apreciar el gráfico descriptivo del termostato de diagrama característico.

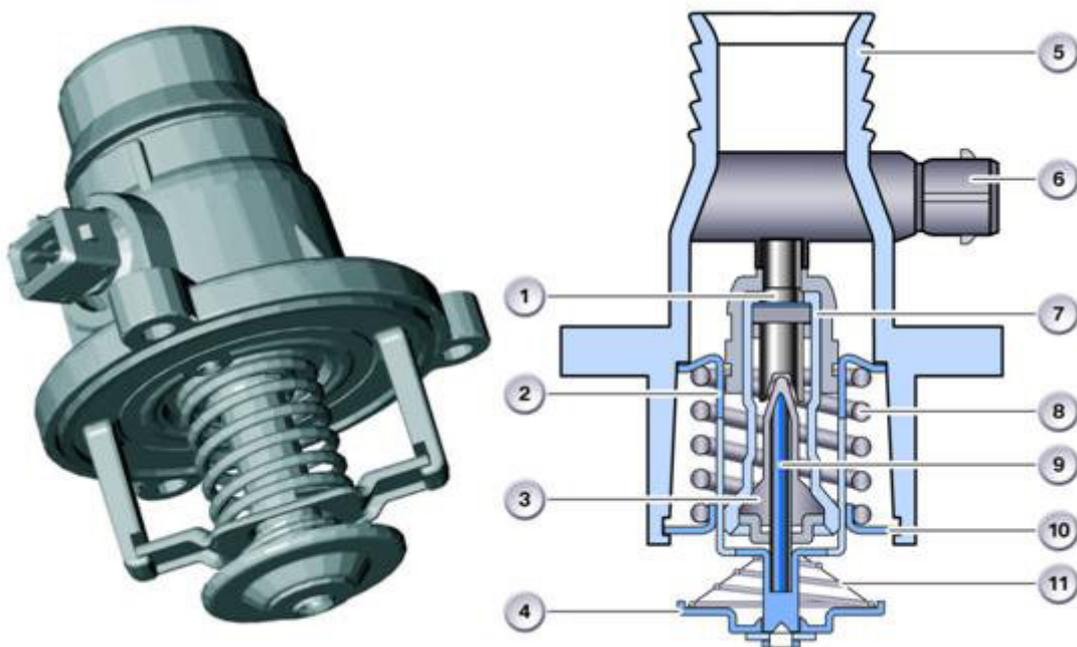


Figura 1.8 Termostato de Diagrama Característico⁹

- 1- Resistencia térmica
- 2- Válvula principal
- 3- Pieza insertada de elastómero
- 4- Válvula de derivación

⁹ Fuente: Manual Técnico BMW

- 5- Carcasa
- 6- Conectores
- 7- Carcasa del elemento de trabajo
- 8- Resorte principal
- 9- Embolo de trabajo
- 10-Traviesa
- 11-Válvula de derivación

Dado que una administración inteligente del calor en función de la temperatura del motor influye sobre el consumo de combustible, las emisiones de contaminantes, la potencia y el confort, se ha desarrollado este termostato del campo característico para lograr dicha administración inteligente del calor. Existe una resistencia térmica calefactada eléctricamente en el material dilatante del elemento de trabajo. De este modo el material dilatante no se calienta ya sólo por el paso de líquido refrigerante que fluye sino que más bien puede ser calefactado "artificialmente", lográndose así el efecto ante temperaturas más bajas que de otro modo no provocarían ninguna reacción.

El control del elemento calefactor se hace cargo del sistema de control del motor por medio valores los cuales son, carga del motor, número de revoluciones del motor, velocidad de marcha, temperatura de aire de aspiración y temperatura de líquido refrigerante.

De esta manera es posible ajustar una mayor temperatura del líquido refrigerante en el rango de carga parcial del motor. Con unas temperaturas de servicio más elevadas en el rango de carga parcial se busca una mejor combustión, lo que tiene como consecuencia un menor consumo de combustible y unas reducidas emisiones de gases de escape. En el rango de plena carga, en cambio, unas temperaturas de servicio elevadas pueden conllevar ciertos inconvenientes. Por esta razón, en el rango de plena carga y con ayuda del termostato del campo característico, se regulan unas temperaturas intencionadamente más bajas del líquido refrigerante. Esta regulación mediante el campo característico también depende de un ventilador eléctrico, el cual puede ser activado por el sistema de control del motor

1.6.2 Sistema de refrigeración de aceite

En algunos modelos de vehículos se utiliza un sistema de refrigeración de aceite para sistema como el aceite de motor o de la caja de cambios, incluso en el sistema de la dirección hidráulica

Éstos se montan cuando la pérdida del calor resultante no se puede expulsar a través de la superficie del cárter del aceite o la carcasa, de tal modo que se pueden sobrepasar las temperaturas del aceite permitidas. Para la refrigeración del aceite se emplean radiadores de aceite y de aire o incluso intercambiadores de calor con el radiador aceite/líquido refrigerante/aire realizados en aluminio

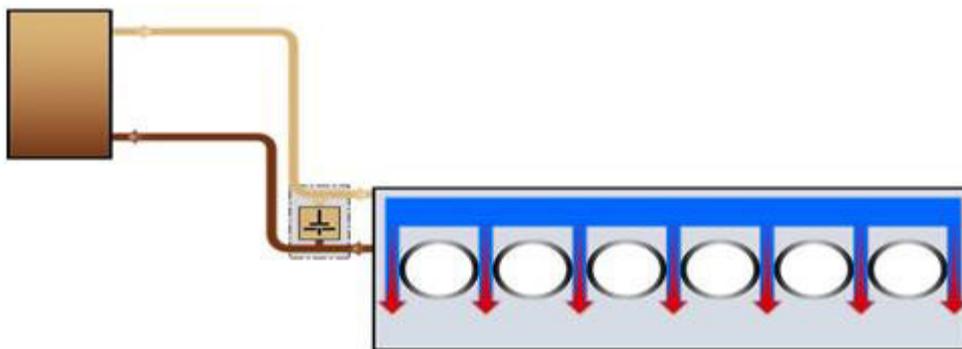


Figura 1.9 Sistema de Refrigeración de Aceite¹⁰

El motor N54 está equipado con un potente radiador de aceite del motor. La bomba de paletas oscilante impulsa el aceite desde el cárter de aceite hasta el filtro de aceite. En la carcasa del filtro de aceite hay un termostato abridado que da vía libre al aceite hasta el radiador de aceite del motor. El radiador de aceite del motor va montado en el pasarruedas derecho.

El termostato puede reducir la resistencia que se presenta al aceite habilitando un cortocircuito entre el avance y el retorno del radiador del aceite del motor. De este modo se garantiza un calentamiento más rápido y seguro del motor.

¹⁰ Fuente: Manual Técnico BMW

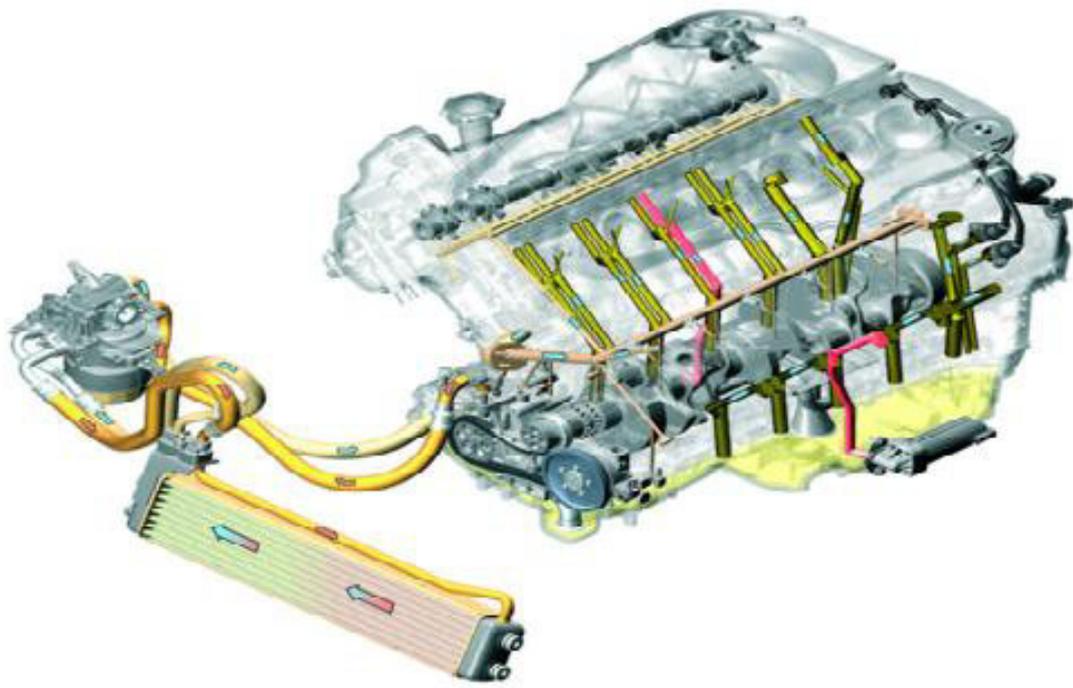


Figura 1.10 Conductos de Refrigeración de Aceite¹¹

¹¹ Fuente. Manual Técnico BMW

CAPITULO 2. INYECCION DIRECTA DE GASOLINA

En este capítulo buscaremos comprender como funciona la última evolución en cuanto a sistemas de inyección a gasolina se refiere

2.1. INYECCION DIRECTA DE GASOLINA BMW

El último avance tecnológico en cuanto a inyección de gasolina se refiere se encuentra en el sistema de inyección directa HPI (High Precision Injection) a continuación entenderemos el funcionamiento completo de este sistema.

La inyección directa se puede traducir en menor consumo, menor emisiones los objetivos de la misma son la adaptación de la inyección y la preparación de la mezcla, lograr una composición de la mezcla adaptada al estado de carga y funcionamiento del motor. Ya en la práctica el resultado de este tipo de inyección frente a su predecesor que inyectaba combustible en el múltiple de admisión, podemos ver las ventajas como, la mejora en la capacidad de respuesta, el incremento de potencia y par motor en todo margen de revoluciones y la considerable reducción de consumo y emisión de gases.

Cuando hablamos de inyección directa de combustible la podemos encontrar en dos formas de formación de mezcla la una estratificada y la otra homogénea. Las cuales se ven diferenciadas en cuanto al consumo de combustible y emisión de gases de escape. Estos dos tipos varían según el requerimiento de funcionamiento por ejemplo al encontrarse a carga media con requerimientos de mezcla pobre se utilizaría la inyección estratificada.

La inyección directa aumenta el rendimiento del motor en un 10 por ciento, esto mediante la ventaja de formar la mezcla en el interior de la cámara de combustión, a diferencia de la inyección convencional la cual forma la mezcla antes de ingresar en la cámara de combustión causando que se pierda energía calorífica durante la volatilización, en la inyección directa debido a este efecto puede mejorar el comportamiento de picado lo que permite que se pueda aumentar la relación de compresión. Dicho de otra manera al tener un combustible a menor temperatura en la cámara de combustión podemos controlar mejores las detonaciones lo que permite aumentar la relación de compresión lo que claramente se traduce en efectividad del motor.

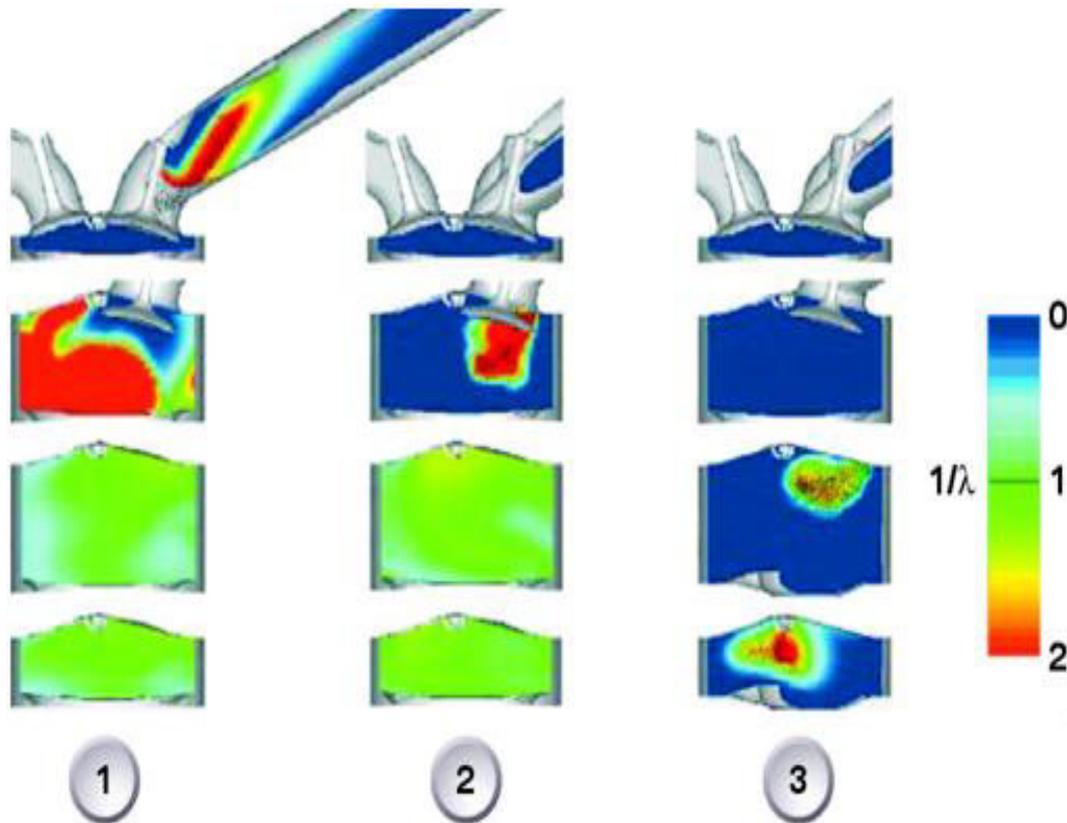


Figura 2.1 Inyección en el Cilindro¹²

- 1- Inyección en el colector de admisión
- 2- Inyección directa homogénea
- 3- Inyección con servicio estratificado

El procedimiento empieza en el interior de la cámara de combustión la presión de combustible puede llegar hasta 200 bares, el ángulo de chorro y la conicidad de los inyectores se ha optimizado para lograr una homogeneización óptima en todo funcionamiento. El combustible inyectado recibe una turbulencia en la cual influye mucho la forma del pistón, esta rotación genera una nube de combustible en forma de cono. Todo esto consigue una fina pulverización que permite una evaporación más rápida del combustible. Al evaporarse el combustible se extrae el calor necesario del aire y se enfría. De esta forma se reduce el volumen de la carga de los cilindros y con la válvula de admisión abierta se aspira más aire y se mejora el llenado de los cilindros.

¹² Fuente: Manual Técnico BMW

En los motores con inyección indirecta de combustible y en especial durante el proceso de arranque y calentamiento del motor, queda depositado en las paredes y las válvulas, combustible que no se puede quemar, esto da lugar a necesidad de más combustible para la combustión en especial en esta fase del motor. En inyección directa de gasolina al arrancar el motor la inyección no sucede hasta poco antes de finalizar el ciclo de compresión en la cavidad del pistón moldeada específicamente. Esta cavidad en el pistón garantiza que el combustible entre directamente en las bujías, así se forma alrededor una capa que genera una mezcla inflamable.

Una vez arrancado el motor, la gestión del motor pasa a fase de calentamiento del catalizador. Para ayudar al catalizador a alcanzar la temperatura necesaria con la mayor rapidez posible, poco antes del ciclo de compresión se efectúa con las válvulas de admisión cerradas una segunda inyección en la cavidad del pistón y además se retarda el encendido de esta forma se aumenta la temperatura de escape.

En el margen de carga superior siempre se lleva a cabo una inyección doble hasta una régimen de revoluciones medio (aproximadamente 3500 rpm), la cantidad de inyecciones puede llegar a ser triple en el tiempo de admisión según las necesidades. La cantidad de aire necesaria para la combustión se divide en dos o tres procesos de inyección consecutivos. En el margen de carga superior las dos inyecciones se realizan durante el ciclo de admisión con válvulas de admisión abiertas favoreciendo así un consumo reducido de combustible gracias a una mejor homogenización.

Cabe mencionar que para lograr llegar a este alto grado de precisión de inyección que necesita el sistema de control sea muy preciso, que determine el número y tiempos de inyecciones dentro de la cámara de combustión. Estas nuevas unidades de mando incorporación un sistema electrónico que abre los inyectores a voltajes hasta los 160 voltios. El sistema HPI está compuesto de los siguientes componentes como podemos apreciar en la figura 2.2 en la siguiente hoja.

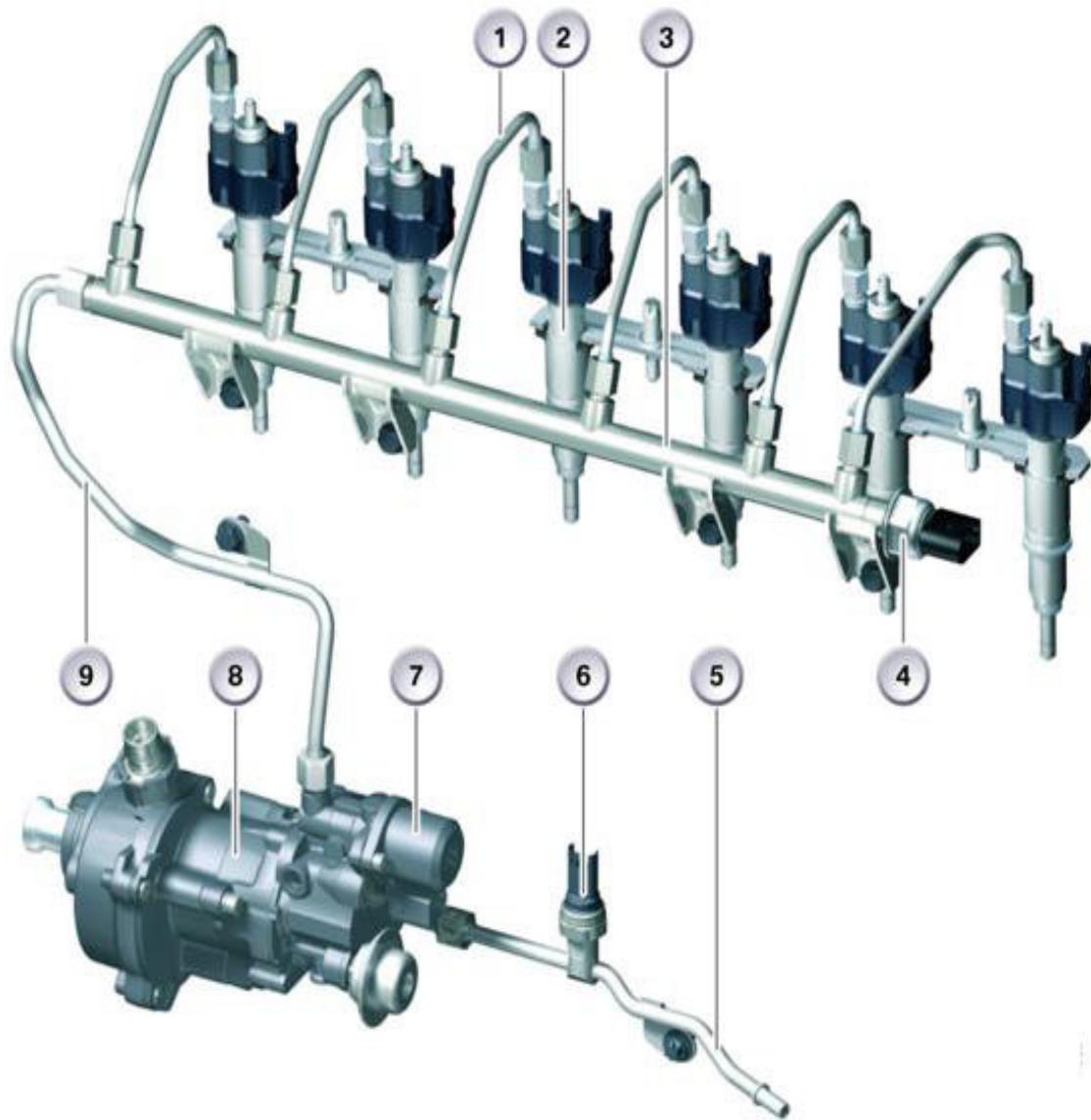


Figura 2.2 Sistema de HPI¹³

- 1- Conducto de alta presión (Riel – Inyector)
- 2- Inyector piezoeléctrico
- 3- Riel
- 4- Sensor de alta presión
- 5- Conducto de alimentación (electrobomba de combustible)
- 6- Sensor de baja presión
- 7- Válvula de control de caudal
- 8- Bomba de alta presión de tres émbolos
- 9- Conducto de alta presión (Bomba- Riel)

¹³ Fuente: Manual Técnico BMW

Este sistema funciona de siguiente manera. Primero la gasolina es llevada al sistema de alta presión por medio de la electrobomba de combustible la cual es accionada por un modulo, este modulo EKP entre otras recibe la señal del sensor de baja presión para mantener la presión hasta 5 bares en el sistema de baja presión. La electrobomba envía caudal según los requerimientos del sistema de alta presión determinada por la unidad de mando de inyección DME la cual envía la señal a un modulo secundario EKP el cual varia el caudal en el sistema de baja presión. En caso de fallo en el sistema la electrobomba de combustible enviara el 100% del caudal para cuidar el sistema de alta presión.

Dentro la bomba de alta presión comprime combustible mediante sus tres émbolos accionados permanentemente, luego fluye hacia la riel, los conductos y finalmente hasta los inyectores. La presión necesaria en el sistema es determinada en base a la carga y el número de revoluciones del motor. La presión que se mantiene en el sistema es monitoreado por la unidad de inyección DME mediante el sensor de presión en el riel. La regulación de la presión la realiza la válvula de control de caudal mediante señales enviadas desde la DME.

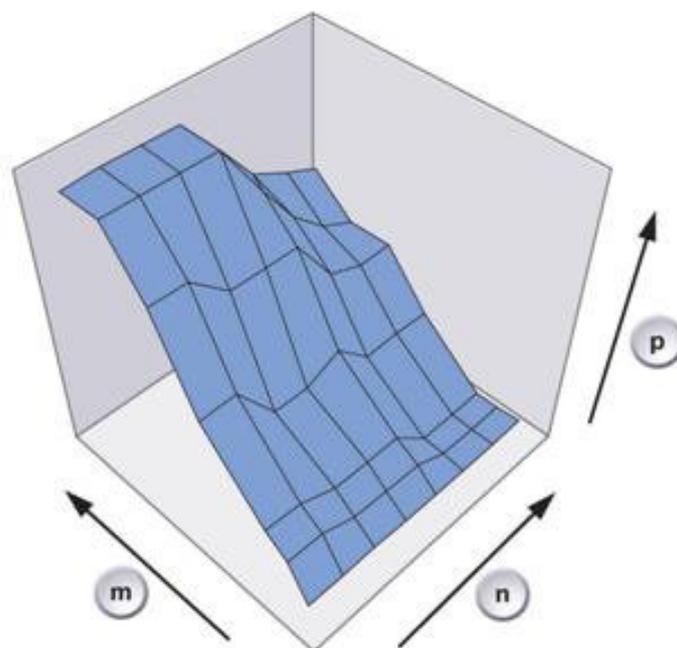


Figura 2.3 Grafico de Presión¹⁴

¹⁴ Fuente: Manual Técnico BMW

M. Carga del motor

N. Número de revoluciones

P. Presión

El dimensionamiento de la presión se realiza buscando la optimización del consumo de combustible y la suavidad de marcha del motor. Dentro del sistema se llega a su presión máxima (200 bares) a plena carga y con un régimen de revoluciones bajo.

2.2 Componentes y Funciones

Comenzaremos con la bomba de alta presión el cual es uno de los elementos más importantes del sistema.

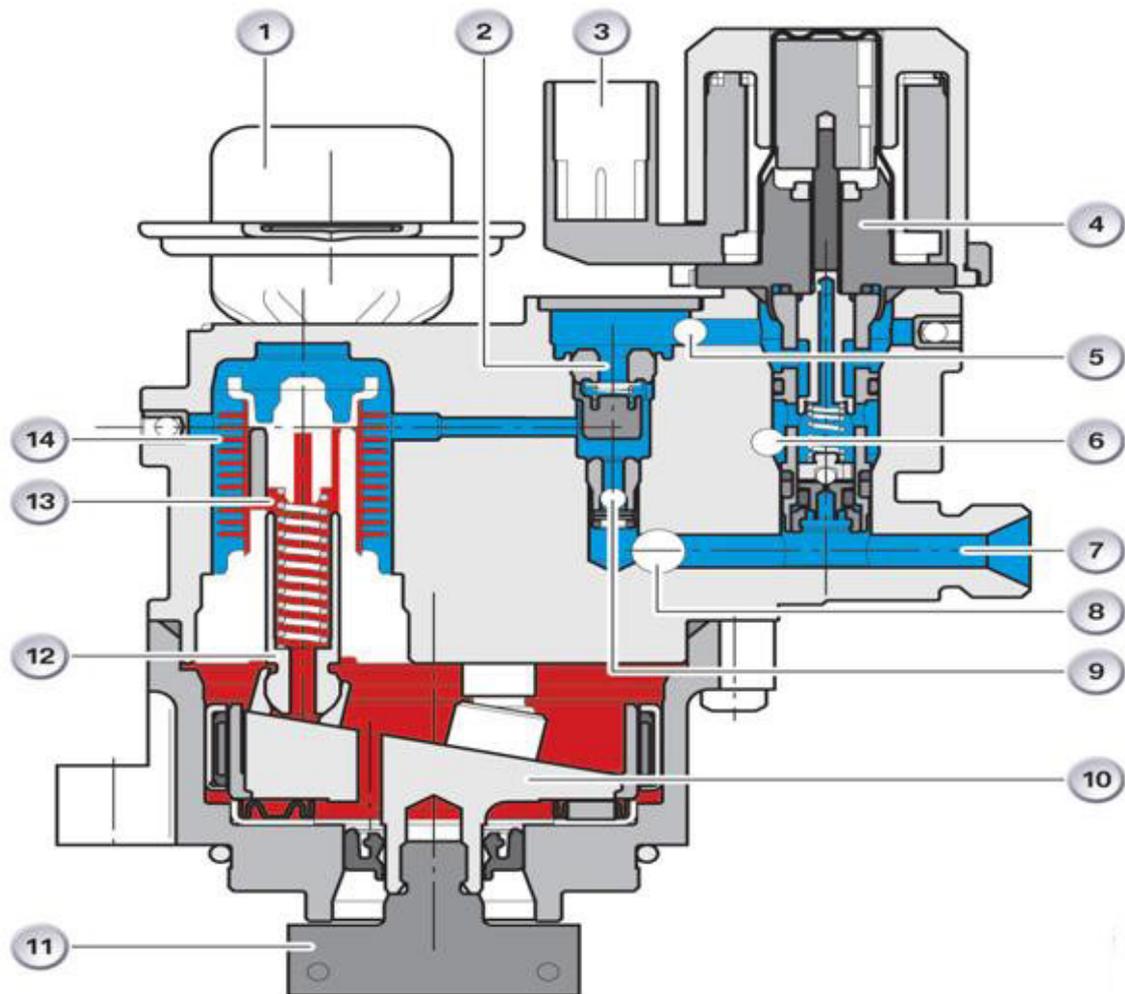


Figura 2.4 Bomba de Alta Presión¹⁵

¹⁵ Fuente: Manual Técnico BMW

1. Compensador Térmico
2. Válvula de retención de baja presión x3
3. Conexión de sistema de control del motor
4. Válvula de control de caudal
5. Retorno de la válvula de limitación de presión
6. Admisión de electrobomba de combustible
7. Conexión de alta presión al raíl
8. Admisión en la válvula de limitación de presión
9. Válvula de retención de alta presión x3
10. Disco oscilante
11. Brida de accionamiento de bomba de alta presión
12. Émbolos de presión x3
13. Admisión de aceite de la bomba de alta presión
14. Cámara de combustible x3

El combustible es impulsado a través de la admisión (6) con la presión previa establecida por la electrobomba de combustible hasta llegar a la bomba de alta presión. Desde allí el combustible es conducido a través de la válvula de control de caudal (4) y de la válvula de retención de baja presión (2) hasta la cámara de combustible (14) del elemento de bombeo. En dicho elemento de bombeo el combustible es sometido a presión y propulsado a través de la válvula de retención de alta presión (9) hasta la conexión de alta presión (7). La bomba de alta presión está conectada a la bomba de baja presión por medio de la brida de accionamiento (11) y es accionada así también por el mecanismo de cadenas. Ello significa que en cuanto el motor se pone en funcionamiento, los tres émbolos impelentes de presión (12) entran en un movimiento de embolada permanente por medio del disco oscilante (10). De este modo el combustible está a presión mientras se siga impulsando más combustible a través de la válvula de control de caudal (4) hasta la bomba de alta presión. La válvula de control de caudal es activada a través de la conexión con el sistema de control del motor (3), dando paso así al caudal necesario de combustible. La regulación de la presión se realiza por medio de la válvula de control de caudal mediante la apertura o cierre del canal de admisión de combustible.

La presión máxima en la zona de alta presión está limitada a 245 bar. Si se supera dicha presión, el circuito de alta presión cuenta con una válvula de limitación de presión a través de las conexiones (8 y 5) que da paso a la zona de baja presión. Debido al carácter incompresible del combustible dicha regulación de la presión se realiza sin problemas. Ello quiere decir que el combustible no varía su volumen conforme aumenta la presión. Los picos de presión producidos son compensados mediante la introducción en la zona de baja presión de un volumen de líquido proporcional. Las diferencias de temperatura permiten compensar las variaciones de volumen producidas en el compensador térmico (1) conectado a la admisión de aceite de la bomba.

En el siguiente grafico también podemos apreciar la generación de presión en el elemento de bombeo

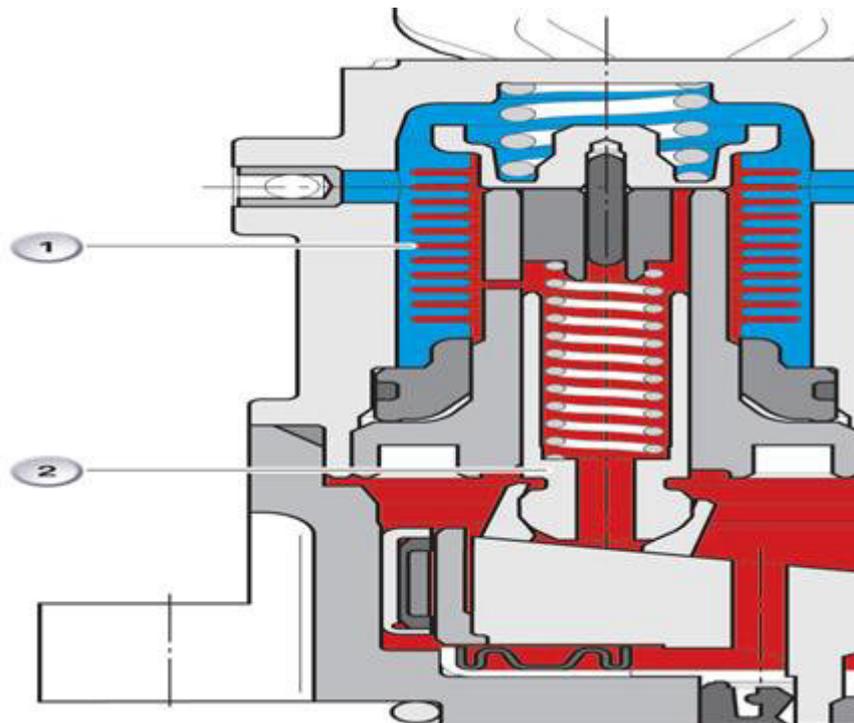


Figura 2.5 Elemento de Bombeo¹⁶

1. Membrana metálica
 2. Embolo de presión
- Azul. Combustible
Rojo. Admisión de aceite

¹⁶ Fuente: Manual Técnico BMW

El émbolo de presión accionado por el disco oscilante (2) comprime aceite (rojo) durante su movimiento de ascenso contra la membrana metálica (1). El aumento de volumen originado en la membrana metálica reduce el espacio disponible en la cámara de combustible. El combustible sometido así a presión (azul) es obligado así a pasar al raíl. La válvula de control de caudal regula la presión del combustible en el raíl. Ésta es activada mediante una señal de amplitud de impulsos (PWM) desde el sistema de control del motor. Dependiendo de la señal de activación se deja abierta una sección de estrangulación de apertura variable ajustándose así el caudal de combustible necesario para el correspondiente nivel de carga.

El inyector también es un componente fundamental en el sistema, en cuanto a los avances tecnológicos a cambiado bastante para lograr cumplir dentro del sistema de alta presión. En el pasado este sistema no era posible debido principalmente a este componente, gracias a el, motor logra su gran eficiencia. Este inyector es piezoeléctrico y su apertura se realiza hacia el exterior. Su gran velocidad y resistencia a la temperatura y presión son las principales ventajas del mismo.



Figura 2.6 Cámara de Combustión¹⁷

El inyector se encuentra ubicado junto a la bujía entre las válvulas de admisión y escape, la ventaja de esta ubicación es que evita la humectación de las paredes de los cilindros o el fondo del embolo con el combustible inyectado.

¹⁷ Fuente: Manual Técnico BMW

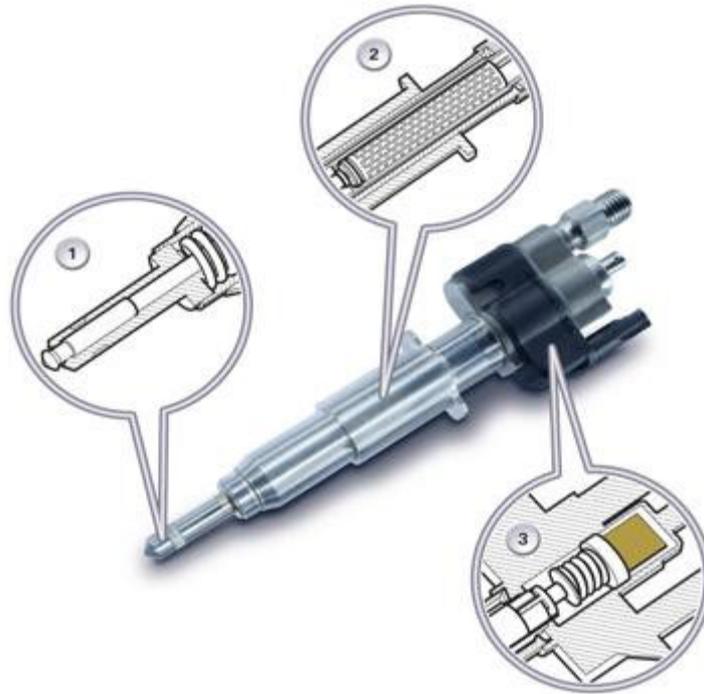


Figura 2.7 Inyector Piezoeléctrico¹⁸

1. Aguja del inyector abierta al exterior
2. Elemento piezoeléctrico
3. Compensador térmico

La aguja del inyector es levantada hacia afuera de su asiento en la válvula gracias a la dilatación del elemento piezoeléctrico, debido a las variadas temperaturas a la que está sometido el inyector cuenta con un compensador térmico.

El ángulo del chorro al que inyecta el inyector es muy importante ya que durante su funcionamiento y debido a la temperatura podría abrirse un poco más esto estaría dentro de lo normal, en caso de abrir mucho este ángulo podría llegar a humectar la bujía y causar daños en la misma.

Cabe mencionar en cuanto al tamaño de estos inyectores piezoeléctricos, que sus dimensiones son similares a los inyectores diesel para inyección directa en la cámara de combustión o sistemas common raíl, tanto así que en el caso de este inyector mide de largo 19 centímetros.

¹⁸ Fuente: Manual Técnico BMW

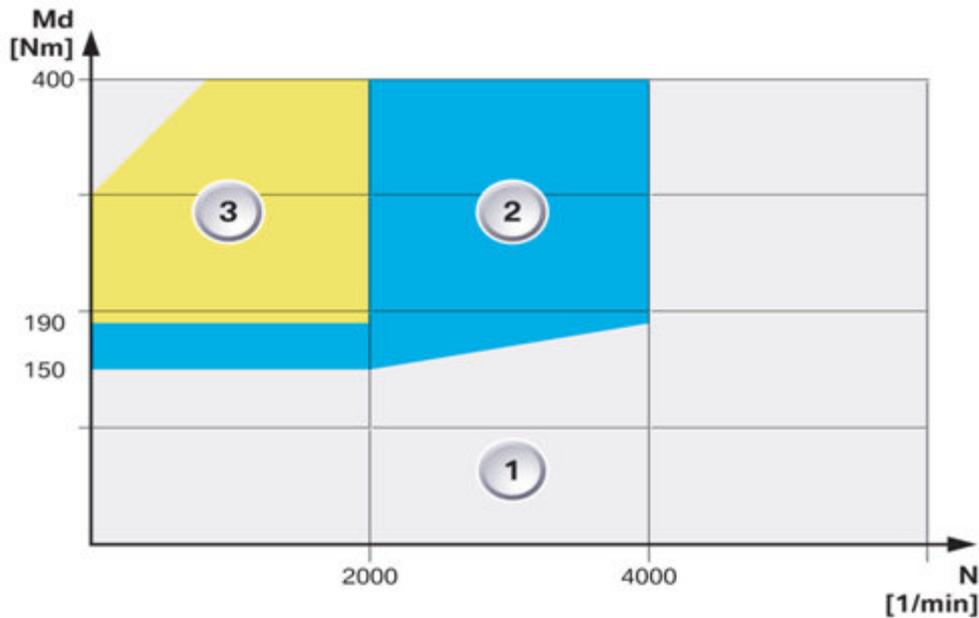


Figura 2.8 Grafico de Inyección¹⁹

1. Inyección única
2. Inyección doble
3. Inyección triple

La inyección de la cantidad de combustible necesaria para la situación concreta de funcionamiento puede llegar a exigir hasta 3 inyecciones, esto dependerá tanto de la carga del motor como del número de revoluciones como lo podemos ver en el gráfico. De la misma manera podemos apreciar que un régimen de bajas revoluciones y plena carga llegamos a las tres inyección lo que se traduce en mayor eficiencia del motor. La temperatura a la que puede trabajar varía entre los -30 y 140 grados centígrados.

Los inyectores no se abren su aguja para inyectar mediante un bobina como es común en la inyección indirecta sino que en su interior están compuestos con un material piezoeléctrico o dicho de otra forma este elemento es un convertidor mecánico, este material cerámico cumple la función de transformar la energía eléctrica en energía mecánica. Debido a que el recorrido que puede dilatarse el material es muy corto, lo que se hace es ubicar varias capas de este material dispuestas mecánicamente en serie y eléctricamente en paralelo.

¹⁹ Fuente: Manual Técnico BMW

Esto ocurre bajo la adaptación del material y mientras más tensión se la aplique mas recorrido tendrá.

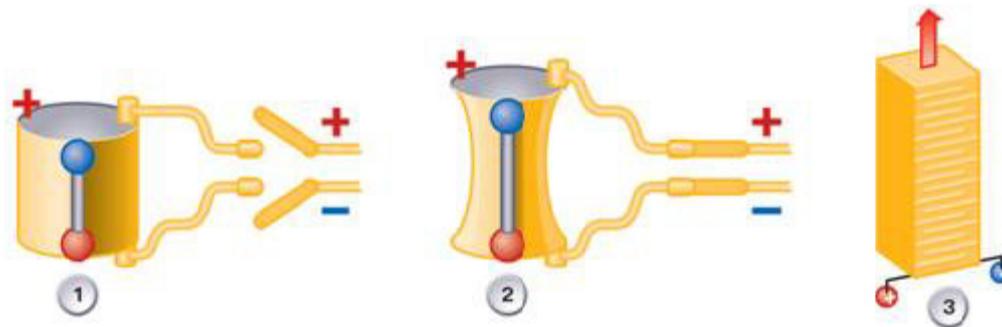


Figura 2.9 Elemento Piezoeléctrico²⁰

1. Cristal piezoeléctrico sin paso de corriente
2. Cristal piezoeléctrico con paso de corriente
3. Estructura estratificada del elemento piezoeléctrico

Durante la fabricación de los inyectores, en determinados puntos se registran distintos datos de edición. De este modo se determinan los intervalos de tolerancia para el ajuste cuantitativo del inyector y se indican en una combinación numérica de seis cifras. Se incluyen informaciones sobre el comportamiento de ascensión del inyector para el ajuste de la tensión del inyector. El ajuste del inyector es preciso debido a los distintos requerimientos de tensión de cada actuador piezoeléctrico. A continuación se realiza una asignación atendiendo a distintas clases de requerimientos de tensión, algo relacionado con la combinación numérica registrada en el inyector. Estos datos son transferidos al dispositivo de mando. Durante el funcionamiento del motor estos valores se emplean para la compensación de divergencias en el comportamiento de dosificación y de conexión. Las ventajas de los inyectores piezoeléctricos frente a los de bobinas inductoras recae principalmente en sus mejoradas opciones para la inyección múltiple con cambio de marcha rápido y con sus tiempos muertos muy breves. La duración de apertura y cierre varía entre 100 a 200 microsegundos

El inyector deposita el combustible necesario en la cámara de combustión según su necesidad para cada situación de funcionamiento, esta cantidad lo hace tomando en cuenta tres magnitudes. La presión en la riel, el tiempo de

²⁰ Fuente: Manual Técnico BMW

apertura del inyector y la elevación de apertura del inyector. La duración de la apertura y la carrera de apertura están definidas por la electrónica digital del motor.

La unidad de mando también es parte de estos cambios. No solo la gran velocidad de en cuanto a transmisión con esto me refiero al triple de su capacidad de sus predecesores sino también una capacidad de almacenamiento del 65% mayor. Las necesidades a las que se ven sometidas estas unidades de mando precisan muchas más funciones y un procesamiento de datos mucho más rápido. La gran potencia de computación se necesita sobre todo para el control de los inyectores en la inyección múltiple y los numerosos campos característicos de datos. Para abrir los inyectores de alta presión la unidad de control los activa a través de conexiones a masa. Además la unidad de control tiene un convertidor de corriente DC/DC de 12 voltios y 160 voltios, sin embargo puede llegar hasta 190 voltios, este voltaje es necesario para abrir los inyectores, en la zona de los convertidores de tensión se puede llegar a tener altas temperaturas por lo cual este calor se disipa a través de la carcasa de aluminio de la unidad de mando. Además en la platina de la unidad de mando se encuentran tres sensores, uno de temperatura que se utiliza para el cálculo térmico de los componentes de la unidad de mando, otro de presión ambiente que es necesario para el cálculo de composición de la mezcla y finalmente un sensor de tensión que controla la alimentación.

Para el transporte adecuado existe un sensor de baja presión de combustible el cual envía una señal de tensión a la unidad de mando principal DME. La presión del sistema (baja presión de combustible) se determina con el sensor de baja presión de combustible ubicado antes de la bomba de alta presión. En la DME siempre se compara la presión teórica con la presión real. Si hay una desviación entre la presión teórica y la presión real, la DME incrementa o disminuye la tensión para la electrobomba de combustible, que se envía mediante mensaje dentro de una conexión de fibra óptica, a la unidad de mando de la electrobomba recibe el mensaje y la convierte en tensión de salida para la electrobomba de combustible, de esta manera se regula la presión necesaria para el motor.

El sensor de presión en el riel mide la presión actual del combustible en el riel, la presión de combustible llega a la membrana de este elemento con sensor, la deformación de la membrana se convierte en una señal eléctrica gracias al elemento sensor. La conexión de evaluación prepara la señal y transmite una señal de tensión análoga a la electrónica del motor. La señal de tensión se incrementa a medida que aumenta la presión del combustible.

CAPITULO 3. ELABORACION DE LA MAQUETA DESCRIPTIVA

EN UN MOTOR N54 BMW

En este capítulo describiremos la elaboración de maqueta al igual que las funciones para las cuales fue diseñada. En esta maqueta hubo q realizar varios ajustes para lograr su funcionamiento optimo, estas soluciones estarán presentadas a continuación. Finalmente en este capítulo revisaremos la inyección directa de gasolina en términos prácticos

3.1 ELABORACION

Este motor proviene de un vehículo BMW 135i, este motor se encontraba remordido aparentemente por falta de lubricación ya que rodo por varios kilómetros con una fuga importante de aceite proveniente del radiador de aceite. Los pasos que seguimos fueron los siguientes.

3.1.1 Revisión y localización de daños

Este proyecto comenzó con un motor remordido el cual no giraba. Al abrirlo se evidenciaba limalla en el aceite del vehículo, después de retirar la tapa de válvulas no se encontraba ningún defecto, no había daño en los arboles de levas. Desmontamos el cabezote, verificamos las válvulas las mismas que estaban en buen estado, los pistones tampoco parecían averiados aunque estaban trabados.



Figura 3.1 Vista del Cabezote



Figura 3.2 Vista del Block

Retiramos el block del motor donde se pudo comprobar el daño. Las chaquetas de la bancada del cigüeñal se encontraban en muy mal estado. Al retirar el cigüeñal se pudo efectivamente confirmar que el daño provino de las chaquetas, estas se encontraban remordidas por falta de lubricación.



Figura 3.3 Vista del Cigüeñal

3.1.2 Limpieza y corte del motor

Después de desmontar totalmente el motor para poder limpiarlo ya que este se encontraba totalmente lleno de limallas procedimos a realizar los cortes en el block del motor para poder visualizar los pistones y la cámara de combustión. Realizamos los mismos cortes tanto en el cárter de aceite como en la tapa de válvulas para poder apreciar los componentes del motor. Esto lo hicimos con una amoladora una sierra de metal y lijas para la textura final. Este proceso demoro varias semanas.



Figura 3.4 Herramientas de Corte



Figura 3.5 Corte en el Block



Figura 3.6 Corte en el Cáster de Aceite



Figura 3.7 Tapa de Válvulas antes de ser Cortada

3.1.3 Estructura de soporte para motor

Tuvimos que armar un soporte para sostener la maqueta y el motor para ello había que tomar en cuenta el peso del motor el cual es de 147 kg. Para este soporte utilizamos tubos de hierro de 3mm de espesor los cuales fueron soldados con suelda eléctrica y los electrodos 60 11 para fundir y penetrar, y 70 18 para acabados, los cuales están en el grafico inferior



Figura 3.8 Electrodos

De esta manera y para soportar el peso del motor se dispuso que el soporte este distribuido como se lo puede apreciar en el grafico a continuación. Después de soldar los tubos se procedió a pintar para obtener una mejor imagen. Además este soporte brinda la opción de girar sobre su eje horizontal en caso de ser necesario sin embargo debido a la función principal para la cual fue diseñado y debido a las conexiones eléctricas es preferible no hacerlo.



Figura 3.9 Soporte de Motor

Para soportar el peso del motor soldamos una placa de 10 mm del mismo material y realizamos huecos para que sujeten desde el motor. Para calcular la fuerza que debe resistir la placa que sujeta el motor y el soporte.

Buscamos el momento utilizando la formula

$N = F \times d$ (donde: N= momento, F=peso del motor, d=distancia desde el soporte hasta el punto de gravedad)

Por lo tanto $N = 147 \text{ kg} \times .20 \text{ m} = 29.40 \text{ kgm}$

Después calculamos T el cual es valor de tolerancia del corte. Cuya fórmula es $T = N r / J$ (donde: r= es el radio del soporte, J= momento de inercia)

Para despejar J usamos la formula $J = \frac{\pi d^2}{32}$ cuyo resultado sale $J = 0.000628 \text{ m}$

De tal manera q despejando $T = 147 \text{ kg} \times 0.04 \text{ m} / 0.00628 \text{ m} = 936.30 \text{ kgm}$



Figura 3.10 Base de Sujeción para Motor

Después de esto colocamos ruedas en el soporte para que tenga fácil movilidad las cuales están diseñadas para aguantar un peso de 60 kg cada una por lo que el peso de la maqueta es muy bien tolerado por las mismas.



Figura 3.11 Ruedas en Soporte

3.1.4 Ensamblaje de motor y maqueta

Luego de este proceso volvimos a armar el motor en un soporte para el mismo, pusimos un contenedor de fluidos en su base para que poder botar los fluidos causados por la inyección y colocamos un tanque de alimentación o depósito para alimentar el sistema de combustible.



Figura 3.12 Imagen de Motor Durante Ensamblaje

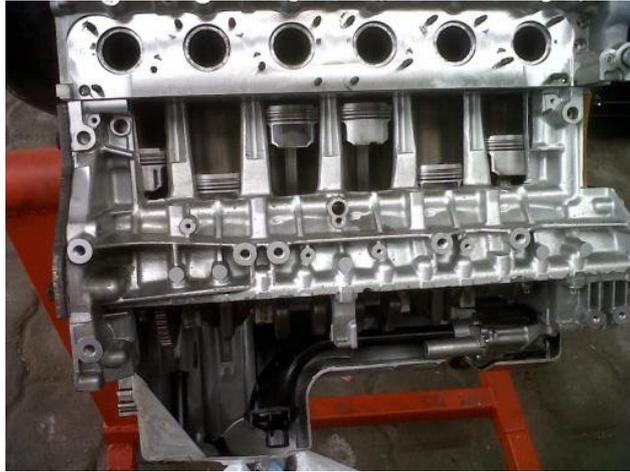


Figura 3.13 Motor sobre Soporte

En el interior del depósito colocamos una bomba de combustible, esta bomba pertenecía a un Porsche Cayenne, se encontraba usada pero la probamos y efectivamente tenía caudal de combustible por lo que la usamos en la maqueta.



Figura 3.14 Bomba de Combustible de Baja Presión

Adquirimos previamente una bomba de alta presión, inyectores de alta presión y las tuberías del sistema. Compramos además cañerías plásticas para realizar una conexión entre la bomba de combustible que se encontraba dentro del depósito de combustible y la toma de admisión de combustible en la bomba de alta presión. Además en esa misma cañería colocamos una T para mediante un manómetro medir la presión del sistema de baja presión.



Figura 3.15 Conexión Hidráulica para Adaptación de Manómetro

Armamos las tuberías y los inyectores de alta presión en el lugar para el cual fueron diseñados, y revisamos q tengan el ajuste adecuado. Después les instalamos conectores a los inyectores para realizar las instalaciones eléctricas.



Figura 3.16 Conectores de Inyectores

Adaptamos una T en el final de riel donde va ubicado el sensor de presión con la finalidad de obtener dos mediciones una del sensor de presión y la otra conectada al manómetro para reconocer a que presión se encontraba el sistema de alta presión en la riel de inyección

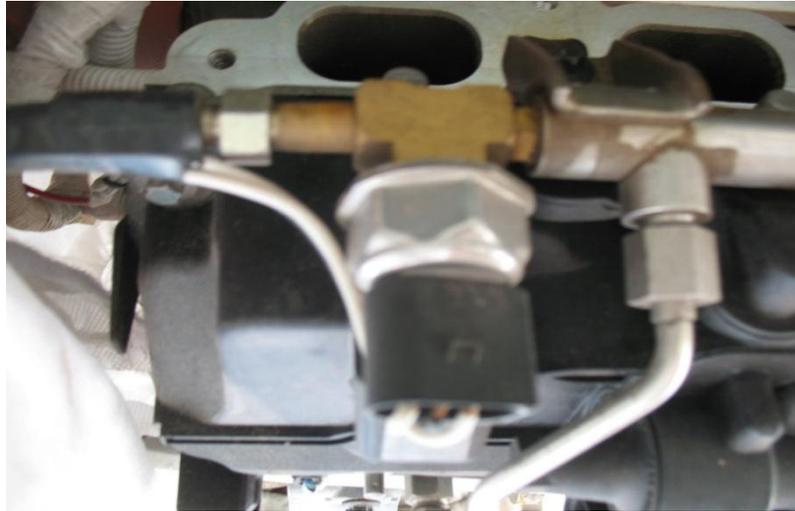


Figura 3.17 Conexión Hidráulica para Manómetro de Alta Presión

3.1.5 Elaboración del sistema eléctrico

Fabricamos módulos de control y los instalamos en la maqueta además de sus respectivas conexiones para sus diversas funciones

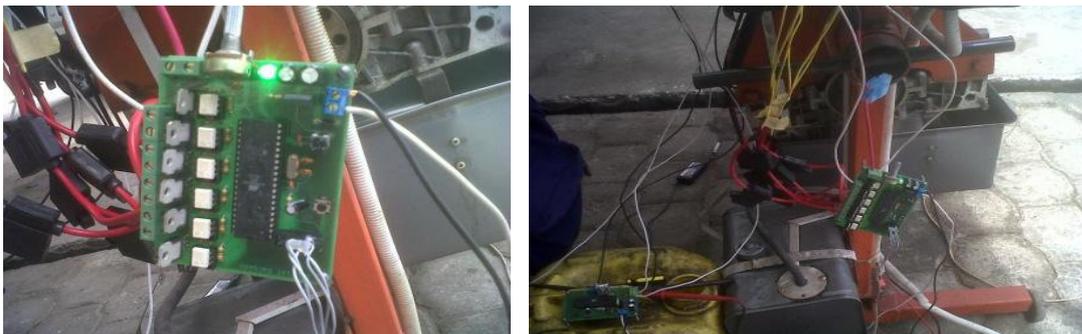


Figura 3.18 Modulos de Control

En cuanto a la realización de los módulos se tuvo que elaborar dos de ellos como muestra el siguiente grafico

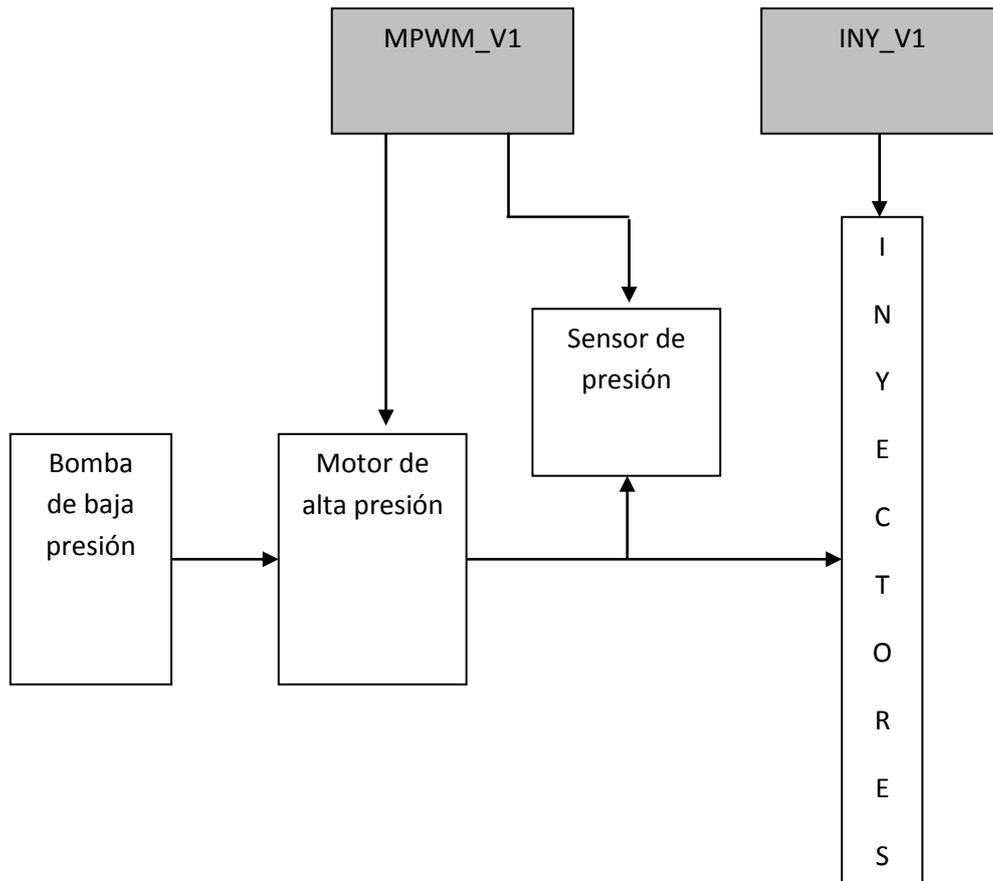
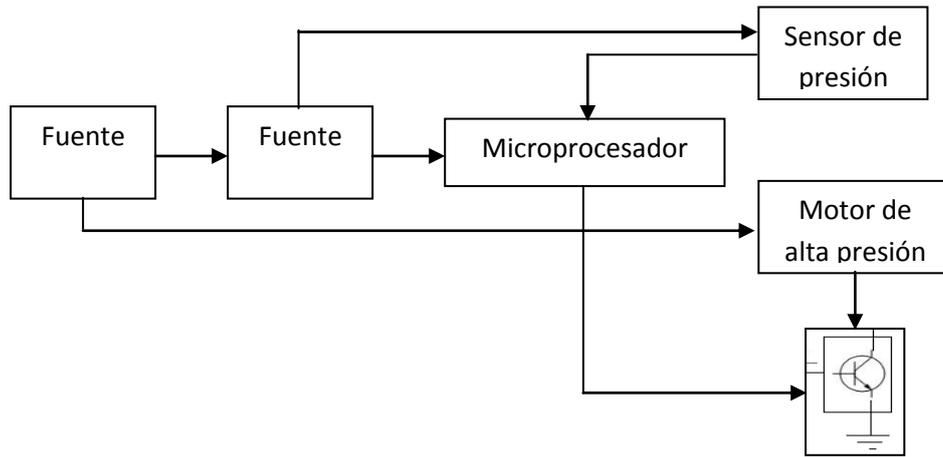


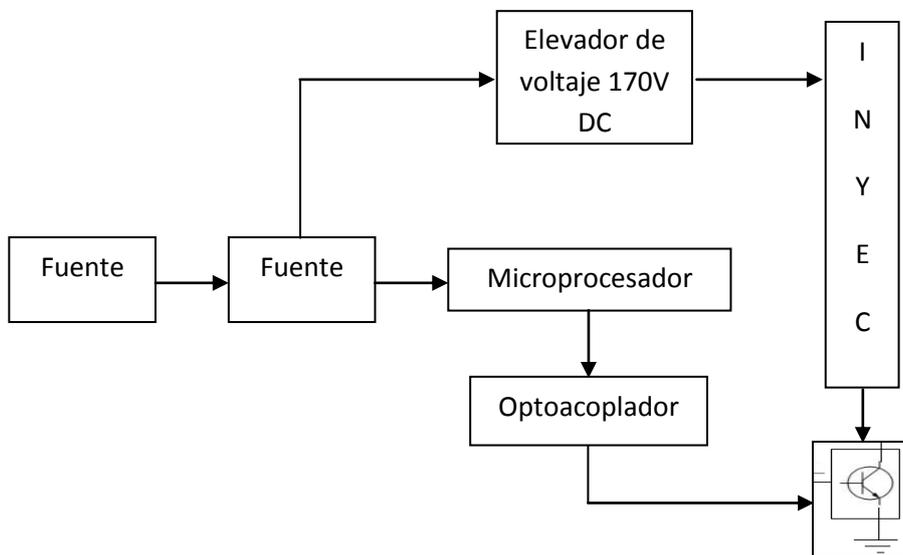
Diagrama esquemático de las placas para control de funciones

El bloque MPWM_V1 es el encargado de manejar a través de modulación por ancho de pulso (PWM) el motor de presión para elevar la presión hasta 60 bares y de chequear el valor del sensor de presión del riel para mantener siempre la presión especificada en el sistema.

El bloque INY_V1 maneja a través de salidas digitales a los opto acopladores de alta velocidad para el disparo de los inyectores, tomando en cuenta la secuencia de encendido de los 6 inyectores. El tiempo de duración del pulso para cada inyector es muy pequeño porque estos inyectores piezoeléctricos por esta razón se dedican un módulo solo para ellos.



Esquema modulo de control para mantener alta presión, Placa MPWM_V1



Esquema de modulo de control para inyectores, Placa INY_V1

El corazón de estos módulos es el microprocesador. Las principales características necesarias para la selección del micro controlador son: conversor análogo-digital, relojes, disponibilidad de pines, y velocidad de procesamiento.

Debido al sensor de presión en el riel, se necesita sensar el valor de la presión para variar la modulación PWM hacia el motor que genera la alta presión. Una de las ventajas es la linealidad del sensor de presión. Esta función se cumple gracias al conversor análogo digital.

Debido a las salidas digitales hacia la electrónica de potencia, la generación de PWM para el motor o de pulsos para los inyectores. Por esto se toma en cuenta la disponibilidad de pines

Tomando en cuenta el corto tiempo de duración del pulso en cada inyector ($1.75\mu\text{s}$) que es algo bastante rápido para los procesadores que hay en el mercado. Por ello otro valor a tomar en cuenta es la velocidad de procesamiento.

Por esta razón y considerando todas las características antes mencionadas se toma la decisión de utilizar el microcontrolador ATMEGA16 de ATMEL, debido a que cumple con las especificaciones y además tiene algunas características adicionales (tamaño, robustez, costo y herramientas gratuitas) que facilitan el desarrollo del prototipo.

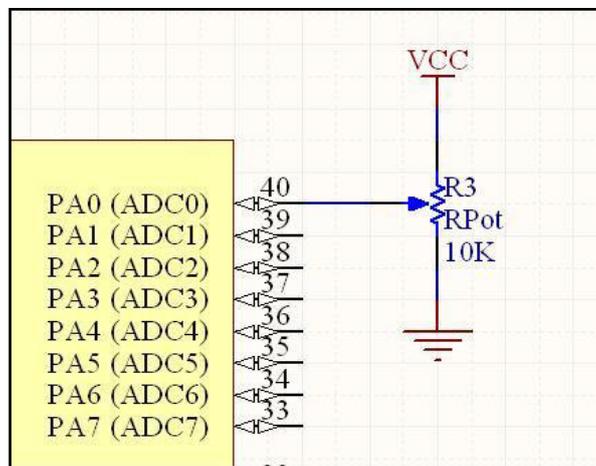
El ATMEGA16 es un microcontrolador de la familia AVR de Atmel, con tecnología RISC (*Reduced Instruction Set*). Ejecuta una instrucción por ciclo de máquina lo que lo hace muy eficiente y rápido, dando una capacidad de 20MIPS (Millones de Instrucciones por Segundo) con un cristal de 20MHz. Entre las principales características tenemos:

- 16 KBytes de memoria Flash. Hasta 10 000 ciclos escritura/borrado
- 1 KBytes de memoria SRAM
- 512 Bytes de memoria EEPROM. Hasta 100 000 ciclos escritura/borrado
- 1 temporizador/contador de 16 bits
- 2 temporizadores/contadores de 8 bits
- Interfaz serial ISP Master/Esclavo
- Fuentes de interrupción interna y externa
- 32 líneas programables de I/O
- Fuente de alimentación desde 4.5V a 5.5V
- Consumo de corriente promedio 0.4mA

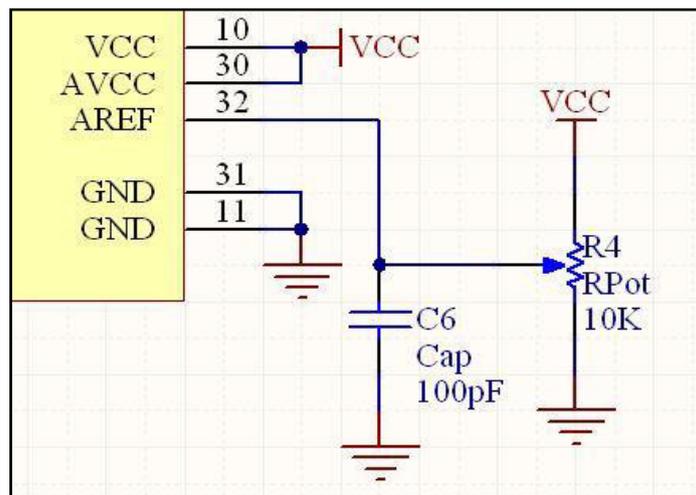
Estas son las características más relevantes, Otra de las ventajas es que posee *In-System Reprogrammable Flash*, para almacenar el programa sin la necesidad de desmontar el microcontrolador de la placa

En cuanto al sensor de alta presión análogo-digital después de la bomba elevadora de presión. Este sensor es lineal y varía entre 0.5V a 4.5V, no necesita de ningún acondicionamiento de la señal debido a que trabaja en el mismo rango que el voltaje del microprocesador. Por esta razón se utiliza como un circuito en lazo cerrado para verificar que la presión que se está generando con el motor de alta sea el adecuado, teniendo en cuenta un menor margen de error.

En la siguiente figura se muestra el circuito para sensar el valor del voltaje del sensor de alta presión.



Circuito de señal del sensor de alta presión



Circuito de referencia del sensor análogo digital

Por cuestiones de seguridad se agrega la referencia analógica del microprocesador:2

$$I_B > \frac{I_C}{\beta} \quad \text{Ecuación 3.2}$$

$$I_B > \frac{1.2\text{mA}}{80}$$

$$I_B > 15\mu\text{A}$$

$$I_B = 4\text{mA}$$

$$R_3 = \frac{V_{R3} - V_{BE}}{I_B}$$

$$R_3 = \frac{V_{R3} - V_{BE}}{I_B}$$

$$R_3 = \frac{5\text{V} - 0.7}{4\text{mA}}$$

$$R_3 = 1\text{K}\Omega$$

El solenoide de alta presión necesita una señal modulada por ancho de pulso, lo que varía la presión a la salida de la bomba. Este motor funciona a 12V y se utiliza un circuito de colector abierto para manejar un transistor Darlington para generar el PWM, el motivo de utilizar este transistor es debido a la alta ganancia que tiene, la ganancia mínima es $\beta=1000$ por ende la corriente en la base es menor para generar la corriente en el colector. Para el cálculo de la resistencia de la base del transistor Darlington se dimensiona una corriente de colector de 700mA, tomando en cuenta las características del solenoide.

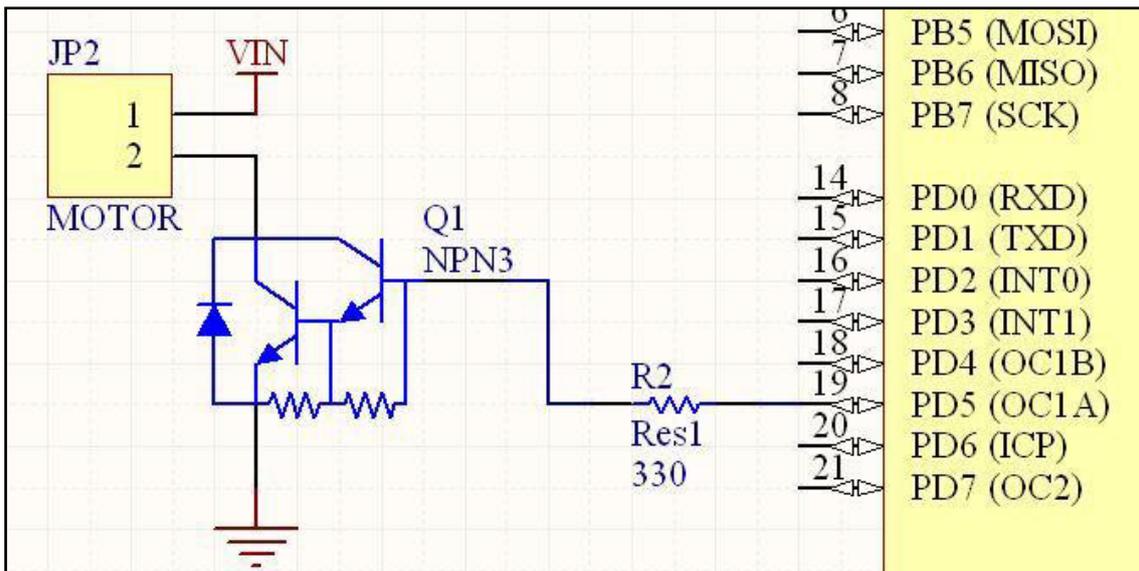


Diagrama del circuito de alta presión

Los inyectores son de un material piezoeléctrico por lo cual el tiempo del ancho del pulso es mínimo, las especificaciones del inyector determinan un tiempo de 1.75us y un voltaje de alimentación de 170V DC. Las características especiales determinan que los elementos electrónicos deben ser especiales, por este motivo se debe determinar optoacopladores de alta velocidad, se selecciona uno con un tiempo de respuesta de 0.8us para activarse y 0.8us para desactivarse. Adicional como antes se menciona el tiempo del pulso es demasiado corto también se necesita transistores de alta velocidad de conmutación, para este caso se utilizo Mosfet canal N de alta velocidad y de alto voltaje debido a los 170V en caso de estar abierto el Mosfet, por lo cual se escoge el IRF830.

La ventaja de utilizar el Mosfet es que trabaja a través de voltaje, no hay que dimensionar la corriente, por esa razón la salida del optoacoplador es conectado a 12V para garantizar una mayor capacidad de circulación de corriente a través del Mosfet.

La siguiente imagen muestra el diagrama del circuito.

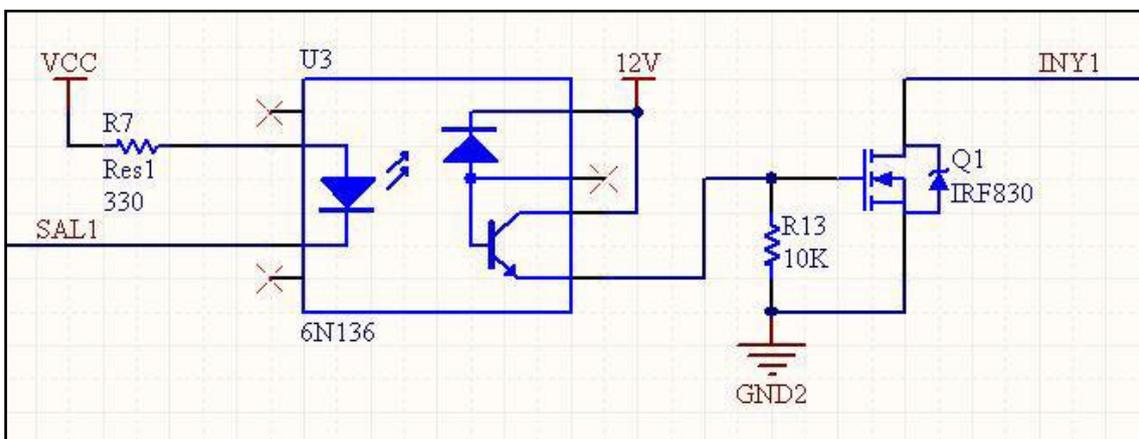


Diagrama esquemático de los inyectores

Cabe mencionar que para la elaboración de la placa se utiliza el programa Protel DXP 2004 como hardware

A continuación el diagrama esquemático de las placas:

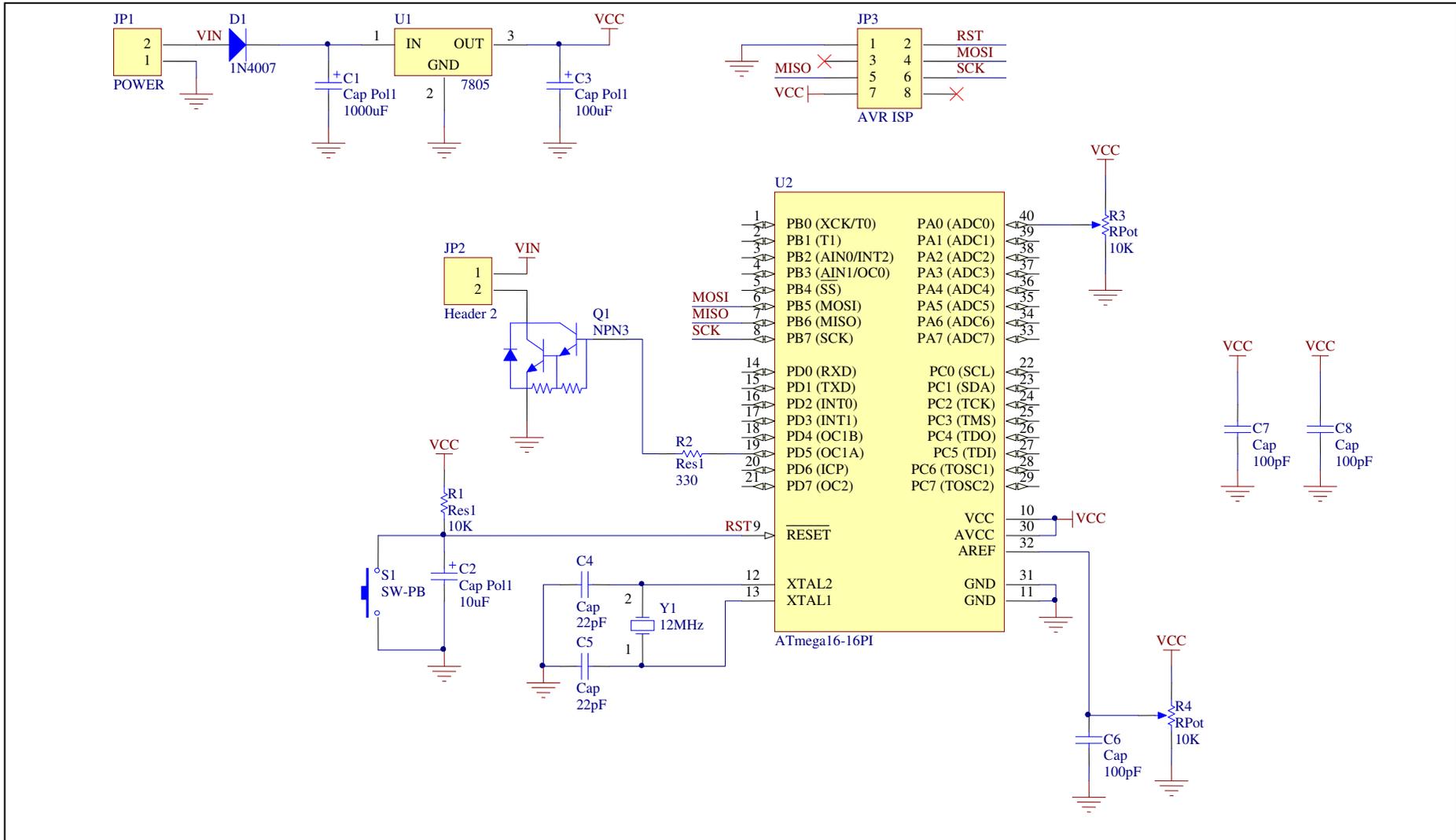


Diagrama esquemático del solenoide de alta presión y el sensor de alta presión

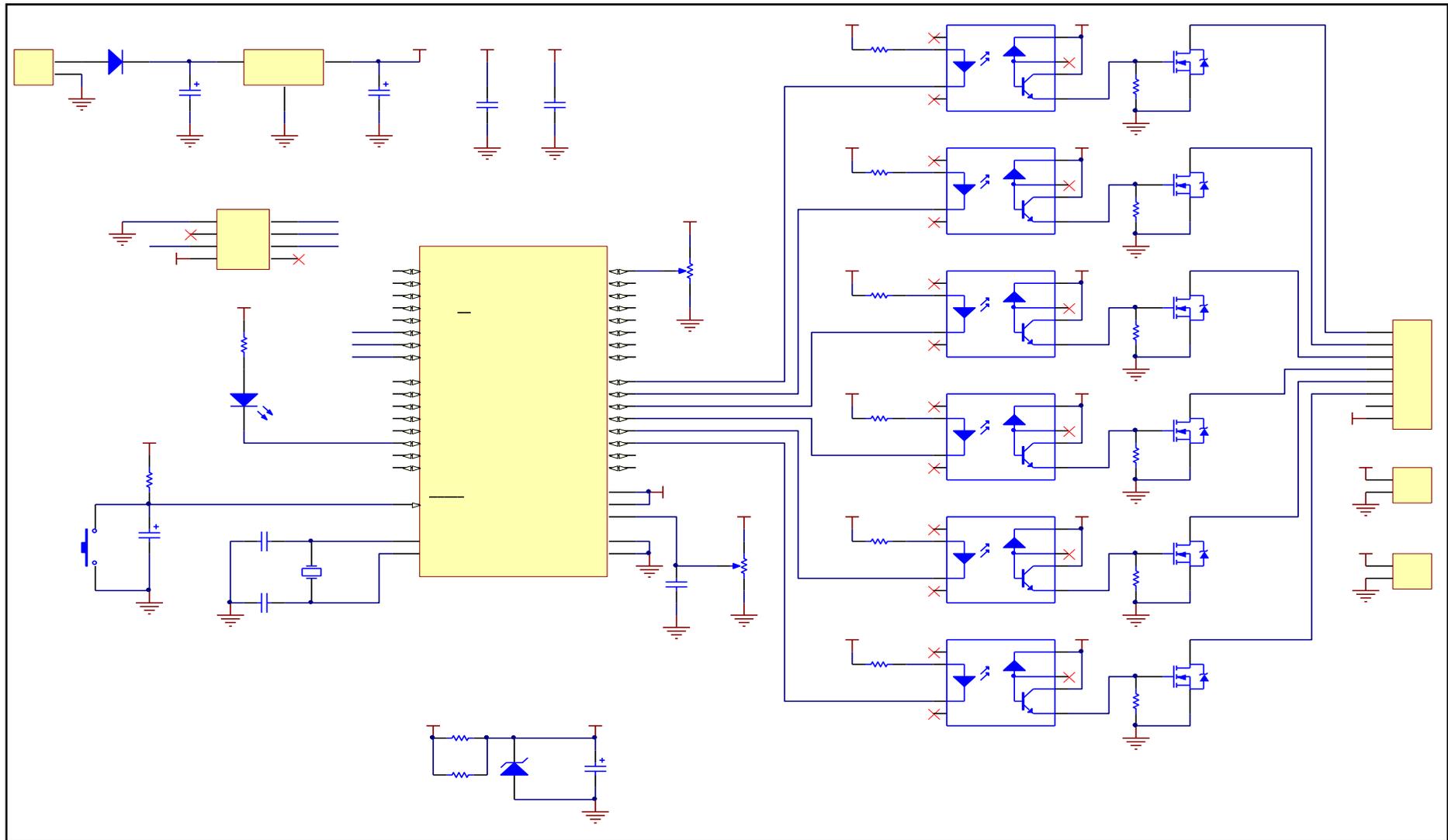


Diagrama esquemático del circuito de inyección

3.2 GUIA DE PRÁCTICAS

Como generalidades según fue descrito anteriormente el sistema de combustible propio de este motor se ha acoplado para poder comprender su funcionamiento, es así que el motor se encuentra cortado para poder observar su inyección en los tiempos propios de cada inyector para su funcionamiento.

En el motor se encuentran identificados los sensores y se puede apreciar todo el motor como tal. En las dos placas las cuales ya fueron explicadas también podemos apreciar los componentes electrónicos que conforman las mismas y que hacen posible el funcionamiento de la inyección directa de combustible. Antes de iniciar las prácticas se debe confirmar que en el depósito de combustible exista diesel ya que con este combustible hemos estado trabajando, por ser menos inflamable que la gasolina.

Esta maqueta tiene un soporte con ruedas por lo que fácilmente podemos moverlo hay que tener en cuenta que el peso aproximado de la maqueta es de 150 kg

También podemos apreciar los fusibles que protegen el sistema eléctrico, de esta manera cada componente que es alimentado de electricidad se encuentra protegido. Los componentes eléctricos de la misma manera tienen switches que alimentan a la maqueta tanto de un voltaje de 12 voltios para funcionar parcialmente la maqueta, al igual que de 160 voltios para manipular los inyectores y su apertura. Es por esta razón que se requiere una fuente de 12 voltios ósea una batería bien cargada al igual que una toma corriente de 110 voltios para poder operar la maqueta.

A continuación describimos las prácticas que recomendamos realizar en este proyecto didáctico

3.2.1 Guía práctica 1

Identificación de los componentes del sistema

3.2.1.1 Objetivos:

Reconocer físicamente cada uno de los componentes que integran el sistema de inyección directa del motor N54 de BMW

Conocer las propiedades de cada uno de los componentes del sistema

3.2.1.2 Descripción de la práctica:

Con el objetivo de conocer e identificar cada uno de los componentes del sistema se propone que el estudiante utilice la maqueta y realice una serie de actividades que permitan la adquisición de conocimientos. Se busca que exista un contacto directo con cada componente, contacto que favorezca la asimilación tanto de la forma física del componente así como con la noción de ubicación de los mismos. Se propone por tanto dar a los estudiantes una guía práctica de actividades mencionadas a continuación y que deben ser realizadas en un orden sucesivo y evaluadas por el profesor responsable.

3.2.1.3 Actividades:

3.2.1.3.1 Reconocer cada elemento del sistema de inyección directa de combustible del motor N54 de BMW.

El profesor debe presentar a cada estudiante cada uno de los componentes principales de la maqueta que componen el sistema de inyección directa. El orden que se propone para la identificación de los elementos es un orden secuencia ligado al funcionamiento del sistema. Esta metodología pretende facilitar la comprensión del funcionamiento, la misma que será descrita en la guía de práctica 3.

Los elementos que se recomienda mencionar durante esta primera actividad están enlistados a continuación:

- a) Bomba de baja presión de combustible
- b) Cañería plástica desde la bomba de baja presión hasta la bomba de alta presión de combustible.
- c) Bomba de alta presión de combustible.
- d) Motor eléctrico que acciona la bomba de alta presión
- e) Válvula de control del caudal
- f) Cañería de alta presión hasta el riel de combustible
- g) Riel de combustible
- h) Sensor de alta presión

- i) Cañerías de alta presión desde el riel hacia los inyectores
- j) Inyectores
- k) Cámara de combustión

3.2.1.3.2- Identificar cada elemento físicamente:

Para que los estudiantes puedan identificar cada uno de los elementos mencionados a continuación se propone un despiece de la maqueta.

El despiece de la misma debe también seguir su orden funcional y debe ser realizado por un grupo de estudiantes que no exceda las 5 personas. Se hace esta recomendación para prevenir que el exceso de participantes por actividad dificulte tanto la visibilidad como la participación de los estudiantes interfiriendo en el proceso de aprendizaje. Una vez que los estudiantes han realizado el despiece de cada uno de los componentes estos deben ser identificados y membretados por los mismos. El profesor encargado de la actividad deberá corroborar que cada uno de los componentes haya sido identificado correctamente por los estudiantes, y en caso de existir cualquier error el mismo debe ser corregido antes de continuar a la siguiente actividad. Se propone también que cada estudiante fotografíe los distintos elementos y guarde dichas fotografías para ser utilizadas en la guía práctica 2.

3.2.1.3.3 Identificar la ubicación de cada uno de los elementos:

Una vez que los estudiantes han logrado identificar cada uno de los componentes es necesario empezar esta actividad por retirar las etiquetas o adhesivos colocados en cada uno de los mismos.

Es momento de que los alumnos se familiaricen con la ubicación física de cada elemento dentro del sistema. Para realizar esta actividad se propone el armado de la maqueta. Cada uno de los alumnos debe encargarse de re-ensamblar por lo menos un elemento del sistema. Una vez que el elemento es integrado a la maqueta se realiza un recuento verbal de la ubicación del mismo mencionando los componentes a los que este se acopla.

Cuando la maqueta este armada en su totalidad es necesario que los estudiantes sea capaces de hacer un recuento de cada componente y de su ubicación física en el sistema. Incluso se puede evaluar al grupo mediante una lección oral que al azar cuestione la apariencia y la ubicación de los elementos mencionados en la actividad 1.

3.2.1.4 Conclusiones:

Durante esta guía práctica se ha conseguido que los estudiantes conozcan los elementos del sistema y que a su vez reconozcan la ubicación física de los mismos. Si esto es cierto podemos decir que los objetivos de la misma han sido cumplidos en su totalidad. Se recomienda realizar una evaluación escrita de los componentes y su ubicación para cuantificar los resultados obtenidos de esta primera guía práctica.

3.2.2 Guía práctica 2

Conocimiento de las propiedades físicas de cada componente del sistema

3.2.2.1 Objetivos:

Reconocer las propiedades físicas de cada uno de los elementos del sistema de inyección directa del motor N54 de BMW.

Reconocer las principales características funcionales de los elementos del sistema de inyección directa mencionado anteriormente.

3.2.2.2 Descripción de la práctica:

Con el objetivo de tanto las propiedades físicas como las características básicas de funcionamiento de los componentes y apoyados por las fotografías obtenidas durante la segunda actividad de la guía práctica 2, se propone un trabajo de aula basado en la observación y la comprensión de ciertas particularidades.

Se propone el trabajo en equipo para el desarrollo de esta guía práctica, y se busca la integración de conocimientos previos de cada estudiante

complementados por la información del documento escrito del presente proyecto a cargo del profesor encargado.

3.2.2.3 Actividades:

3.2.2.3.1 Identificación y selección de las fotografías:

Se propone al profesor realizar un listado digital de los componentes asignando a cada elemento una carpeta. El archivo debe ser circulado por el salón de clases para que cada uno de los alumnos guarde sus fotografías en la carpeta que identifique el elemento en cuestión.

Un vez que el profesor tenga las fotografías de todos los alumnos clasificadas en un mismo archivo, el mismo deberá con la ayuda de un retroproyector proyectar las mismas en el pizarrón.

Revisando cada uno de los elementos en el mismo orden establecido desde la primera actividad de la guía práctica 1, el grupo deberá votar y seleccionar la fotografía que va a representar a cada elemento.

Los criterios de juicio que el profesor debe proponer al grupo para realizar la selección son, la claridad, la nitidez y el ángulo que mejor visibilidad de la pieza ofrezca.

3.2.2.3.2 Identificación de propiedades físicas de los componentes.

Con la selección de imágenes ya realizadas el profesor deberá proyectar las mismas en el orden ya utilizado anteriormente, es decir de la siguiente manera:

- a) Bomba de baja presión de combustible
- b) Cañería plástica desde la bomba de baja presión hasta la bomba de alta presión de combustible.
- c) Bomba de alta presión de combustible
- d) Motor eléctrico que acciona la bomba de alta presión
- e) Válvula de control del caudal
- f) Cañería de alta presión hasta el riel de combustible
- g) Riel de combustible
- h) Sensor de alta presión

- i) Cañerías de alta presión desde el riel hacia los inyectores
- j) Inyectores
- k) Cámara de combustión

De manera grupal y con la imagen proyectada de cada componente el profesor debe motivar la participación en clase de los alumnos solicitando su aportación en búsqueda de determinar las propiedades físicas de los elementos del sistema.

Se recomienda realizar un listado en el pizarrón para permitir la visualización de cada una de las propiedades mencionadas y a su vez evitar la repetición de estas.

Una vez que los estudiantes han contribuido con las propiedades de cada elemento, se recomienda también que el profesor responsable realice un recuento de las mismas y complemente la información en caso de considerar necesario.

Cada estudiante es responsable de tomar nota de las propiedades físicas que caracterizan a cada uno de los 11 elementos del sistema.

3.2.2.3.3 Identificación de las características funcionales de cada componente.

De la misma manera y una vez finalizada la primera actividad el profesor deberá repetir el proceso realizado en la actividad 2. En esta ocasión se buscará establecer las características funcionales de cada elemento.

Si bien los estudiantes aún no conocen a detalle el funcionamiento del sistema, las metodologías de esta actividad se basa en la lógica y será complementada por el conocimiento del profesor.

Se recomienda completar la información aportada por los alumnos sin descuidar los datos técnicos de funcionamiento como presión y voltajes de alimentación de los distintos componentes.

3.2.2.4 Conclusiones:

Al finalizar la guía práctica 2, el estudiante debe ser capaz no solo de identificar cada elemento sino que a su vez este debe conocer y entender tanto las propiedades físicas como las características funcionales de cada elemento. Al igual que en la práctica anterior se recomienda al profesor evaluar los conocimientos adquiridos por los estudiantes para corroborar que los objetivos han sido cumplidos a cabalidad.

3.2.3 Guía práctica 3

Conocimiento del funcionamiento del sistema de inyección directa del motor BMW N54

3.2.3.1 Objetivos:

Conocer el funcionamiento de cada elemento del sistema de inyección directa del motor N54 de BMW.

Conocer el funcionamiento holístico del sistema de inyección directa del motor N54 de BMW.

3.2.3.2. Descripción de la práctica

Durante esta práctica se propone un trabajo de campo en el que los alumnos utilicen la maqueta y que mediante la puesta en marcha de la misma exista un observación orientada al aprendizaje del funcionamiento tanto individual de los elemento del sistema como del sistema en su totalidad.

3.2.3.3 Actividades

3.2.3.3.1 Actividad 1

Se propone que los estudiantes después de la verificación previa de la existencia de combustible pongan en marcha la maqueta. Una vez que la misma está funcionando el profesor encargado, basado en el documento de este proyecto deberá explicar a los alumnos el funcionamiento de cada uno de los elementos.

Apoyado por la maqueta y aprovechando sus características didácticas se propone que el profesor motive a los estudiantes a observar lo descrito y assimilar entendiendo el proceso en lugar de memorizar el mismo.

El estudiante debe ser capaz de entender el funcionamiento de cada uno de los componentes por separado antes de continuar a la siguiente actividad.

3.2.3.3.2 Actividad 2

Una vez que los estudiantes han comprendido el funcionamiento individual de cada elemento, el profesor debe explicar la integración de los funcionamiento de cada elemento para que el estudiante comprenda el funcionamiento del sistema como un solo conjunto.

Se recomienda permitir que los estudiantes hagan preguntas y cuestionen el funcionamiento del sistema en su conjunto con el objetivo de aclarar las dudas del grupo.

3.2.3.4 Conclusiones:

Una vez finalizado esta práctica, el estudiante debe ser capaz de describir tanto el funcionamiento del sistema como el funcionamiento de cada uno de los componentes del mismo. Se recomienda al profesor evaluar este conocimiento para medir el cumplimiento de los objetivos planteados anteriormente.

RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

A lo largo de la elaboración de esta tesis han surgido varios problemas los cuales fueron resueltos para lograr finalizar con este proyecto. En el siguiente capítulo revisaremos más detenidamente estos problemas y finalizaremos con las conclusiones respecto a este proyecto de tesis.

RECOMENDACIONES

Se debe tener en cuenta que los trabajos que se realicen en el sistema de alta presión deben tener una gran limpieza y siguiendo siempre las instrucciones del manual de reparación de cada marca. Esto se debe a que pequeñas impurezas pueden llegar a alojarse en las atornilladuras de los conductos causando falta de estanqueidad

Los trabajos en el sistema de alta presión siempre deben realizarse con el motor frío. Esto se debe a que en caso de tener una temperatura de refrigerante mayor a 40 grados C se corre el peligro que salgan chorros de combustible a presión proyectados hacia atrás esto se debe a la presión residual que existe en el sistema de alta presión.

En caso de retirar los inyectores deben ser vueltos a colocar en el mismo cilindro esto debido a que dentro de la DME se van registrando ciertas calibraciones para cada uno de los inyectores, de tal manera que en caso de cambiar los inyectores no se lograría un funcionamiento óptimo de los mismo

Cuando se realicen trabajos en el sistema de alimentación de combustible del motor debe tenerse en cuenta que las bobinas de encendido no deben quedar manchadas de combustible. La resistencia del material de silicona se ve considerablemente reducida por el intenso contacto con el combustible. Se pueden producir así repliegues en la cabeza de las bujías de encendido y por tanto fallos de encendido

Durante el montaje de un nuevo inyector se debe comprobar que el asiento del inyector se encuentra en perfecto estado esto para garantizar estanqueidad en el sistema.

Se debe tener cuidado con los cables de alimentación de los inyectores ya que estos se encuentran alimentados por una corriente promedio de 160v debido a la placa de capacitores, por lo que no se debe manipular los cables ni la placa de capacitores para evitar una descarga en el cuerpo

CONCLUSIONES

Al termino de este proyecto podemos concluir que el funcionamiento de la inyección directa de gasolina queda demostrado, esto mediante la práctica y la teoría. Tanto el trabajo teórico el cual está enfocado a demostrar y entender este sistema como la maqueta donde de manera práctica poder verificar que efectivamente el sistema funciona y además observar como lo hace.

En la maqueta queda evidenciada la inyección directa de gasolina a la cámara de combustión en donde podemos verificar su funcionamiento, además podemos de manera clara confirmar las presiones que tienen cada sistema de alimentación de combustible, siendo estos el sistema de alta y baja presión. Podemos evidenciar los componentes que poseen las unidades de control y comprender de mejor manera como se logra el funcionamiento de esta maqueta

En el trabajo teórico logramos entender las características además de funcionamiento y requisitos que debe cumplir un motor para lograr funcionar con inyección directa a la cámara de combustión esto en motores a gasolina. Además se reviso y analizo los componentes que comprenden este sistema de alta presión para lograr tener un entendimiento más completo del mismo.

Al ser este un proyecto para uso didáctico se han descrito algunas guías prácticas las cuales son un ejemplo de los varios usos didácticos para el cual fue realizado este proyecto.

Finalmente hemos logrado comprender las ventajas que posee este sistema y evidenciar la evolución del sistema de inyección de gasolina donde en su futuro muy próximo encontraremos este tipo de inyección en todo tipo de vehículos. Siendo el único problema actual los altos costos que demandan la fabricación de estos motores, sin embargo la industria automotriz se encuentra en constante evolución y el siguiente paso al que se enfrentara es lograr un

sistema de inyección directa de gasolina con costos más accesibles para todos los vehículos de producción de todas las marcas.

Termino esta tesis cumpliendo con cada uno de los objetivos q se propuso para la misma y esperando que esta sea una herramienta más para los profesores de la Universidad Internacional del Ecuador en su búsqueda del conocimiento y en su labor de educar a las nuevas generaciones de futuros ingenieros de nuestra patria.

BIBLIOGRAFIA

1. <http://www.bmw.com.ec/ec/es>
2. <https://sgate.bmwgroup.com>
3. http://en.wikipedia.org/wiki/BMW_N54
4. <https://gqs.bmwgroup.com/ms>
5. <https://ppn.porsche.com/porscheacademy>
6. Aftersales training motor N54, Archivo PDF, BMW AG. Munchen, Alemania. Junio 2006
7. Aftersales training Fundamentos del motor; Archivo PDF, BMW AG. Munchen, Alemania. Octubre 2005
8. Manual Técnico BMW, Sistema online para información técnica, BMW AG. Munchen Alemania. Junio 2008