



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO, REPOTENCIACIÓN Y PUESTA A PUNTO, MOTOR CHEVROLET CORSA DE PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL PARA UNA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE A GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC)

TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ

MARCO VINICIO NARANJO OCAMPO

DIRECTOR: ING. SIMÓN HIDALGO

Quito, mayo 2015

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2015
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo **MARCO VINICIO NARANJO OCAMPO**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Marco Vinicio Naranjo Ocampo

C.I. 1704451358

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Análisis, diagnóstico, repotenciación y puesta a punto, motor chevrolet corsa de propiedad de la Universidad Tecnológica Equinoccial para una futura implementación del sistema de alimentación de combustible a gas natural comprimido (GNC)**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero Automotriz** fue desarrollado por **Marco Vinicio Naranjo Ocampo**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

Ing. Simón Hidalgo

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I. 170780564

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación está dedicado " **A ti padre mío†**", que allí donde estás ahora, me has inspirado a conseguir grandes metas en mi vida. A pesar de haber tardado, he cumplido este sueño anhelado por los dos. También dedico a mi amorosa y maravillosa madre, "Mamá Lolita", que Dios me da la bendición de tenerla junto a mí. Gracias mamá por enseñarme a valorar las cosas buenas y malas que han sido pilar fundamental en mi vida.

MARCO VINICIO

AGRADECIMIENTOS

A ti Dios, que me diste la oportunidad de vivir y regalarme una familia maravillosa.

A mis amores, Gladys mi adorada esposa por ser un pilar fundamental en mi vida y ser el reflejo de motivación e inspiración para llegar a cumplir esta meta importante en mi vida; a mis hijos Marco, Maribel, Estefanía por ser el orgullo y fortaleza, que con su dulzura y tiernas sonrisas me apoyaron para superarme cada día más.

A la Universidad Tecnológica Equinoccial, a la carrera de Ingeniería Automotriz, a las distinguidas dignidades como Decano, Sub-decano y profesores de la facultad y de una manera muy especial al Ing. Simón Hidalgo, Director de Tesis por su invaluable apoyo.

MARCO VINICIO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. EL MOTOR	4
2.2. TIEMPOS DEL MOTOR	5
2.2.1. PRIMER TIEMPO: ADMISIÓN	6
2.2.2. SEGUNDO TIEMPO: COMPRESIÓN	6
2.2.3. TERCER TIEMPO: EXPLOSIÓN Ó EXPANSIÓN	7
2.2.4. CUARTO TIEMPO: ESCAPE.	7
2.3. ESQUEMA FUNDAMENTAL DEL MOTOR	8
2.3.1. CILINDROS	9
2.3.1.1. Cilindros	10
2.3.1.2. Camisas de agua	10
2.3.1.3. Galerías de aceite	10
2.3.1.4. Rodamientos del cigüeñal	11
2.3.2. CULATA	11
2.3.2.1. Cámara de combustión	12
2.3.2.2. Orificios de admisión y escape	12
2.3.2.3. Camisa de agua y galería de aceite	13
2.3.3. CIGÜEÑAL	13
2.3.3.1. Cojinetes de bancada	13
2.3.3.2. Volante de inercia	14
2.3.4. MECANISMO DE VÁLVULAS	15
2.3.4.1. Ohv: válvula encima de la cámara	15
2.3.4.2. Ohc: eje de leva encima de la cámara	15
2.3.4.3. Dohc: doble eje de levas encima de la culata	16

2.4. SISTEMAS QUE COMPONEN EL MOTOR	16
2.4.1. SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	16
2.4.2. SISTEMA DE LUBRICACIÓN	17
2.4.3. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	17
2.4.4. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	18
2.4.5. SISTEMA ELÉCTRICO	18
2.4.5.1. Batería	19
2.4.5.2. Circuito de carga de la batería	20
2.4.5.3. Circuito de encendido eléctrico del motor	20
2.4.5.4. CIRCUITO DE ARRANQUE DEL MOTOR	21
2.4.5.5. Circuito para la inyección de gasolina	21
2.4.5.6. Circuitos de alumbrado, señalización, control y accesorios	21
2.5. EL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MPFI	21
2.5.1. SISTEMA DE ENTREGA DE COMBUSTIBLE	22
2.5.1.1. Depósito de combustible	23
2.5.1.2. Bomba de combustible	24
2.5.2. COMPONENTES DE LA INYECCIÓN ELECTRÓNICA	24
3. METODOLOGÍA	30
3.1. MÉTODO UTILIZADO PARA REALIZAR EL DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DEL MOTOR	30
3.2. MÉTODO UTILIZADO PARA REPARAR LAS PARTES FUNDAMENTALES DEL MOTOR Y EL CABEZOTE	31
3.2.1. DESMONTAJE	32
3.2.2. LIMPIEZA	32
3.2.3. VERIFICACIONES	32
3.3. MÉTODO UTILIZADO PARA REPOTENCIAR LOS SISTEMAS MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DEL MOTOR	32
3.3.1. REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO	32
3.3.2. REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO	35
3.3.2.1. Diagnóstico	35
3.3.2.2. Reparación	37

4. ANALISIS DE RESULTADOS	39
4.1. RESULTADOS DE LA REPOTENCIACION MECÁNICA	39
4.2. RESULTADOS DE LA MODIFICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA MEMORIA ECU	40
4.2.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL DINAMÓMETRO	41
4.2.2. ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DURANTE LA PRUEBA EN DINAMÓMETRO	42
4.2.3. DIAGNÓSTICO FINAL DE LOS PARÁMETROS DE INYECCIÓN LUEGO DE LA REPOTECNICACIÓN ELECTRÓNICA	44
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
5.1. CONCLUSIONES	45
5.2. RECOMENDACIONES	47
GLOSARIO	49
BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXOS	45

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Acciones realizadas y equipos utilizados.	31
Tabla 2. Análisis de las mejoras mediante la potenciación electrónica	41
Tabla 3. Emisiones permitidas para vehículos a gasolina por la CORPAIRE.	43
Tabla 4. Análisis de las emisiones ambientales del motor frente a las ordenanzas locales.	43

ÍNDICE DE FIGURA

	PÁGINA
Figura 1. Partes de un motor a combustión interna cuatro cilindros.	5
Figura 2. Primer tiempo ADMISIÓN.	6
Figura 3. Segundo tiempo COMPRESIÓN.	7
Figura 4. Tercer tiempo EXPLOSIÓN.	7
Figura 5. Cuarto tiempo ESCAPE.	8
Figura 6. Fases del motor a 4 tiempos.	8
Figura 7. Principales componentes de un motor.	9
Figura 8. Bloque de cilindros.	10
Figura 9. Culata .	11
Figura 10. Cámara de combustión.	12
Figura 11. Orificios de Admisión y Escape.	12
Figura 12. Cigüeñal.	13
Figura 13. Cojinetes de Bancada .	14
Figura 14. Volante de inercia .	14
Figura 15. Válvulas de admisión y escape SOHC .	15
Figura 16. Válvulas de admisión y escape DOHC .	16
Figura 17. Sistema de distribución.	19
Figura 18. Sistema de lubricación.	17
Figura 19. Sistema de refrigeración .	18
Figura 20. Sistema de alimentación de combustible .	18
Figura 21. Sistema eléctrico .	19

Figura 22. Batería .	19
Figura 23. Alternador .	20
Figura 24. Sistema de encendido eléctrico del motor.	21
Figura 25. Sistema de entrega de combustible con retorno	23
Figura 26. Depósito de combustible.	23
Figura 27. Bomba de combustible.	24
Figura 28. Unidad de Control Electrónico (ECU).	25
Figura 29. Memoria EEPROM del corsa B.	26
Figura 30. Control ECU (Autodata, 2006).	26
Figura 31. Esquema de la estructura de la ECU.	29
Figura 32. Prueba en dinamómetro de rodillos vista delantera.	35
Figura 33. Prueba en dinamómetro de rodillos vista posterior.	36
Figura 34. Visualización de las curvas de desempeño del motor.	36
Figura 35. Esquema eléctrico del sistema de inyección MPFI del vehículo chevrolet corsa wind 1.6l 2002.	37
Figura 36. Código original de programación de la ECU o mapas.	38
Figura 37. Potenciación mecánica Del motor	39
Figura 38. Rehabilitación del mecanismo de válvulas del motor.	39
Figura 39. Código de programación o mapas del EEPROM potenciado.	40
Figura 40. Curvas de torque y potencia del motor potenciado electrónicamente obtenido dinamómetro.	41
Figura 41. Resultado de los análisis de emisiones durante las pruebas en dinamómetro.	42
Figura 42. Resultado final de las pruebas de emisiones de gases.	42

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO 1.	
Vista frontal del motor 1.	56
ANEXO 2.	
Vista frontal del motor 2.	56
ANEXO 3.	
Vista frontal del motor 3.	57
ANEXO 4.	
Fotografía inicial ECU 1.	57
ANEXO 5.	
Detalle del conector de ECU.	58
ANEXO 6.	
Conectores de la ECU 1.	58
ANEXO 7.	
Fotografía inicial ECU 2.	59
ANEXO 8.	
Detalle de conectores de la ECU.	59
ANEXO 9.	
Fotografía inicial ECU 2.	60
ANEXO 10.	
Habitáculo del vehículo.	60
ANEXO 11.	
Toma de la compresión del motor.	61

ANEXO 12.	
Remoción de las bujías 1 y 2.	61
ANEXO 13.	
Remoción de la bujía 3.	62
ANEXO 14.	
Remoción de la bujía 4.	62
ANEXO 15.	
Situación inicial de las conexiones eléctricas.	63
ANEXO 16.	
Reparaciones eléctricas.	63

RESUMEN

El presente proyecto de titulación, estuvo encaminado a fortalecer el equipamiento del Taller de ingeniería Automotriz, que cuenta la Universidad Tecnológica Equinoccial en su Campus Occidental de la ciudad de Quito.

El mencionado taller contaba con un vehículo Chevrolet corsa wind 1.6 c.c. del año 2002 en mal estado, el cual venía siendo utilizado por los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz con fines didácticos.

Con el propósito de que el motor del vehículo sirva de apoyo y ayuda a las futuras promociones de estudiantes, se había previsto efectuar la reparación y repotenciación del mismo, para lo cual se inició con el diagnóstico y análisis del motor, incluyendo a los sistemas mecánicos y electrónicos, a continuación se realizaron las reparaciones del cabezote o culata que corresponde al punto, de combustión interna; y en el sistema electrónico se efectuó la reprogramación electrónica de la ECU, para obtener la repotenciación del motor.

Finalmente concluida la repotenciación del motor y una vez que este fue ensamblado y probado en su respectivo vehículo, se puso a disposición del Taller de Ingeniería Automotriz para que pueda ser utilizado en prácticas e investigaciones y permitir desarrollar los resultados de aprendizaje de la Carrera.

ABSTRACT

This titulation project, was aimed to strengthening the equipment of the Automotive Engineering Workshop, of the Equinoccial Technological University in the West Campus from Quito city.

The aforementioned workshop had a Chevrolet Corsa 1.6 cc vehicle wind 2002 in disrepair, which was being used by students studying Automotive Engineering for teaching purposes.

In order that the vehicle engine is supportive and helps future promotions of students, had planned to carry out the repair and upgrading of the same, for which began with the diagnosis and analysis engine, including mechanical systems and electronic, then repairs or head headstock corresponding to the point internal combustion took place; and the electronic mail system ECU reprogramming took place, for repowering the motor.

Finally, completed the repowering of the engine and once it was assembled and tested in their respective vehicle, is made available to the workshop of Automotive Engineering so it can be used in practice and research and allow developing learning in the caree

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de titulación se realiza sobre la base de un vehículo Chevrolet Corsa Wind 1.6 cc del año 2002, propiedad de la Universidad Tecnológica Equinoccial campus occidental de la ciudad de Quito, al cual se lo repotencia y se le realiza la puesta a punto, para que los futuros estudiantes de la Carrera de Ingeniería Automotriz tengan una herramienta para realizar sus prácticas de taller y que esté disponible para una futura implementación del sistema de alimentación de combustible GNC.

El vehículo antes mencionado se encuentra en los Talleres de Ingeniería Automotriz, sin embargo inicialmente se recibió en un estado muy deteriorado, y es allí donde el presente proyecto pretende realizar las correcciones correspondientes para que en lo posterior sirva como una herramienta didáctica eficaz para los estudiantes, y esté disponible para una futura implementación del sistema GNC.

En el ámbito local se han realizado proyectos de similares características sobre repotenciación de motores enfocados en los sistemas electrónicos y mecánicos, obteniéndose significativas mejoras en el desempeño del motor, específicamente en cuanto a torque y potencia. Se debe también mencionar que la potencia del motor a combustión interna va reduciendo conforme aumenta la altitud sobre el nivel del mar, como en la ciudad de Quito.

Previo a la instalación de un sistema de alimentación GNC en un motor a combustión interna es necesario un diagnóstico del estado general del motor y en caso de ser necesario se debe realizar una repotenciación del mismo para garantizar el buen funcionamiento del motor con su nuevo sistema de alimentación a GNC.

Los antecedentes anteriores justifican la realización del presente proyecto de

titulación, también es importante mencionar que para el presente se utiliza la metodología de investigación científica experimental (Bernal C, 2006), se inicia con la observación sistemática, luego se registra, organiza, clasifica e interpreta los datos para finalmente implementarlos. También se aplicó el método inductivo siguiendo cuatro etapas básicas: observación de campo, registro de datos, análisis y la elaboración de los resultados (Domínguez J, 2007).

Con objeto de tener una referencia más clara sobre los trabajos que se realizaran en este tipo de motores, es necesario e importante conocer el funcionamiento de un motor Otto de combustión interna, sus diferentes partes, piezas, elementos, sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos, entre otros, dichos aspectos se tratan en el capítulo de marco teórico.

Después de conocer el funcionamiento teórico de los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos de un motor Otto de combustión interna, antes mencionado, en el capítulo de Metodología se pasa directamente a realizar el diagnóstico en cada una de las partes del motor, para posteriormente realizar la reparación y repotenciación del motor.

En el capítulo de Resultados se evidencian las mejoras de rendimiento en cuanto a torque y potencia.

Finalmente en el capítulo de Conclusiones y Recomendaciones se evidencia como el uso de la técnica aplicada al motor de combustión interna permitió que el mencionado motor sea repotenciado, y se dan sugerencias para un posterior desarrollo del presente proyecto con la conversión del motor al sistema de alimentación GNC.

Analizar, diagnosticar y repotenciar un motor Chevrolet corsa des habilitado propiedad de la Universidad Tecnológica Equinoccial, para una futura implementación del sistema de alimentación de combustible a gas natural comprimido.

- Elaborar un marco teórico que sirva como guía para comprender el funcionamiento del motor a combustión interna.
- Aplicar conocimientos técnicos para el diagnóstico y repotenciación del mencionado motor y documentar las actividades realizadas.
- Analizar técnicamente los resultados obtenidos luego de la repotenciación del motor
- Entregar un motor operativo y funcional como producto final del presente proyecto, el cual además de ser usado con fines didácticos también pueda ser usado en una futura implementación del sistema a gas natural comprimido.

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. EL MOTOR

Al motor se lo considera como un conjunto de elementos mecánicos, que transforma la energía calórica que se encuentra en el combustible como gasolina, gas, diésel entre otros en energía mecánica para obtener el desplazamiento del vehículo. El motor es uno de los componentes principales, debe ser compacto y liviano, que genere gran potencia, que sea fácil de manejar y que sea lo más silencioso posible cuando opere.

Los motores de combustión interna son aquellos que queman su combustible en interior del motor. Todos los motores convierten en forma de energía química almacenada en sus combustibles en energía térmica mientras ejecutan la combustión. La energía térmica se convierte en energía mecánica por medio de la expansión de los gases que empujan a los pistones los cuales están unidos al cigüeñal el cual puede girar.

El elemento que proporciona la potencia para impulsar el automóvil es el motor de combustión interna de gasolina, de ignición por chispa y de un ciclo de cuatro tiempos, y es capaz de proporcionar potencia según los principios básicos de la física (Arias M, 2006).

- La combustión o encendido siempre va acompañada por producción de calor.
- Cuando se calienta un gas, se expande. Si el volumen permanece constante, la presión aumenta, principio que se conoce como la "ley de Charles".

Es importante mencionar que para iniciar el funcionamiento del motor además del combustible se necesita de una chispa o fuente de calor que inicie la combustión y de un impulso inicial, estos se producen cuando el

conductor enciende el switch de encendido, que se encuentra cerca de la columna de dirección el cual tiene una conexión directa a un acumulador de energía eléctrica llamado “batería” y que en ruta la corriente almacenada en su interior al solenoide de arranque el cual activa un mecanismo que da el impulso inicial al motor y por otro lado también permite el paso de corriente eléctrica hacia una bobina y un mecanismo de encendido los cuales eleva el voltaje proveniente de la batería para producir en el momento adecuado a través de la bujía una chispa que enciende la mezcla de aire combustible dentro de la cámara de combustión para comenzar con los ciclos y originar el movimiento del motor.

En la figura 1 podemos visualizar las partes de un motor.

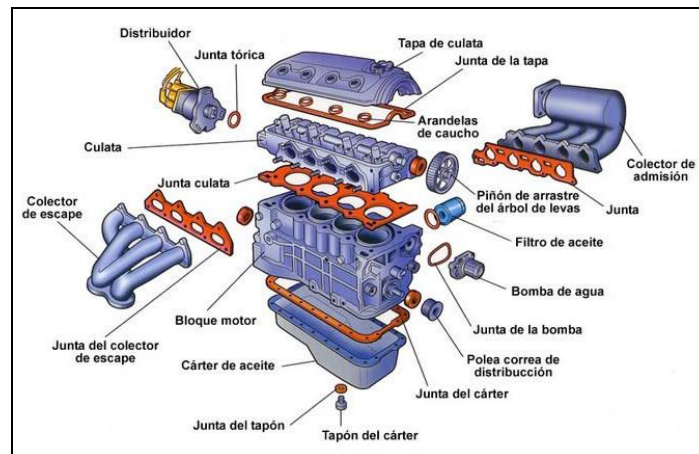


Figura 1. Partes de un motor a combustión interna cuatro cilindros (Aficionados a la Mecánica, 2014).

2.2. TIEMPOS DEL MOTOR

En un ciclo de combustión, se relacionan un conjunto de operaciones que se realizan en un cilindro desde que entra la mezcla carburada hasta que son expulsados los gases combustionados. Cuando el ciclo se realiza en cuatro tiempos denominamos al motor de ciclo Otto; comprende: admisión, compresión, explosión y escape (Arias M, 2006).

2.2.1. PRIMER TIEMPO: ADMISIÓN

El pistón empieza un movimiento, descendiente, entre PMS (punto muerto superior) y el PMI (punto muerto inferior). El cigüeñal da media vuelta mientras que el pistón realiza su desplazamiento entre PMS y el PMI. Al estar cerrada la válvula de escape y abierta la válvula de admisión, el pistón crea una depresión que succiona la mezcla de aire y combustible, llenando con ella el cilindro. Esta cantidad de mezcla succionada es equivalente a la capacidad volumétrica del cilindro.

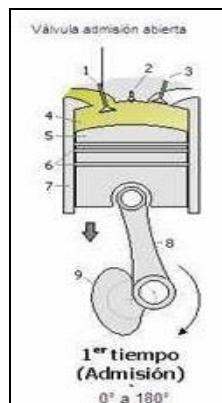


Figura 2. Primer tiempo ADMISIÓN (Unad, 2014).

2.2.2. SEGUNDO TIEMPO: COMPRESIÓN

El pistón retorna del PMI al PMS, permaneciendo las dos válvulas cerradas; comprime progresivamente la mezcla carburada, dándole al cigüeñal otra media vuelta, además se logra comprimir la mezcla de aire y combustible elevando su temperatura y presión preparándose para el siguiente tiempo.

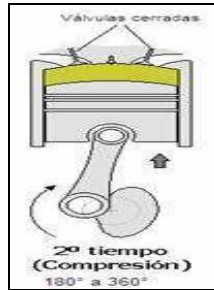


Figura 3. Segundo tiempo COMPRESIÓN (Unad, 2014).

2.2.3. TERCER TIEMPO: EXPLOSIÓN O EXPANSIÓN

El distribuidor manda a cada una de las bujías una descarga de la batería, de 10 a 30 Kv por bujía (automotriz.net, 2015), lo suficiente para crear una chispa dentro de la cámara del pistón. Esto inflama la mezcla aire-gasolina, creando suficiente fuerza como para empujar el pistón hacia abajo haciendo que la biela mueva el cigüeñal, esto a su vez, generara el futuro movimiento del vehículo en conjunto con el sistema de transmisión y las ruedas.

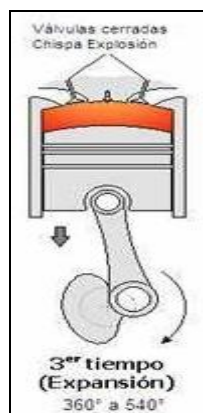


Figura 4. Tercer tiempo EXPLOSIÓN (Unad, 2014).

2.2.4. CUARTO TIEMPO: ESCAPE

El pistón, que ha descendido para mover el cigüeñal vuelve a subir y se abre una válvula distinta a la de entrada de aire-gasolina, llamada válvula de salida o válvula de escape, con el fin de expulsar por ella los gases generados por la combustión producida, y así liberar el interior del cilindro de

gases que imposibiliten la chispa de la bujía, ya que esta necesita aire y no dióxido de carbono. Una vez que sube el pistón termina el ciclo del motor a combustión y a continuación le sucede el primer tiempo, es decir, la admisión aire-gasolina repitiéndose el ciclo.

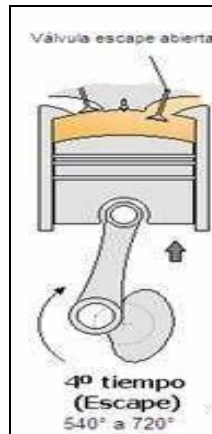


Figura 5. Cuarto tiempo ESCAPE (Unad, 2014).

En la siguiente figura se puede visualizar un consolidado de las fases de un motor de 4 tiempos.

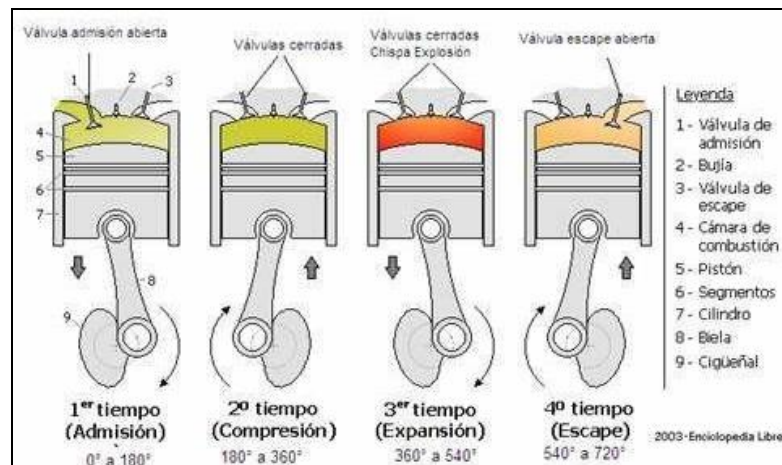


Figura 6. Fases del motor a 4 tiempos (Unad, 2014).

2.3. ESQUEMA FUNDAMENTAL DEL MOTOR

A continuación se presenta un esquema de las partes fundamentales del motor de cuatro tiempos, con el objetivo de tener una visión completa.

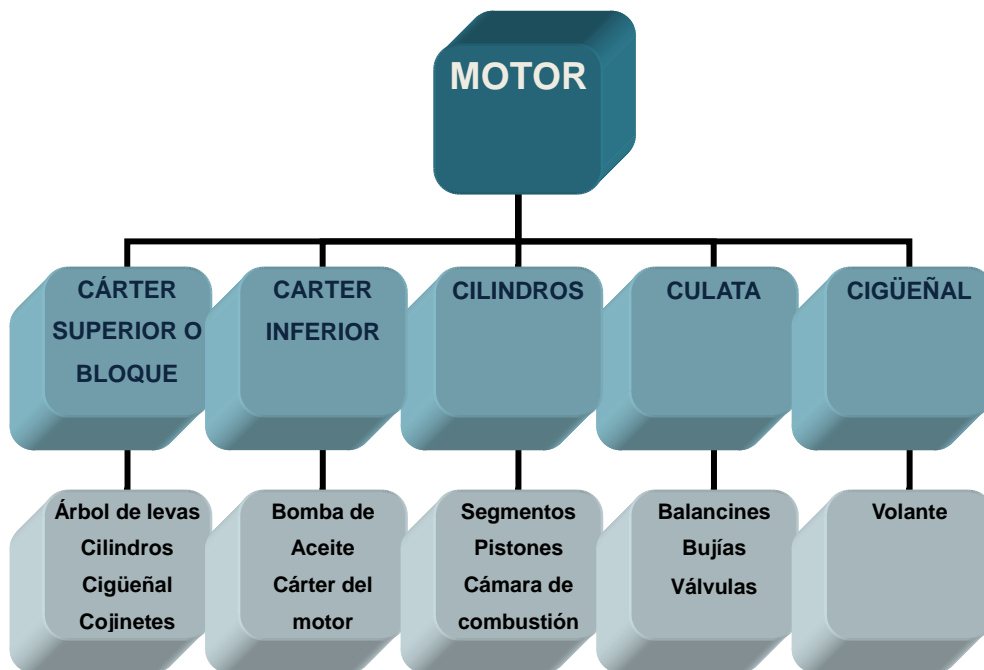


Figura 7. Principales componentes de un motor.

2.3.1. CILINDROS

Son las cavidades donde se desplazan los pistones que les permiten el movimiento rectilíneo entre el punto muerto inferior y el punto muerto superior. La superficie interna de los cilindros se construye lo más lisa posible para evitar fuertes rozamientos (Alonso J, 2000).

El bloque de cilindros es un conjunto mecánico que aloja a los cilindros, constituye la parte fundamental del motor ya que forma su estructura y se dice que es corazón del motor, se encuentra instalado entre la culata y el cárter. Por lo general, el bloque es una pieza de hierro fundido, aluminio o aleaciones especiales, provisto de grandes agujeros llamados cilindros. El bloque está suspendido sobre el chasis (bastidor) y fijado a soportes o base de motor. En la parte alta recibe la culata del cilindro, formando un cuerpo con los cilindros. El bloque del motor debe ser rígido para soportar la fuerza originada por la combustión, resistir a la corrosión y permitir evacuar por

conducción parte del calor (Arias M, 2006).

La cantidad de cilindros que puede contener un motor es variable, así como la forma de su disposición en el bloque. Existen motores de uno o de varios cilindros, aunque la mayoría de automóviles utilizan motores con bloques de cuatro, cinco, seis, ocho y doce cilindros, incluyendo algunos coches pequeños que emplean sólo tres.

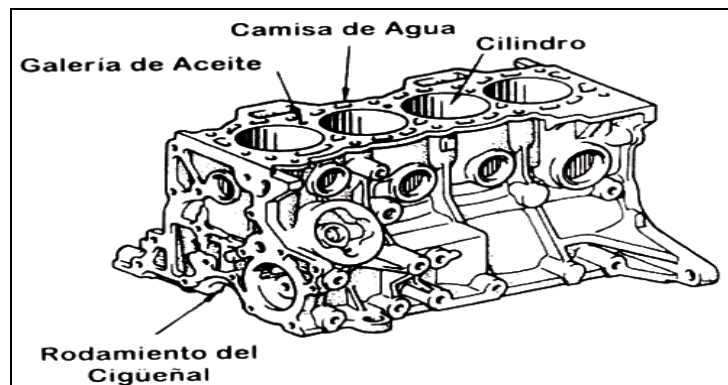


Figura 8. Bloque de cilindros (automotriz.net, 2015).

Las partes principales del bloque de cilindros son las siguientes:

2.3.1.1. Cilindros

Son los tubos cilíndricos en los cuales los pistones se mueven arriba y abajo.

2.3.1.2. Camisas de agua

Existen camisas secas y húmedas, estas proveen conductos para el refrigerante usado para enfriar los cilindros.

2.3.1.3. Galerías de aceite

Proporcionan conductos para la entrega del aceite de motor al bloque de cilindros y culata de cilindros.

2.3.1.4. Rodamientos del cigüeñal

Sostienen al cigüeñal vía rodamientos o cojinetes.

2.3.2. CULATA

Está situada en parte superior del bloque del motor y su función es sellar la parte superior de los cilindros para evitar pérdidas de compresión y salida inapropiada de los gases de escape (Arias M, 2006).

En la culata se encuentran situadas las válvulas de admisión y de escape, así como las bujías. Está constituida por una pieza de hierro fundido (o de aluminio en algunos motores), que va colocada encima del bloque del motor. Tiene además, dos conductos internos: uno conectado al múltiple de admisión (para permitir que la mezcla aire-combustible penetre en la cámara de combustión del cilindro) y otro conectado al múltiple de escape (para permitir que los gases producidos por la combustión sean expulsados al medio).

La culata está firmemente unida al bloque del motor por medio de tornillos. Para garantizar un sello hermético con el bloque, se coloca entre ambas piezas metálicas una “junta de culata”, constituida por una lámina de material de amianto o cualquier otro material flexible que sea capaz de soportar, sin deteriorarse, las altas temperaturas que se alcanzan durante el funcionamiento del motor.

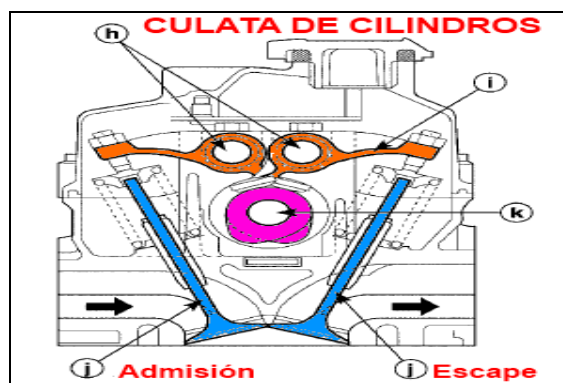


Figura 9. Culata (autodaewoospark.com, 2014).

Las partes principales de la culata de cilindros tienen los siguientes nombres y funciones:

2.3.2.1. Cámara de combustión

Es donde la mezcla de aire-combustible es quemada y donde las bujías de encendido prenden la mezcla aire-combustible que es ingresada.



Figura 10. Cámara de combustión.

2.3.2.2. Orificios de admisión y escape

Son conductos a través de los cuales la mezcla aire-combustible es entregada al cilindro y a través de los cuales los gases de escape son expulsados desde los cilindros. Ellos son abiertos y cerrados por sus respectivas válvulas.

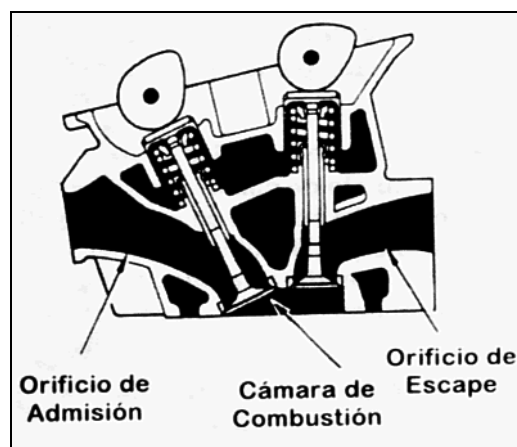


Figura 11. Orificios de Admisión y Escape (automotriz.net, 2015).

2.3.2.3. Camisa de agua y galería de aceite

Proveen conductos para el refrigerante y aceite del motor alrededor de las cámaras de combustión para enfriarlas.

2.3.3. CIGÜEÑAL

Es una parte importante del motor, porque forma parte del mecanismo biela-manivela, es decir, de la serie de elementos que con su movimiento transforman la energía desarrollada por la combustión en energía mecánica.

El cigüeñal es el elemento del motor que recibe la fuerza de los pistones y por medio de la biela la transforma en un movimiento giratorio (Arias M, 2006).



Figura 12.Cigüeñal (unad, 2014).

2.3.3.1. Cojinetes de bancada

Son componentes fundamentales para el funcionamiento y larga vida del motor. Los fabricantes de motores exigen exactas especificaciones que determinan la composición metálica de los cojinetes, pues sobre éstos va girar el cigüeñal dentro del bloque de los cilindros (Arias M, 2006).



Figura 13. Cojinetes de Bancada (unad, 2014).

2.3.3.2. Volante de inercia

Es una rueda de acero montada en un extremo del cigüeñal, la cual proporciona la fuerza necesaria para que el pistón vuelva a subir después del tiempo de explosión, almacenando energía cinética durante el momento que el motor entra en actividad; el volante de inercia permite que el motor siga girando cuando éste no se encuentra en uno de esos momentos en los que genera trabajo es decir acumula inercia. Para el dimensionamiento del volante de inercia se deben conocer las especificaciones del motor, su cilindrada, número de cilindros y su longitud del cigüeñal (Arias M, 2006).



Figura 14. Volante de inercia (wikipedia, 2015).

2.3.4. MECANISMO DE VÁLVULAS

En un motor de 4 ciclos, cada uno de los cilindros se encuentra provisto de dos válvulas o más: clasificadas en válvulas de admisión y válvulas de escape. El mecanismo de válvula es el que abre y cierra éstas válvulas en el momento óptimo para que el movimiento de las válvulas coincida con los pistones cuando ellos se mueven arriba y abajo (Arias M, 2006).

Los mecanismos de válvula principalmente se clasifican en: OHV, OHC y DOHC, si se toman en cuenta la disposición del árbol de levas y el cabezote con respecto al motor.

2.3.4.1. Ohv: válvula encima de la cámara

Este es un mecanismo con un eje de levas el cual está ubicado en el costado de los cilindros. Los movimientos de esta leva actúan vía varillas de empuje, brazos de balancín u otros mecanismos que abren y cierran las válvulas ubicadas en la parte superior de la cámara de combustión.

2.3.4.2. Ohc: eje de leva encima de la cámara

Este es un mecanismo con un eje de levas el cual está ubicado en la culata de cilindros. Los movimientos de esta leva actúan vía brazos de balancín para mover las válvulas.

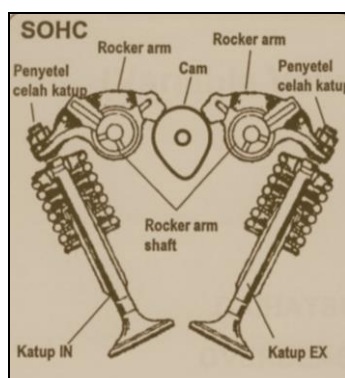


Figura 15. Válvulas de admisión y escape SOHC (automotriz.net, 2015).

2.3.4.3. Dohc: doble eje de levas encima de la culata

Este es un mecanismo con 2 ejes de levas, uno usado exclusivamente para las válvulas de admisión y el otro usado exclusivamente para las válvulas de escape, los cuales abren y cierran las válvulas directamente.

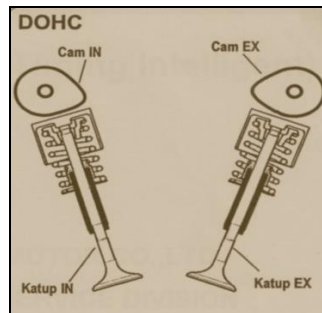


Figura 16. Válvulas de admisión y escape DOHC (automotriz.net, 2015).

2.4. SISTEMAS QUE COMPONEN EL MOTOR

Los sistemas que componen el motor son, refrigeración, distribución, lubricación, alimentación, encendido, arranque, carga, entre otros. Se estudiarán los siguientes sistemas.

2.4.1. SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

La misión del sistema de distribución es regular la entrada y la salida de los gases de los cilindros, para el llenado y vaciado de éstos, en el momento preciso (Arias M, 2006).

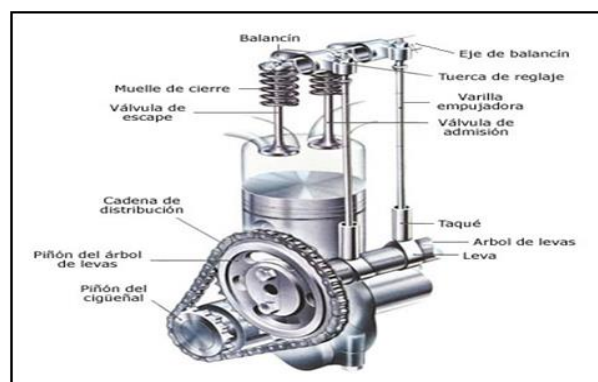


Figura 17. Sistema de distribución (aficionados a la mecánica, 2014).

2.4.2. SISTEMA DE LUBRICACIÓN

La función del sistema de lubricación es de reducir el desgaste del motor, facilitar el movimiento relativo a las piezas y mantener una buena presión de engrase para su óptimo funcionamiento. Además de otras funciones como la de refrigeración del motor también cumple con la función de limpiarlo internamente con ayuda del lubricante o conocido también como aceite de motor, el cual también puede ser de varios tipos de los cuales se debe escoger el más adecuado para cada motor.

Es importante recalcar que el aceite debe lubricar todas las piezas en las que exista movimiento para evitar la fricción entre sí como cojinetes de biela y paredes de cilindros. Para ello el filtro de aceite debe estar en buenas condiciones para no permitir el paso de impurezas (Arias M, 2006).

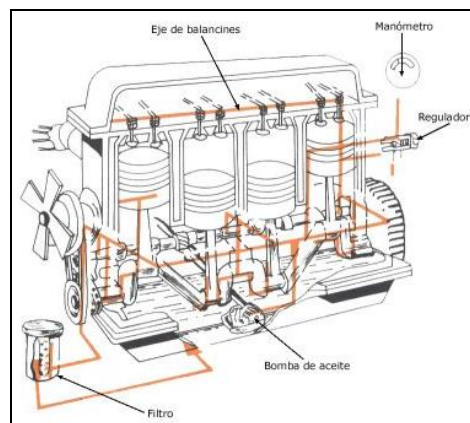


Figura 18. Sistema de lubricación (mecanicayautomocion, 2010).

2.4.3. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El objetivo del sistema de refrigeración es mantener una buena temperatura que proporcione el máximo rendimiento del motor (aproximadamente 85°C). Esto lo hace basándose en los principios de la termodinámica evacuando el exceso de calor proveniente de los cilindros hacia el exterior por medio de un intercambiador de calor llamado radiador, y el elemento de transmisión de calor generalmente es un fluido refrigerante.

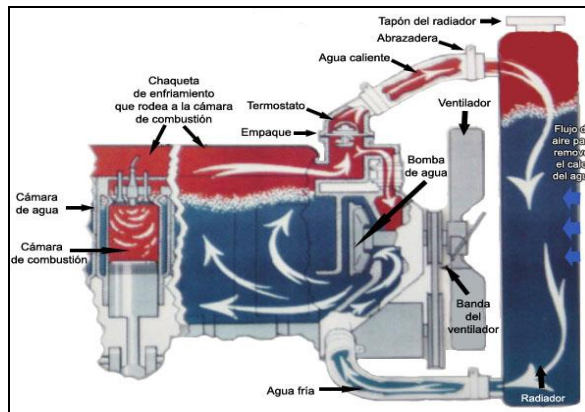


Figura 19. Sistema de refrigeración (mecanicayautomocion, 2010).

2.4.4. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE

La función del sistema de alimentación es proporcionar el combustible necesario para provocar la combustión en el interior del motor, en función de sus necesidades de cada momento ya sea por aceleración o carga entre otras. En los motores de explosión el combustible es la gasolina o nafta y en los motores a diesel el combustible es diesel o el gasoil (Arias M, 2006).

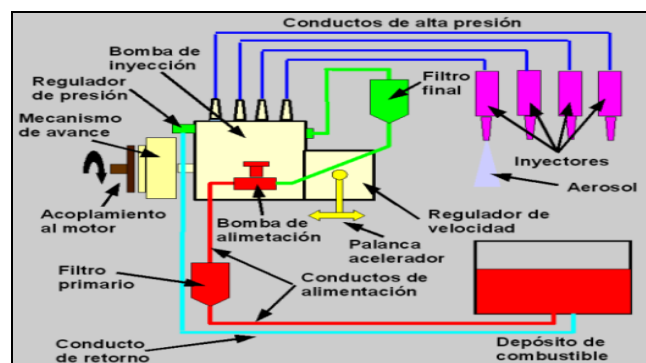


Figura 20. Sistema de alimentación de combustible (mecanicayautomocion, 2010).

2.4.5. SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema eléctrico, por medio de sus correspondientes circuitos, tiene como misión disponer de la energía eléctrica suficiente y en todo momento a través de los circuitos que corresponden al alumbrado y señalización, entre otros, y colaborando en la comodidad y seguridad.

Un sistema eléctrico lo componen los siguientes circuitos: la batería, circuito de carga de la batería, circuito de encendido eléctrico del motor, circuito de arranque del motor eléctrico, circuito electrónico para la inyección de gasolina, circuito para las bujías de caldeo en motores a diesel, circuito de alumbrado, señalización, control y accesorios (Arias M, 2006).

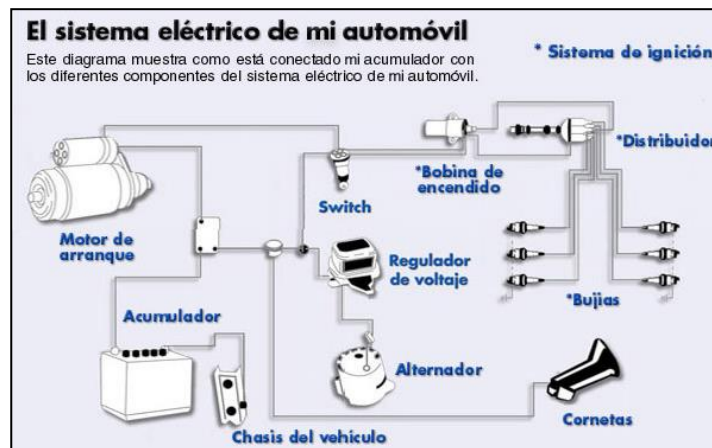


Figura 21. Sistema eléctrico (autobaterias.com, 2015).

2.4.5.1. Batería

Almacena la energía eléctrica, permite el arranque, el encendido del motor, el alumbrado y el accionamiento de los distintos accesorios.



Figura 22. Batería (autobaterias.com, 2015).

2.4.5.2. Circuito de carga de la batería

El circuito de carga tiene como misión generar la corriente eléctrica suficiente para alimentar los receptores o consumidores que estén funcionando y mantener la batería cargada (Arias M, 2006).

El alternador recibe la energía mecánica y la transforma en energía eléctrica. Un regulador de tensión mantiene el voltaje constante de dicha energía eléctrica, regulándola hasta cierto punto pese a que varíen las revoluciones del motor.

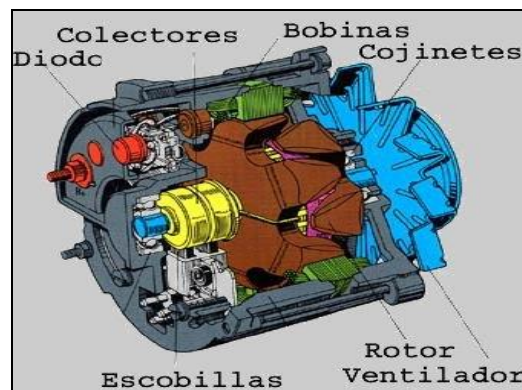


Figura 23. Alternador (vivelmotor.com, 2015).

2.4.5.3. Circuito de encendido eléctrico del motor

La función del encendido en los motores de explosión es la de producir una chispa eléctrica de alta tensión en las bujías, en el momento oportuno y según el orden de encendido de dicho motor para el cual fue diseñado. Esto lo hace mediante la ayuda de un acumulador de energía eléctrica llamado batería, sin embargo su corriente suministrada no es suficiente para encender la mezcla de aire y combustible, por ello se ha dispuesto de varios componentes eléctricos que ayudan a elevar dicha corriente y arrojarla en el momento adecuado, estos son la bobina, las bujías y el distribuidor o sistema electrónico de encendido para vehículos más modernos. (Arias M, 2006).

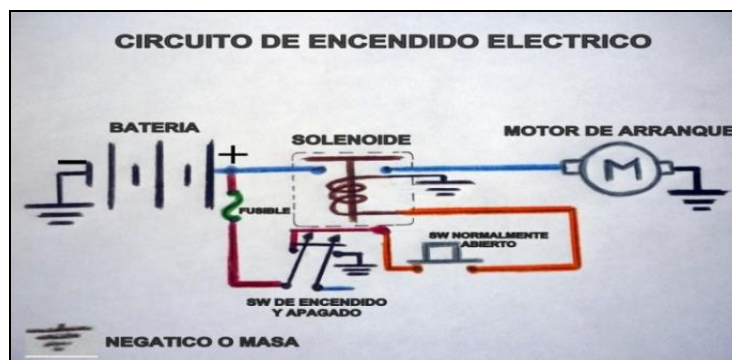


Figura 24. Sistema de encendido eléctrico del motor.

2.4.5.4. CIRCUITO DE ARRANQUE DEL MOTOR

Su misión es la de imprimirle el giro inicial y comenzar el ciclo de funcionamiento del motor de combustión interna.

2.4.5.5. Circuito para la inyección de gasolina

Su misión es inyectar gasolina en la cámara de combustión, el lugar en el que esto ocurre dependerá del tipo de sistema empleado, el cual puede ser directo o indirecto, mono punto o multipunto; y de las condiciones y necesidades para cada situación (Arias M, 2006).

2.4.5.6. Circuitos de alumbrado, señalización, control y accesorios

Estos circuitos ponen en funcionamiento el sistema del alumbrado y señalización de acuerdo con lo estipulado en la norma. Por otra parte, existen elementos eléctricos que colaboran en la seguridad considerablemente como espejos eléctricos, lava y limpia para brisas, luces optativas, aparatos de control y en otros accesorios que indican el funcionamiento en cada momento del sistema correspondiente.

2.5. EL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MPFI

El motor de combustión interna utiliza en su funcionamiento una mezcla de

aire y combustible previamente dosificada y homogénea. El sistema de inyección electrónica MPFI consta de sensores que informan a la computadora ECU, a través de un monitoreo continuo las condiciones a las que el motor está sometido. Tomando en cuenta una señal base que indica la cantidad de aire que ingresa en el cilindro, este sistema permite a la ECU determinar el tiempo de apertura de la inyección, por lo tanto la cantidad exacta de combustible a inyectarse (Oliveros J, 2012).

Los parámetros que informan los sensores a la ECU son:

- Temperatura del refrigerante.
- Temperatura y caudal del aire aspirado.
- Régimen de giro del motor.
- Carga del motor.
- Velocidad del vehículo.
- Oxígeno residual de la mezcla.
- Condiciones de funcionamiento: ralentí en frío, puesta en marcha.

Para el análisis del funcionamiento del sistema de inyección es necesario dividir a los componentes en subsistemas o bloques de la siguiente manera:

- Entrega de combustible.
- Control electrónico del motor.
- Control de encendido.
- Dispositivos de control de emisiones.

2.5.1. SISTEMA DE ENTREGA DE COMBUSTIBLE

El sistema de suministro de combustible es el encargado de aportar el combustible necesario para obtener una mezcla estequiométrica para el funcionamiento del motor, está controlado electrónicamente por la ECU (Oliveros J, 2012). En la figura 25 se observa el sistema de entrega de combustible del Corsa Wind 1.6 que se utilizó. Este sistema de alimentación es un sistema tipo bucle o tipo retorno, en donde el combustible presurizado

que no se utiliza en la inyección circula por una tubería de retorno al tanque de combustible.

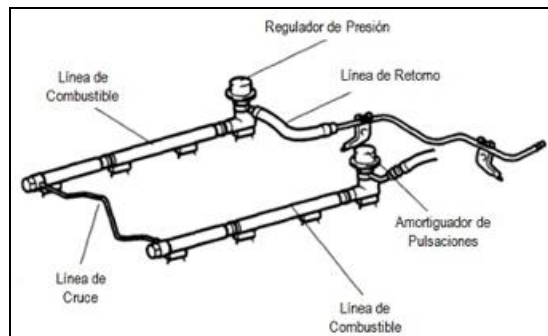


Figura 25. Sistema de entrega de combustible con retorno (mecanicayautomocion, 2010).

2.5.1.1. Depósito de combustible

Este recipiente contiene el combustible, está fabricado de chapa de acero galvanizado que se une en dos mitades por soldadura eléctrica. En la actualidad se los fabrica de plástico duro deformable y resistente a la ruptura, en su interior también se encuentra la bomba de combustible y está provisto de un tubo de llenado y una válvula de ventilación anti derrame.

Generalmente se encuentra ubicado lejos del motor para evitar la evaporación del combustible y el peligro de incendio ya que el motor tiene una temperatura de funcionamiento de aproximadamente 85°C. También se lo posiciona en la parte baja del vehículo, para descender el centro de gravedad del vehículo (Oliveros J, 2012).

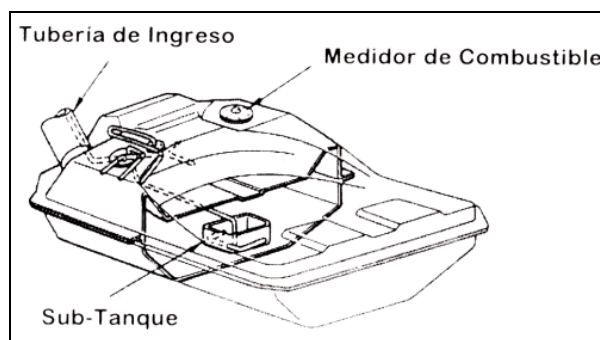


Figura 26. Depósito de combustible (mecanicayautomocion, 2010).

2.5.1.2. Bomba de combustible

La bomba de combustible es accionada por un motor eléctrico y refrigerada por el mismo caudal de combustible, es la encargada de extraer el combustible desde el tanque hasta el circuito de alimentación, además de mantener la presión en todo el sistema.



Figura 27.Bomba de combustible (mecanicayautomocion, 2010).

2.5.2. COMPONENTES DE LA INYECCIÓN ELECTRÓNICA

La inyección electrónica es un sistema que agrupa varios componentes, los cuales se clasifican en: unidad de control electrónico, sensores, actuadores.

UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO (ECU)

La unidad de control electrónico es lo que comúnmente se lo conoce como el computador, y es un procesador encargado de recibir o leer las señales eléctricas, compararlas según unos parámetros de funcionamiento previamente establecidos por el fabricante y evaluar cuál es la mejor estrategia de funcionamiento a seguir, respetando los parámetros fijados por el fabricante(Oliveros J, 2012).



Figura 28. Unidad de Control Electrónico (ECU).

Si observamos un ECU internamente dentro de un esquema de funcionamiento encontramos que tiene varias memorias encargadas de gestionar algún tipo de datos específicos por medio de un microprocesador. Las más comunes son: memoria ROM, memoria RAM, memoria KAM, memoria EEPROM, memoria en bloque, memoria adaptativa, gestor de tráfico de información BUS (Manzanares M et al, 2004).

Memorias ROM y RAM

Memorias ROM son aquellas memorias de las cuales solamente se puede leer sus datos, mientras que las memorias RAM son aquellas que además de ofrecernos las funciones de lectura, se pueden borrar o volver a programar. A continuación veremos un ejemplo de la segundas.

Memoria EEPROM

Las siglas EEPROM significan Electronic Erasable Programmable Read Only Memory (Robert Bosch GmbH, 2002). Básicamente la memoria EEPROM es una memoria que cumple las funciones de lectura y además es programable electrónicamente. Esta memoria esta soldada sobre la placa de la ECU. Por lo general en la EEPROM esta memorizado el PROGRAMA MONITOR con el código de programación que el ECU necesita para controlar el funcionamiento del motor (Herrera I, 2012). Además para el caso del corsa B se cuenta con una memoria EEPROM 27c256 cuya capacidad de memoria es de 32kb (gmecu.blogspot.com, 2009).

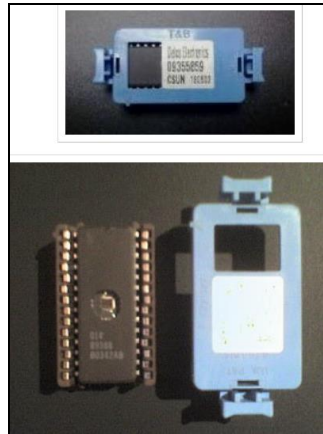


Figura 29. Memoria EEPROM del corsa B.

La ECU tiene en su programación estrategias para cada condición de los sensores, con el fin de optimizar el funcionamiento del motor y el consumo de combustible (Manzanares M et al, 2004).

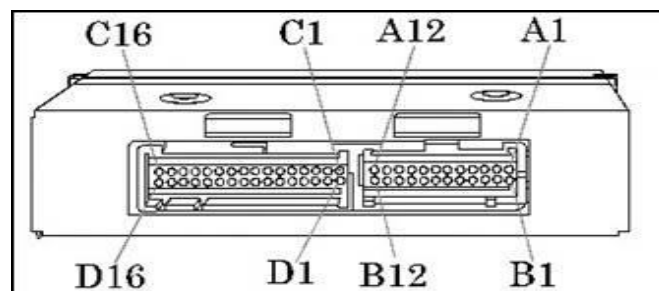


Figura 30. Control ECU (Autodata, 2006).

"A"

- A1 No utilizado.
- A2 Señal del CKP.
- A3 Relé de aire acondicionado.
- A4 Relé de ventilador (1ra velocidad).
- A5 Relé de ventilador (2da velocidad).
- A6 No utilizado.
- A7 Señal del MAP.

- A8 Señal del TPS.
- A9 Válvula de purga de cánister.
- A10 No utilizado.
- A11 Masa de Sensores.
- A12 Masa del ECM.

"B"

- B1 Voltaje de la batería.
- B2 Línea de señal del sensor de velocidad del vehículo VSS.
- B3 Masa del sensor CKP.
- B4 No utilizado.
- B5 No utilizado.
- B6 Relé de la bomba de combustible 85.
- B7 Línea de comunicación, terminal G del conector de datos.
- B8 Voltaje de referencia para sensores MAP y TPS.
- B9 No utilizado.
- B10 Masa del ECM.
- B11 Señal del sensor de oxígeno EGO.
- B12 Señal del sensor de temperatura de refrigerante ECT.

"C"

- C1 No utilizado.
- C2 Señal del tacómetro.
- C3 Módulo de encendido terminal B.
- C4 Interruptor de encendido.
- C5 Conector IAC terminal D.
- C6 Conector IAC terminal C.
- C7 No utilizado.
- C8 Conector IAC terminal A.

- C9 Conector IAC terminal B.
- C10 No utilizado.
- C11 Control de inyectores 2 y 3.
- C12 No utilizado.
- C13 Puente con C14.
- C14 Puente con C13.
- C15 Control de inyectores 1 y 4.
- C16 Voltaje de la batería.

"D"

- D1 Masa del ECM.
- D2 Masa de sensores TPS e IAT.
- D3 Señal del sensor de temperatura del aire de la admisión IAT.
- D4 No utilizado.
- D5 Interruptor del aire acondicionado.
- D6 No utilizado.
- D7 No utilizado.
- D8 Línea de comunicación, terminal B del conector de datos 14.
- D9 No utilizado.
- D10 Módulo de encendido terminal a.
- D11 Señal del conector de octanaje.
- D12 No utilizado.
- D13 No utilizado.
- D14 No utilizado.
- D15 No utilizado.
- D16 No utilizado.

2.5.2.1. Sensores y actuadores

Las estrategias de la ECU se basan principalmente en el control de los actuadores para ampliar o reducir el tiempo de inyección, además de controlar otras válvulas que permiten una mezcla estequiometría precisa. Para determinar el funcionamiento de la ECU es necesario conocer cómo trabaja internamente, para esto, en la siguiente figura se observa la estructura interna esquematizada en bloques funcionales (Robert Bosch GmbH, 2002).

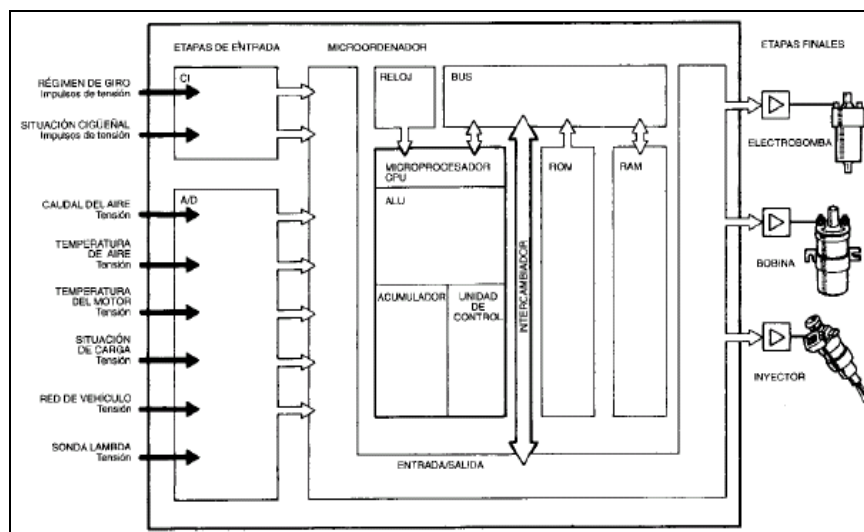


Figura 31. Esquema de la estructura de la ECU (Autodata, 2006).

METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO UTILIZADO PARA REALIZAR EL DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DEL MOTOR

Para realizar la investigación se basa inicialmente en una investigación bibliográfica para luego, en la implementación realizarla científica experimental, donde se inicia con la observación sistemática, luego ejecutamos el registro de datos, organización y clasificación e interpretación de los datos y para finalmente implementarlos.

Se aplicó el método inductivo, para lo cual seguimos las cuatro etapas básicas: la observación de campo, el registro de datos, el análisis y la elaboración de los resultados (Domínguez J, 2007).

Inicialmente el motor del vehículo CHEVROLET CORSA WIND 1.6L 2002 no pudo ser encendido usando varios métodos para encenderlo, debido a esto, el vehículo que se encontraba en el taller de Ingeniería Automotriz de la Universidad Tecnológica Equinoccial campus Occidental, se trasladó mediante un vehículo remolcador hasta el taller de reparación AUTO-SERVICE, ubicado en la Avenida de la Prensa y Davincci, donde se realizaron las diferentes pruebas como:

- Se verifica que los líquidos como agua (refrigerante) y aceite (lubricante) se encuentren en sus medidas normales.
- Se verifica que exista combustible en el depósito correspondiente.
- No se enciende el vehículo para cual es necesario cargar la batería.
- Se evidencia la falta de algunos fusibles.
- Se nota que el cableado total de los 56 pines que llegan a los sensores y actuadores se encuentra en mal estado como desoldado, cortado etc.
- Se chequean los Puntos de distribución del cigüeñal con relación al árbol de las levas.
- Se verifica la compresión de cada cilindro.
- Se realiza la prueba húmeda.

- Se determinó que un diente estaba retrasado con respecto a la distribución entre el árbol de levas y el cigüeñal.

3.2. MÉTODO UTILIZADO PARA REPARAR LAS PARTES FUNDAMENTALES DEL MOTOR Y EL CABEZOTE

Como se pudo determinar en el diagnóstico y análisis del motor, es necesario realizar una serie de reparaciones y acciones previas antes de reparar el cabezote del mismo.

En la siguiente tabla encontramos las acciones realizadas con sus respectivos equipos a utilizarse:

Tabla 1. Acciones realizadas y equipos utilizados.

Acción realizadas para la reparación	Equipos o instrumentos utilizados
Se completaron los líquidos correspondientes como refrigerante del radiador, lubricante del motor y lubricante de la caja de cambios.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Guantes de nitrilo. ✓ Ropa de trabajo. ✓ Lubricantes. ✓ Refrigerante.
Se completó el combustible correspondiente.	Caneca de 5 galones de combustible
Se cargó la batería	Cargador de Baterías durante 1 hora
Se cambiaron y complementaron los fusibles necesarios, para luego comprobar la continuidad eléctrica de cada circuito.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Multímetro automotriz. ✓ Instalación manual.
Se empató los cables del sistema eléctrico que estaban sueltos, mediante suelda de estaño y se comprobó la continuidad y resistencia eléctrica de cada circuito.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gafas de protección. ✓ Soldador de estaño. ✓ Estaño. ✓ Pasta para soldadura de estaño. ✓ Alicata para pelar cable. ✓ Gafas de protección Ocular. ✓ Mascarilla de carbón activo para protección de vías respiratorias. ✓ Multímetro automotriz.

Para realizar la reparación de cabezote se realizaron las siguientes acciones:

3.2.1. DESMONTAJE

Dejar enfriar el motor a temperatura ambiente.

Aflojar los tornillos de la culata en orden inverso al ajuste.

3.2.2. LIMPIEZA

Limpiar y desengrasar el cabezote.

Limpiar el circuito de refrigeración.

Pasar un machuelo roscado por los alojamientos de los pernos.

Limpiar la rosca de los pernos con cepillo metálico.

Limpiar con gasolina, thinner, productos químicos.

3.2.3. VERIFICACIONES

Comprobar la planitud del cabezote.

Comprobar los pernos del cabezote.

Comprobar el estado de las arandelas.

3.3. MÉTODO UTILIZADO PARA REPOTENCIAR LOS SISTEMAS MECÁNICOS Y ELECTRÓNICOS DEL MOTOR

3.3.1. REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO

Se inicia con el desmontaje del habitáculo del cabezote, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Asegurar que el vehículo, antes de comenzar el trabajo, que se encuentre en una superficie plana y a nivel y a medida que se vayan

extrayendo las piezas del motor y sus órganos de fijación, estos se deben colocar en un lugar adecuado.

- Se desconecta el borne negativo de la batería para evitar cualquier cortocircuito.
- Se drena los fluidos contenidos en la culata, el refrigerante del radiador, el aceite del motor, y la gasolina existente en el tanque de combustible.
- Se retira accesorios del motor como el radiador, ventilador eléctrico, alternador, y todos los cables del sistema eléctrico.

Para el despiece del cabezote realizamos lo siguiente:

- Se afloja cada perno del soporte del eje de balancines, desde el exterior hacia el centro.
- Se guarda las varillas de empuje en correcto orden.
- Se afloja cada perno del cabezote, desde el exterior hacia el interior.
- Con el propósito de despegar el cabezote, se realiza una palanca con un destornillador entre el cabezote y el bloque.
- Se desmonta las válvulas y sus respectivos muelles con la ayuda de una prensa apropiada para esta operación.
- Se arregla las válvulas en correcto orden, y aflojamos cada perno de soporte del eje de balancines, desde el exterior hacia el centro.
- Antes de iniciar con las comprobaciones, se realiza una limpieza completa de la cámara de combustión, removiendo toda la carbonilla desde el múltiple, hasta la superficie de la cámara de combustión.
- Con el propósito de verificar la planitud de la superficie de apoyo con el bloque, se realizó por medio de una regla metálica y un juego de láminas calibradas.
- Una vez desmontadas las válvulas de la culata, y efectuada la correspondiente limpieza de las piezas, se procede a inspeccionarlas, comprobando que la superficie del asiento no presente ralladuras.
- Luego se comprueba el juego existente entre el vástago de la válvula y su guía, se comprueba moviendo la válvula lateralmente, para acercarla y

alejara del palpado; la diferencia obtenida entre ambas posiciones determina el juego existente.

- Por medio de un calibrador se comprueba la altura saliente de la nueva guía.
- Se comprueba el margen de la cabeza de la válvula de admisión y escape.
- Se comprueba si la válvula asienta al rededor de los 360° del asiento.
- Se retira con una prensa de válvulas el muelle, para comprobar que todos los resortes se encuentran dentro del margen establecido.
- Por último se procede al montaje de todo el conjunto, poniendo mucha atención a que el agujero de lubricación del eje, quede alineado con el cuarto soporte del mismo.

Es importante recalcar que antes de comenzar el armado, se realizaron las siguientes acciones:

- Se limpiaron a fondo todas las partes a ser armadas, utilizando una tela de lienzo, aplicar aceite de motor limpio, e ir comprobando que roten libremente las superficies antes de ensamblar.
- Para realizar el montaje, se procedió con el siguiente orden:
 1. Válvulas y Muelles
 2. Cabezote
 3. Varillas de empuje
 4. Eje de balancines
 5. Múltiples
 6. Tubo de combustible
 7. Bujías
 8. Tapa válvulas

Luego se comprimen los muelles de válvulas con ayuda de una prensa apropiada para dicho montaje, es necesario cambiar los sellos de válvulas.

Tras haber montado la válvula en el muelle, ligeramente golpear con un martillo de goma para asegurar la correcta posición de la chavetas.

Se coloca la junta de la culata en el bloque de cilindros, tomando en cuenta que los agujeros del aceite coincidan; y por último se aprieta gradualmente los pernos del cabezote.

3.3.2. REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

3.3.2.1. Diagnóstico

Una vez realizadas las reparaciones mecánicas se procedió a realizar las pruebas dinámicas del rendimiento del motor En los laboratorios de la Corpaire sector Guamaní ubicada en el Sur de Quito, ya que dicha organización era una de las pocas que poseen un dinamómetro dinámico de rodillos adecuado para el presente proyecto.



Figura 32. Prueba en dinamómetro de rodillos vista delantera.



Figura 33. Prueba en dinamómetro de rodillos vista posterior.

Los resultados obtenidos en las pruebas dinámicas eran llevados a un procesador para su posterior análisis. Estos se incluyen en el capítulo de Resultados del presente proyecto.

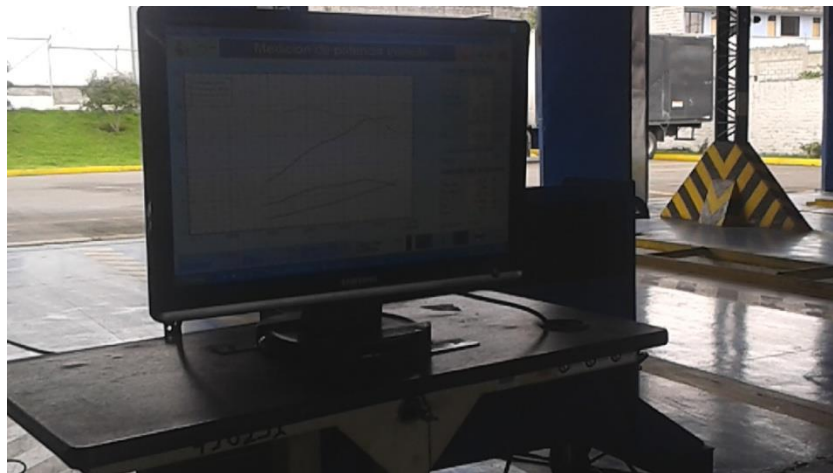


Figura 34. Visualización de las curvas de desempeño del motor.

Durante el diagnóstico se optó por limpiar los pines de los Stokes y verificar su funcionamiento con un multímetro, lo cual permitió detectar las fallas descritas a continuación:

El cableado total, es de 56 PINES, que llegan a los sensores y actuadores, los cuales se encontraban en mal estado como desoldado, cortado, falta de alambre conductor y ausencia de los terminales de conexión,

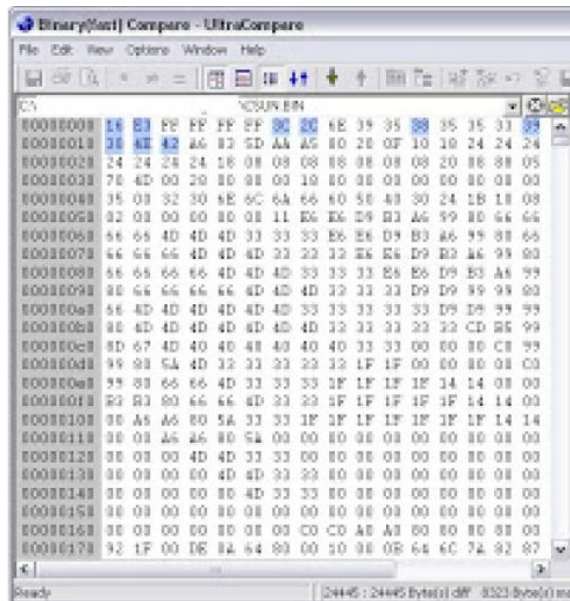


Figura 36. Código original de programación de la ECU o mapas.

3.3.2.3. Diagnóstico inicial de los parámetros de funcionamiento del sistema de inyección electrónica

Mediante el uso del osciloscopio se pudieron determinar los siguientes parámetros referentes al funcionamiento de la inyección electrónica funcionando con el programa original de la ECU:

- Se determinó que el ancho de pulso de la inyección original era de 9 milisegundos.
- El corte máximo de inyección inicialmente era a los 6000 [Rpm].
- El adelanto de encendido en ralentí original era de 8 grados.
- El adelanto de encendido en altas revoluciones original era de 34 grados.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DE LA REPOTENCIACIÓN MECÁNICA

Luego de realizadas las diferentes actividades mencionadas anteriormente se obtuvieron los siguientes resultados:

Compresión de los cilindros:

- 1° CILINDRO: 80 PSI
- 2° CILINDRO: 90 PSI
- 3° CILINDRO: 90 PSI
- 4° CILINDRO: 85 PSI



Figura37. Potenciación mecánica del motor



Figura 38. Rehabilitación del mecanismo de válvulas del motor.

4.2. RESULTADOS DE LA MODIFICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA MEMORIA ECU

Comprendió los procesos de cambio o de modificación a la memoria de la Unidad Electrónica de Control ECU a la cual se le modificaron sus valores en lenguaje hexadecimal cargados en los clúster del EEPROM estos datos también como mapas.

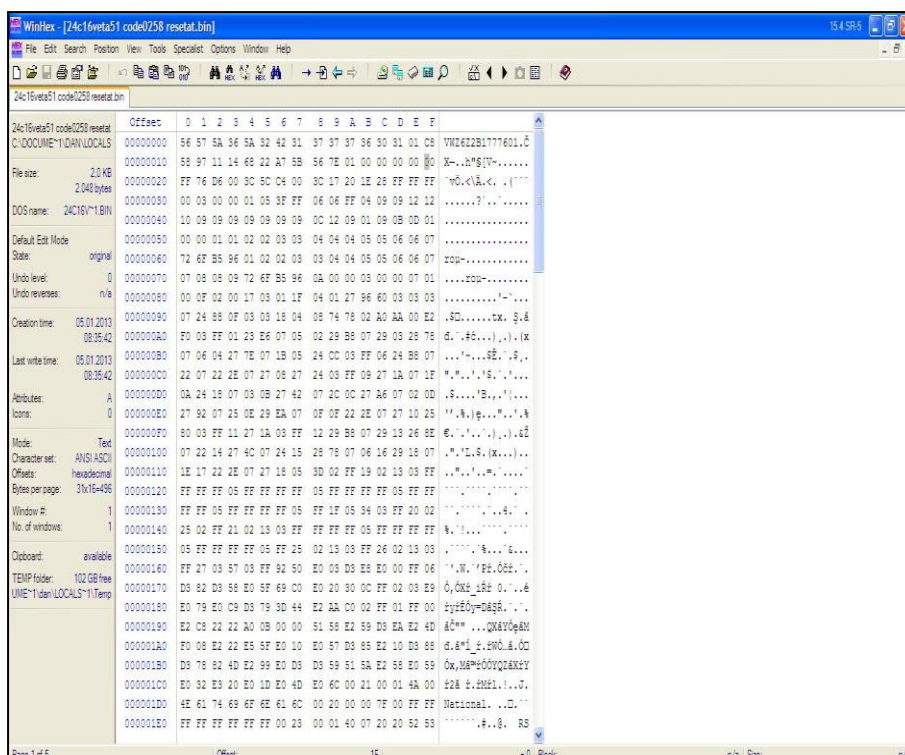


Figura 39. Código de programación o mapas del EEPROM potenciado.

Una vez realizada la modificación electrónica de la memoria EEPROM mediante el software SUPERCHIPS, se realizó una prueba en el dinamómetro de chasis o de rodillos del desempeño del motor a los 2.4 segundos de aceleración así como a los 4458 [Rpm] se obtuvo su máxima potencia de 158[BHP], y un máximo de torque de 352[Nm] a las 2318 [RPM].

En la figura a continuación se puede observar el desempeño del motor en cuanto a potencia y torque inicial del motor representada con líneas de color

gris, y las líneas de color azul representan el desempeño del motor luego de la repotenciación electrónica mediante la tecnología SUPERCHIPS.

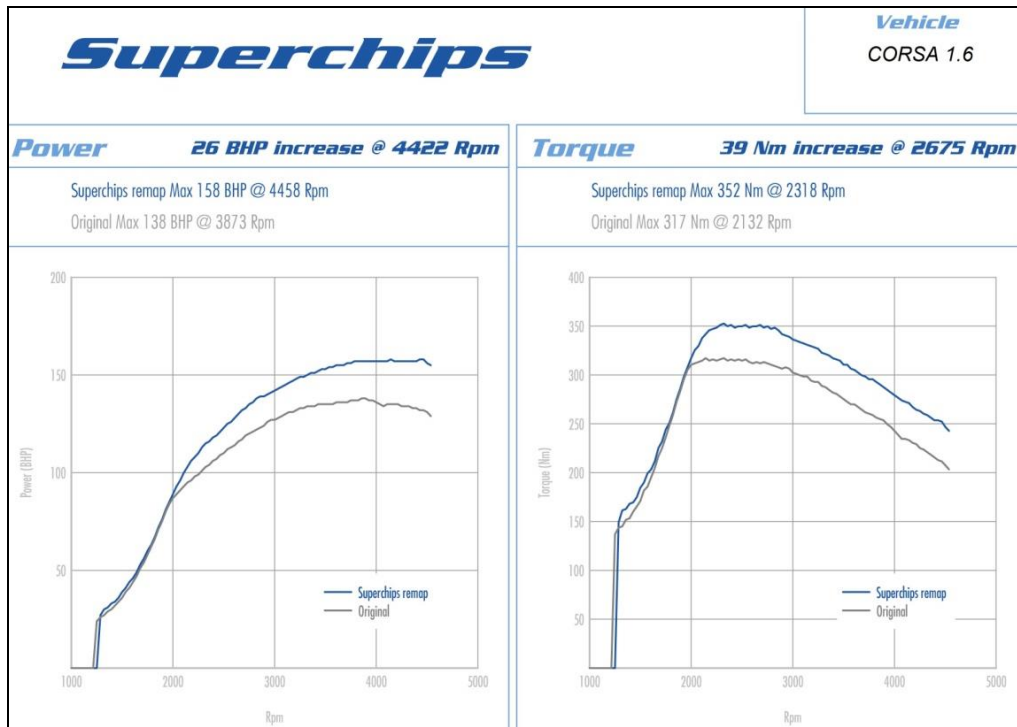


Figura 40. Curvas de torque y potencia del motor potenciado electrónicamente obtenido dinamómetro.

4.2.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL DINAMÓMETRO

Al potenciar la memoria se logró que el vehículo incremente su desempeño y su rendimiento, especialmente en la aceleración del mismo mejorando su potencia y su caballaje de las cuales, la potencia obtuvo su mejor desarrollo en carretera con variación de presión atmosférica.

Tabla 2. Análisis de las mejoras mediante la potenciación electrónica.

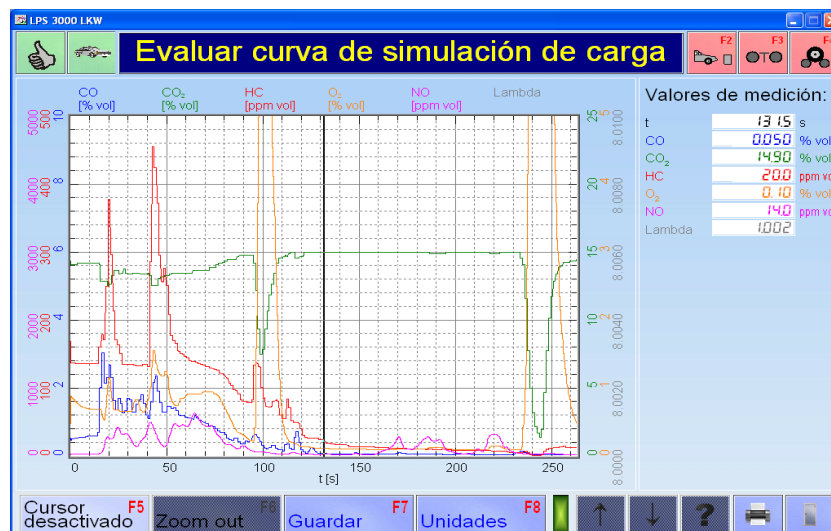
	INICIAL	FINAL	% DE MEJORA
TORQUE MAX.	317 [Nm]@2132[Rpm]	352 [Nm]@2318[Rpm]	11,04%
POTENCIA MAX	138[BHP]@3873[Rpm]	158[BHP]@4458[Rpm]	14,5%

4.2.2. ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DURANTE LA PRUEBA EN DINAMÓMETRO



Figura 41. Resultado de los análisis de emisiones durante las pruebas en dinamómetro.

También se analizaron las emisiones dinámicas realizadas en un banco de pruebas analizador de gases. Las pruebas dinámicas de rendimiento y consumo de combustible fueron óptimas logrando una combustión estequiométrica óptima, también se procedió a analizar los datos con referencia a los niveles de emisiones permitidas por la CORPAIRE, con el objeto de determinar si nuestro vehículo cumplía con dicha ordenanza ambiental, como se puede ver en los siguientes gráficos y tablas.



7800	7801	7802	7803	7804	7805
CO	CO ₂	HC	Ob ₂	NO	Lambda

Figura. 42. Resultado final de las pruebas de emisiones de gases.

Tabla 3. Emisiones permitidas para vehículos a gasolina por la CORPAIRE (Toro C, 2014).

VALORES MÁXIMOS (UMBRAL TIPO III) DE EMISIONES DE VEHÍCULOS A GASOLINA (RTV 2009)			
PRUEBA EN VACIO EN ALTAS Y BAJAS REVOLUCIONES:			
ANO MODELO	CO (% V) Monóxido de carbono	HC (ppm) Hidrocarburos	O2 (% V) Oxígeno
2000 Y POSTERIORES	1	200	5
1990 – 1999	4.5	750	5
MENOR A 1989	7	1300	5
VALORES MÁXIMOS (UMBRAL TIPO III) DE EMISIONES DE MOTOCICLETAS DE 2 Y 4 TIEMPOS (RTV2009)			
PRUEBA EN VACIO EN BAJAS REVOLUCIONES-RALENTI:			
AÑO MODELO	CO (% V) Monóxido de carbono	HC (ppm) Hidrocarburos	O2 (% V) Oxígeno
TODAS	8	6000	5
VALORES MÁXIMOS (UMBRAL TIPO III) DE OPACIDAD DE VEHÍCULOS A DIESEL (RTV2009)			
PRUEBA EN ACELERACION LIBRE:			
ANO MODELO	% de OPACIDAD		
2000 Y POSTERIORES	50		
1999 Y ANTERIORES	60		

A continuación se comparó los datos obtenidos por el banco analizador de gases frente a los umbrales establecidos por la CORPAIRE, mediante lo cual se pudo determinar que el motor cumplía con dicha ordenanza ambiental.

Tabla 4. Análisis de las emisiones ambientales del motor frente a las ordenanzas locales.

	Valor Obtenido	Máximo permitido para vehículos posteriores al año 2000	OBSERVACIÓN:
CO	0,05 %	1 %	CUMPLE
CO ₂	14,90 %	-	-
HC	20 ppm	200 ppm	CUMPLE
O ₂	0,10 %	5 %	CUMPLE
NO	14,0 ppm	-	-
Lambda	1,002	-	-

4.2.3. DIAGNÓSTICO FINAL DE LOS PARÁMETROS DE INYECCIÓN LUEGO DE LA REPOTENCIACIÓN ELECTRÓNICA

Mediante el uso del osciloscopio se pudo determinar los siguientes parámetros de funcionamiento del sistema de inyección del motor:

- El ancho de pulso de la inyección pasó a 12 milisegundos medido con osciloscopio.
- El corte de inyección pasó a las 6500 [Rpm].
- El adelanto de encendido en ralentí luego de la repotenciación pasó a ser de 11 grados.
- El adelanto de encendido en altas revoluciones luego de la repotenciación pasó a ser de 38 grados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se cumplió con el objetivo principal de analizar, diagnosticar y repotenciar el motor en cuestión para solucionar su problemática la cual era que esta inicialmente deshabilitado.
- Se elaboró un marco teórico abordando el tema del funcionamiento del motor a combustión interna con inyección electrónica de combustible, el cual contribuyó a mejorar el entendimiento del realizador del proyecto acerca del funcionamiento de los sistemas de dicho motor previo a la realización de las actividades de repotenciación.
- Las actividades de diagnóstico del motor fueron documentadas en el capítulo de metodología, en el cual luego de un análisis previo del realizador se pudo concluir que era factible la repotenciación de dicho motor y se procedió a adquirir los recursos necesarios con autogestión, luego se continuó con las actividades de rehabilitación del mismo y su repotenciación fue factible ya que el realizador contó con los recursos necesarios en el momento adecuado.
- La instalación del cabezote requiere una investigación previa acerca de la relación existente entre el bloque de cilindros a utilizar y el cabezote destinado a instalar.

- Antes de cualquier trabajo se necesita realizar una investigación acerca del presupuesto a utilizar para evitar inconvenientes a futuro.
- Se debe realizar pruebas previas a cualquier modificación para determinar si se alcanzaron los objetivos deseados, para el caso del presente proyecto el realizador cumplió con todos ellos.
- Al instalar el cabezote DOHC se comprobó que no se lo debe instalar sin tomar en cuenta factores como relación de compresión, y diferencia de volúmenes, lo cual influiría en los resultados finales.
- Se concluye lo estableciendo, que existe la posibilidad de aumentar el caballaje de un Chevrolet Corsa 1.6 estándar no únicamente trabajando en el cabezote, sino también reemplazando los pistones originales y realizando otras modificaciones en el sistema electrónico de inyección de combustible.
- El bruñido de los cilindros ayuda significativamente a que se genere un aumento de compresión en el motor.
- Se determinó que la prueba más real para establecer la potencia en un motor se la debe realizar en un dinamómetro ya que las especificaciones técnicas generadas por el fabricante varían significativamente por factores externos como la presión atmosférica en la ciudad de Quito.

- Las mejoras electrónicas para la potenciación de la ECU fueron comprobadas mediante un dinamómetro de rodillos en la Corpaire de Guamaní, evidenciado mejoras de un 14,5% en la potencia del motor y en un 11,04% para el Torque del motor.
- Mediante la prueba dinámica también se pudieron analizar los datos de emisiones ambientales del motor en donde se pudo comprobar que el motor cumplía con las ordenanzas ambientales locales luego de todo el proceso de repotenciación.
- Con todo lo anteriormente mencionado el realizador entregó a la Carrera de Ingeniería Automotriz un vehículo totalmente funcional, cuyo rendimiento estuvo probado y garantizado tanto mecánica como electrónicamente, para que el mismo pueda ser usado en una siguiente etapa del proyecto, es decir la implementación del sistema GNC.

5.2. RECOMENDACIONES

- Sea cual sea el trabajo a realizar la seguridad es lo más importante que se debe tomar en cuenta tanto en el desmontaje, ensamblaje y adaptaciones a realizar, por esta razón es necesario tomar en cuenta las normas de seguridad establecidas, tanto para el procedimiento que seguimos en la elaboración del proyecto como en el momento de realizar las pruebas.
- Antes de realizar cualquier modificación es necesario realizar una investigación a fondo acerca de la factibilidad del proyecto para evitar tener percances después.

- Es recomendable pedir asesoría técnica a gente que tenga experiencia con el tema seleccionado ya que esto despejará muchas dudas que solamente alargaran el proyecto.
- Es importante seleccionar un vehículo que se preste para las modificaciones a realizar ya que se debe tomar en cuenta la disponibilidad de repuestos, costos y la relación existente entre otras marcas.
- Al momento del desarmado, es muy importante tener un orden lógico para cada cosa, ya que esto nos ayudará a no perder piezas que podamos necesitar a futuro.
- Es de gran ayuda elegir el lugar adecuado para realizar las pruebas y trabajos ya que el orden y limpieza juegan un papel importante en el éxito de cualquier proyecto.
- Es importante documentar todo lo referente al proyecto, datos, detalles, facturas, etc. Lo cual será necesario para el desarrollo del trabajo escrito.
- Alcanzados los objetivos planteados, en este caso, el potenciamiento de un motor, se debe tomar en cuenta factores de seguridad.

GLOSARIO

- **MPFI**

Significa sistema de inyección electrónica de combustible multipunto, básicamente es un sistema electrónico que suministra combustible en las cantidades y tiempos adecuados para el buen funcionamiento del motor, es un sistema que reemplazo al sistema de carburador ya que es más eficiente.

- **ECU**

Significa unidad de control electrónico del motor, su función es contralar todo el sistema de inyección electrónica de combustible ya que es un procesador electrónico similar a un computador.

- **GNC**

Significa Gas natural comprimido, es un combustible gaseoso que puede ser utilizado en motores de combustión otto, previo a una serie de modificaciones, constituye una alternativa más amigable con el ambiente que la gasolina.

- **CO**

Monóxido de carbono.

- **HC**

Hidrocarburos.

- **O₂**

Oxígeno.

- **CO₂**

Dióxido de carbono.

- **Lambda**

Mide la cantidad de oxigeno contenido en los gases de escape para determinar si se está realizando una buena combustión en el motor, a manera de retroalimentación.

- **Ralentí**

Es cuando el motor está funcionando en sus mínimas revoluciones sin pisar el acelerador.

- **Osciloscopio**

Es un aparato de diagnóstico electrónico que nos permite analizar las señales electrónicas.

- **Multímetro**

Es un aparato de diagnóstico eléctrico y electrónico que nos permite diagnosticar los sistemas eléctricos y electrónicos del automóvil.

BIBLIOGRAFÍA

- Aficionados a la mecánica (2014). *Estructura del motor de explosión*. Recuperado el 11 de febrero de 2015, de <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-estructura.htm>.
- Alcalde, P. (2009). *Electrónica - Instalaciones eléctricas y automáticas*. (1ª Edición). Madrid, España: Editorial Paraninfo.
- Alcalde, P. (2010). *Electrónica Aplicada*. (1ª Edición). Madrid, España: Editorial Paraninfo.
- Alonso, J. M. (2000). *Técnicas del Automóvil: Motores*. Paraninfo.
- Arboledas, D. (2009). *Electrónica para la educación secundaria*. (1ª Edición). España: Editorial Bubok.
- Arias M. (2006). *Manual de automóviles*. Edición 56ª. Cie Inversiones 2000. Madrid, España: Editoriales Dossat.
- Autobaterias.com (2015). *La batería y el sistema eléctrico de mi automóvil*. Recuperado el 5 de enero de 2015, de <http://www.autobaterias.com.mx/6.htm#>
- autodaewoospark.com (2014). *Partes del motor: culata de cilindros, tren de válvulas, block de motor, cigüeñal, brazos de biela, banda de tiempo*. Recuperado el 11 de febrero de 2015, de <http://www.autodaewoospark.com/partes-motor-culata-cilindros-tren-valvulas-block-brazos-biela-ciguenal-banda-tiempo.php>.

- Autodata (2006). *AutoData-CD_ Version 3.16* [Software de cómputo con especificaciones técnicas de varios modelos vehículos hasta el año 2006].UnitedKingdom: AutodataLimited.
- Automotriz.net (2015). *Conocimientos básicos – Parte 2*. Recuperado el 27 de febrero de 2015, de <http://www.automotriz.net/cms/tecnica/conocimientos-basicos-parte-2/>
- Bernal, C (2006). *Metodología de la investigación para la administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. (2nda. Ed.). México DF, México. Pearson educación.
- Cairó, O. (2006). *Fundamentos de programación. Piensa en C*. Pearson Educación de México. Litográfica ingramex S.A.
- Cuaical Angulo, B. A., &Montúfar Paz, P. A. (2009). *Diseño e instalación de un sistema de hidroinyección en un motor de combustión interna que opera con GNC*.
- Domínguez J, 2007. *Dinámica de Tesis*, tercera edición. Perú.
- García, E. (2007). *Principios básicos de informática*. (1ª Edición). Madrid - España: Editorial Dykinson.
- Gmecu.blogspot.com (2009). *GM-Ecu Corsa 1.6 8v*. Recuperado el 5 de enero de 2015, de <http://gmecu.blogspot.com/>.
- Harvey, M., Deitel., Paul J. (2004). *Cómo programar en C/C++ y Java*. (4ª Edición). México: Editorial: Pearson.
- Heitner J. (1989). *Mecánica automotriz principios y prácticas*. Editorial Diana.

S.A. México D.F., México.

Hermosa, A. (2004). *Electrónica digital fundamental*. (3ª Edición). Barcelona, España: Editorial MARCOMBO S.A.

Hermosa, A. (2012). *Electrónica aplicada CF Instalaciones de telecomunicaciones*. (1ª Edición). Barcelona, España: Editorial Marcombo S.A.

Herrera, I (2012). Diseño y construcción de una maqueta funcional del motor ciclo otto con inyección electrónica.

Landa, N. (2008). *Curso de programación C#*. (1ª Edición). México: Manuales USERS.

Lapuerta, M., Armas, O., Agudelo, J. R., & Sánchez, C. A. (2006). Estudio del Efecto de la Altitud sobre el comportamiento de Motores de combustión Interna. Parte 1: Funcionamiento. Información tecnológica, 17(5), 21-30.

Maldonado Páez, FE, y Loyo Caicedo, DA (2010). Repotenciación Mecánica y Electrónica del motor G16 1600 del Vehículo Chevrolet LUV 1977.

Manzanares Brotons, M., Llumà Fuentes, J., Domingo Peña, J., Alonso, C., & García Gamundi, J. (2004). ECU: Sistemas electrónicos de inyección en motores de combustión Interna.

Mecanicayautomocion (2010). *Mecánica del automóvil*. Recuperado el 12 de enero de 2015, de <http://mecanicayautomocion.blogspot.com/2009/02/engrase-indice-introduccion-aceites.html>.

Muñoz, J., Palacios, R. (2006). *Fundamentos de programación utilizando el lenguaje C*. (1ª Edición). España: Universidad Pontificia Comillas.

Oliveros J. (2012). *Manual de reparación de automóviles*. Barcelona, España: Editorial Lexus. Grafos S.A.

Pérez, I. (2005). *Lenguaje y Compiladores*. (1ª Edición). Caracas - Venezuela: Editorial Impresos Minipres C.A.

Robert Bosch GmbH (2002). *Microelectrónica en el vehículomotorizado*. Stuttgart: Editorial Bosch GmbH.

Ruiz, A., Ros, F., Rico, J. (2010). *Guía práctica de sensores*. (1ª Edición). España: Centro español de derechos reprográficos.

Toro, C (2014). *Estudio de la influencia del Óxido Nitroso en un motor Nissan L16*.

Torrente, O. (2013). *Arduino. Curso práctico de formación*. (1ª Edición). Madrid, España: Grupo RC Libros.

Unad (2014). *Universidad nacional abierta y a distancia: Lección 18 Principios de funcionamiento del motor de combustión interna*. Recuperado el 22 de febrero de 2015, de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201619/Maquinaria%20y%20Mecanizacion/leccin_18__principios_de_funcionamiento_del_motor_d_e_combustin_interna.html.

vivelmotor.com (2015). *Para qué sirve el alternador de un coche*. Recuperado el 5 de Enero de 2015, de <http://www.viveelmotor.com/para-que-sirve-el-alternador-de-un-coche/>

Wikipedia (2015). *Volante de inercia*. Recuperado el 12 de enero de 2015,
de http://es.wikipedia.org/wiki/Volante_de_inercia.

ANEXOS

ANEXOS



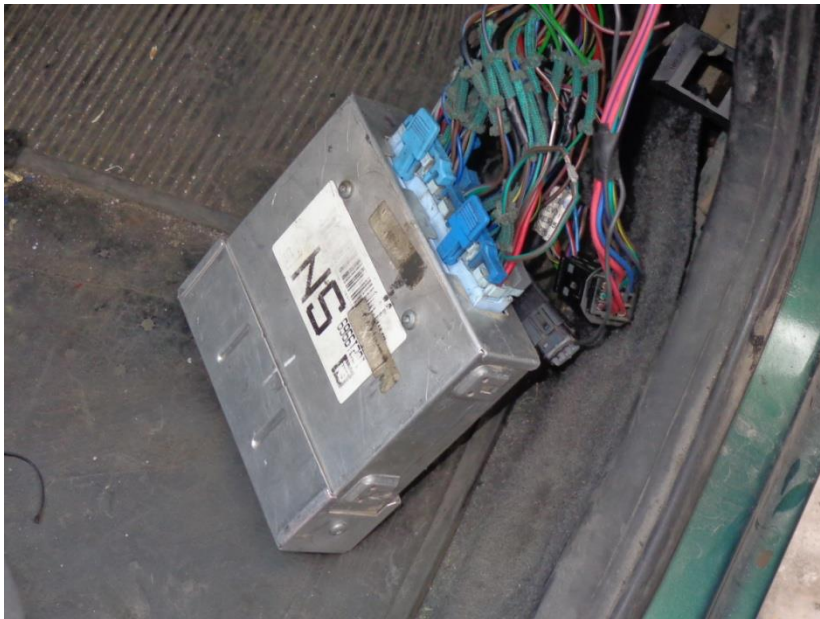
ANEXO 1. Vista frontal del motor 1.



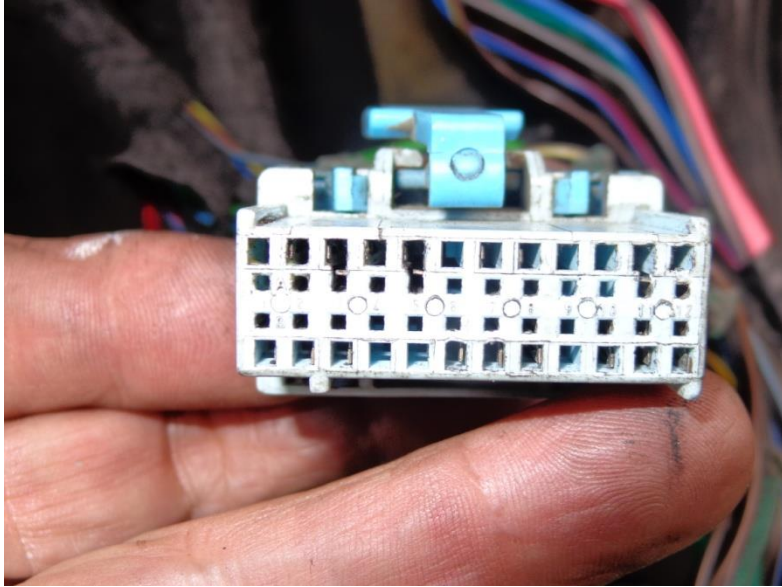
ANEXO 2. Vista frontal del motor 2.



ANEXO 3. Vista frontal del motor 3.



ANEXO 4. Fotografía inicial ECU 1.



ANEXO 5. Detalle del conector de ECU.



ANEXO 6. Conectores de la ECU 1.



ANEXO 7. Fotografía inicial ECU2.



ANEXO 8. Detalle de conectores de la ECU.



ANEXO 9. Fotografía inicial ECU2.



ANEXO 10. Habitáculo del vehículo.



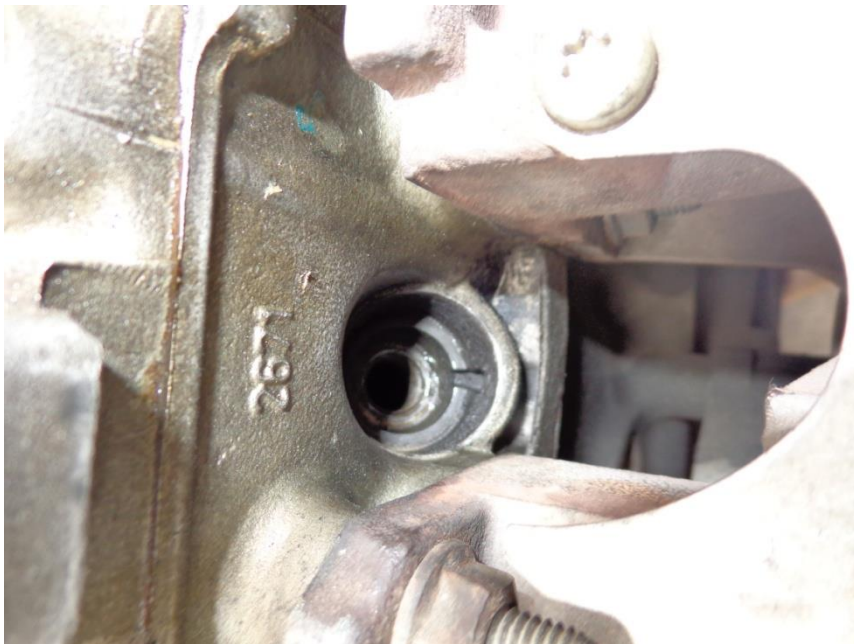
ANEXO 11. Toma de la compresión del motor.



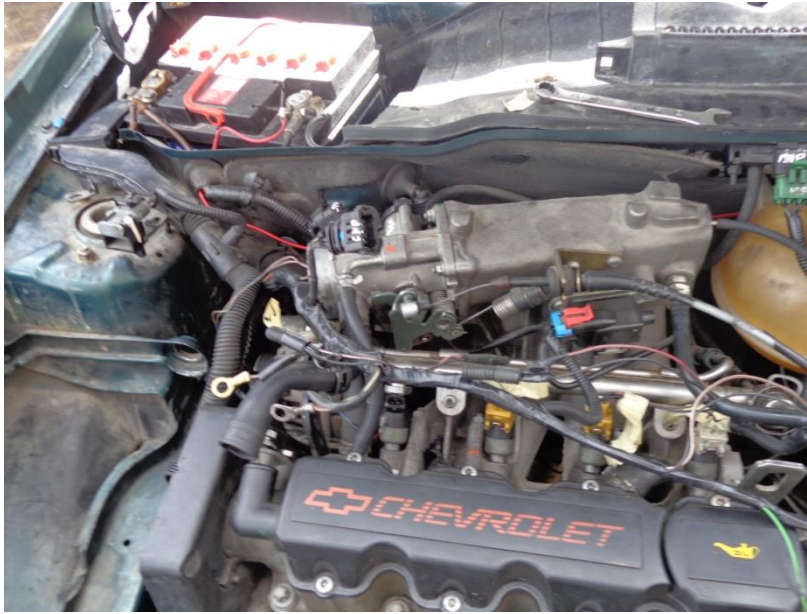
ANEXO 12. Remoción de las bujías 1 y 2.



ANEXO 13. Remoción de la bujía 3.



ANEXO 14. Remoción de la bujía4.



ANEXO 15. Situación inicial de las conexiones eléctricas.



ANEXO 16. Reparaciones eléctricas.