



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**MODIFICACIÓN DEL DISEÑO DE UN MOTOR BÓXER ENFRIADO POR
AIRE DE 1 300 A UNO DE 1 600 CENTÍMETROS CÚBICOS**

Juan Luis Aguirre Flores

Asesorado por el Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres

Guatemala, abril de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MODIFICACIÓN DEL DISEÑO DE UN MOTOR BÓXER ENFRIADO POR
AIRE DE 1 300 A UNO DE 1 600 CENTÍMETROS CÚBICOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN LUIS AGUIRRE FLORES

ASESORADO POR EL ING. BYRON GIOVANNI PALACIOS COLINDRES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, ABRIL DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Ing. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Luis Eduardo Coronado Noj
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MODIFICACIÓN DEL DISEÑO DE UN MOTOR BÓXER ENFRIADO POR AIRE DE 1 300 A UNO DE 1 600 CENTÍMETROS CÚBICOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha 23 de febrero de 2014.

Juan Luis Aguirre Flores

Guatemala, 14 de marzo del 2017

Ingeniero Roberto Guzmán Ortiz
Director Escuela Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad San Carlos de Guatemala

Ingeniero Guzmán:

Atentamente me dirijo a usted con el propósito de presentarle el trabajo de graduación "MODIFICACION DEL DISEÑO DE UN MOTOR BOXER ENFRIADO POR AIRE DE 1,300 CENTÍMETROS CÚBICOS A UNO DE 1,600 CENTÍMETROS CÚBICOS" elaborado por el estudiante Juan Luis Aguirre Flores.

En mi calidad de asesor, considero que el trabajo presentado por el estudiante Juan Aguirre, llena los objetivos planteados en el trabajo y me dirijo a usted para que se sirva dar el visto bueno para que presente el trabajo sea presentado ante las máximas autoridades de la Facultad, a fin de que emitan el dictamen correspondiente y si así lo consideran extiendan el título al estudiante mencionado.

Agradeciendo su atención.

Atentamente.



Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres

Asesor de trabajo de graduación

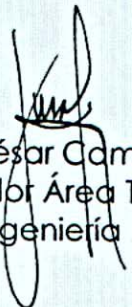
Colegiado 5,641

Ing. Byron G. Palacios C.
Colegiado No. 5641

Ref.E.I.M.113.2017

El Coordinador del Área Térmica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **MODIFICACIÓN DEL DISEÑO DE UN MOTOR BOXER ENFRIADO POR AIRE DE 1,300 CENTÍMETROS CÚBICOS A UNO DE 1,600 CENTÍMETROS CÚBICOS** desarrollado por el estudiante **Juan Luis Aguirre Flores**, CUI 1791-32180-0101, Registro Académico 200715134 recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Julio César Campos Paiz
Coordinador Área Térmica
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, marzo 2017



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

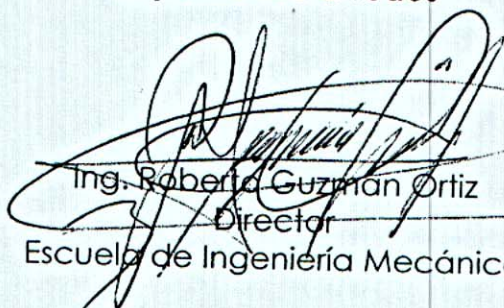
Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.160.2017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área Térmica del trabajo de graduación titulado: **MODIFICACIÓN DEL DISEÑO DE UN MOTOR BÓXER ENFRIADO POR AIRE DE 1 300 A UNO DE 1 600 CENTÍMETROS CÚBICOS** del estudiante **Juan Luis Aguirre Flores**, CUI 1791-32180-0101, **Registro Académico No. 200715134** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, abril de 2017

/aej



Ref. DTG.196.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **MODIFICACIÓN DEL DISEÑO DE UN MOTOR BÓXER ENRIADO POR AIRE DE 1 300 A UNO DE 1 600 CENTÍMETROS CUBICOS**, presentado por el estudiante universitario: **Juan Luis Aguirre Flores**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

guitar
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, abril de 2017

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por su infinito amor y misericordia, por darme las fuerzas para concluir mis metas y sueños, por enseñarme el camino y siempre estar presente en mi vida.

Mis padres

Por ser mi primera inspiración de lucha y darme todos los recursos morales, económicos y espirituales necesarios para el cumplimiento de esta meta. Por su amor incondicional y apoyo constante.

Mis hermanos

Tres profesionales universitarios, quienes me inspiran constantemente a buscar la excelencia y crecer en lo profesional y el amor familiar.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios y enseñarme el significado de la perseverancia.
Facultad de Ingeniería	Por darme las herramientas necesarias para una vida llena de éxitos profesionales.
Daniel Castañeda	Por su incondicional apoyo para el desarrollo de este trabajo de graduación.
Pablo Galindo	Por su apoyo para las pruebas de potencia de su vehículo y amistad incondicional.
Carlos Daniel de la Roca y Juan Luis Navas	Por su apoyo para las pruebas de potencia de su vehículo, paciencia y apoyo moral.
Daniel Beaudin	Por el profesionalismo en las pruebas de dinamómetro y el apoyo con información para el desarrollo de este trabajo de graduación.
Ing. Palacios	Por su indiscutible paciencia y apoyo en el desarrollo de este trabajo de graduación.
Gabriela Herrera	Por estar siempre a mi lado con amor y paciencia en todo el proceso de elaboración de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DEL MOTOR A MODIFICAR	1
1.1. Análisis e identificación	3
1.2. Análisis de las características técnicas	5
1.2.1. Análisis de torque y potencia actual a través de dinamómetro	5
1.2.2. Comparación de características con un motor nuevo	13
2. DESARMADO Y DETECCIÓN DE POSIBLES FALLAS	21
2.1. Desmontaje del motor del vehículo	21
2.1.1. Desarmado de conexiones eléctricas	22
2.1.2. Desarmado de controles de manejo	23
2.1.3. Desarmado de sistemas de calefacción y extras	23
2.1.4. Desmontaje final	25
2.2. Desarmado de sistemas de motor	26
2.2.1. Sistema eléctrico	27
2.2.2. Sistema de admisión de aire del motor	27
2.2.3. Sistema de escape de gases del motor	28

2.2.4.	Sistema de refrigeración del motor y sistema eléctrico	29
2.2.5.	Cabeza de cilindros, cilindros y pistones	31
3.	ANÁLISIS Y MODIFICACIÓN DE LAS PIEZAS A SUSTITUIR	35
3.1.	Análisis de las piezas desmontadas	36
3.1.1.	Modificación de piezas desmontadas	37
3.1.2.	Análisis de posibles piezas a montar	41
4.	ARMADO DEL MOTOR Y PIEZAS MODIFICADAS	47
4.1.	Armado de motor	47
4.1.1.	Cabeza de cilindros, cilindros y pistones	47
4.1.2.	Sistema de refrigeración del motor	52
4.1.3.	Sistema eléctrico	52
4.1.4.	Sistema de admisión de aire del motor	52
4.1.5.	Sistema de escape de gases del motor	53
4.2.	Montaje del motor al vehículo	53
4.3.	Arranque del motor modificado	54
5.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS	55
5.1.	Análisis de características técnicas resultantes	55
5.1.1.	Prueba de dinamómetro del motor modificado	55
5.1.2.	Comparación de las características técnicas anteriores y resultantes luego de la modificación ...	59
5.1.3.	Comparación de resultados con un motor de 1 600 centímetros cúbicos de fábrica	66
5.1.1.	Comparación de temperaturas de trabajo	67
5.1.2.	Comparación de rendimiento de combustible	76
5.1.3.	Comparación de presiones de aceite lubricante	80

5.1.4.	Diagramas termodinámicos de un motor de 1 300 y de 1 600 centímetros cúbicos.....	85
6.	CONCLUSIONES DE LA MODIFICACIÓN	93
6.1.	Conclusiones generales.....	93
6.2.	Conclusiones específicas	94
6.3.	Costos de modificación.....	95
	CONCLUSIONES	97
	RECOMENDACIONES.....	101
	BIBLIOGRAFÍA.....	103
	ANEXOS	107

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Partes básicas del motor	2
2.	Banco de potencia de ciclomotores	6
3.	Banco de potencia de 2WD	7
4.	Banco de potencia de 4WD	8
5.	Prueba de dinamómetro a motor de 1 300 cc	9
6.	Diagramas iniciales del motor de 1 300 cc	10
7.	Diagrama final del motor de 1 300 cc, hp - RPM	11
8.	Diagrama final del motor de 1 300 cc, mezcla - RPM	11
9.	Diagrama final del motor de 1 300 cc, hp – torque – mezcla – mph	12
10.	Diagrama de partes del sistema de calefacción	24
11.	Diagrama de partes sistema de refrigeración	30
12.	Despiece de la cabeza de cilindros	31
13.	Secuencia de apriete de cabeza de cilindros	33
14.	Diagrama de partes de bomba de aceite	36
15.	Diámetro interno de cabeza de cilindros	38
16.	Diámetro externo de cilindros	39
17.	Mecanizado en cabeza de cilindros	39
18.	Área de corona circular	40
19.	Área de corona circular en cabeza de cilindros	40
20.	Regulado de voltaje en dínamo	41
21.	Despiece de dínamo	42
22.	Despiece de alternador Bosch	43
23.	Distribuidor electrónico	44

24.	Case savers del bloque del motor.....	45
25.	Instalación de un cilindro	48
26.	Diagrama de partes del set de pistones.....	49
27.	Prueba de dinamómetro a motor de 1 600 cc	56
28.	Aguja principal de carburador solex H30/31	56
29.	Diagrama final del motor de 1 600 cc, hp – RPM – torque	57
30.	Diagrama final del motor de 1 600 cc, hp – torque – mezcla – RPM....	58
31.	Diagrama comparativo, hp – torque – mezcla – RPM	64
32.	Diagrama comparativo, hp – torque – mezcla – mph	65
33.	Diagrama de partes termómetro infrarrojo	68
34.	Temperatura base de ventilador de enfriamiento	69
35.	Temperatura base de distribuidor de chispa	69
36.	Temperatura del bloque del motor	70
37.	Temperatura base de dínamo.....	70
38.	Temperatura de la cabeza derecha de cilindros	71
39.	Temperatura de tubería derecha de recirculación de gases	71
40.	Temperatura de tubería izquierda de recirculación de gases.....	72
41.	Toma de presión de aceite	81
42.	Diagrama esquemático del circuito del lubricante	82
43.	Diagrama de partes de válvulas de aceite	83
44.	Presiones de funcionamiento.....	85
45.	Nomenclatura para motores reciprocantes	86
46.	Volúmenes en motores reciprocantes.....	87
47.	Ciclo real e ideal en motores Otto.....	88

TABLAS

I.	Identificación del motor	4
II.	Características técnicas del motor de 1 300cc	13
III.	Características técnicas del sistema de combustible de 1 300cc	16
IV.	Características técnicas del embrague de 1 300cc	17
V.	Variación especificaciones motores 1 300cc por año de producción	18
VI.	Comparación de las características resultantes del motor.....	59
VII.	Comparación de las características resultantes del sistema de combustible.....	62
VIII.	Comparación de las características resultantes del embrague.....	63
IX.	Variación de especificaciones de motores de 1 600cc por año de producción	66
X.	Comparación del motor de 1 600 cc original y modificado.....	67
XI.	Temperaturas de trabajo de motor de 1 300 cc.....	73
XII.	Temperaturas de trabajo de motor de 1 600 cc.....	73
XIII.	Incremento porcentual en temperatura de trabajo	74
XIV.	Condiciones atmosféricas	75
XV.	Tabla de rendimiento de combustible para motor de 1 300 cc	77
XVI.	Tabla de rendimiento de combustible para motor de 1 600 cc	79
XVII.	Comparación de rendimientos.....	80
XVIII.	Especificaciones generales del motor	84
XIX.	Costos finales de modificación	95

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cv	Caballo de vapor.
cc/min	Caudal medido en centímetros cúbicos por un minuto.
km/gal	Consumo medido por cantidad de kilómetros recorridos con un galón de combustible.
°	Grado o ángulo de una circunferencia que contiene 360° por una vuelta en completa.
g	Gramo.
hz	Hertz.
kg	Kilogramo.
kw	Kilowatt.
L	Litros.
°F	Medida termométrica a una escala propuesta por Daniel Gabriel Fahrenheit en el año 1724.
°C	Medida termométrica cuyo 0 se ubica 0,01 grados por debajo del punto triple del agua.
m	Metro.
mm	Milímetro.
hp	Potencia medida en caballo de fuerza.
bar	Presión medida en barias equivalente a un millón de barias o una atmosfera.
kg/cm²	Presión medida en kilogramos fuerza aplicados en un área de centímetro cuadrado.

psi	Presión medida en libra fuerza aplicada en un área de una pulgada cuadrada.
plg	Pulgada.
PMI	Punto muerto inferior, se refiere a la posición que alcanza el pistón al final de una carrera descendente dentro del cilindro.
PMS	Punto muerto superior, se refiere a la posición que alcanza el pistón al final de una carrera ascendente dentro del cilindro.
RPM	Revoluciones por minuto.
@	Significa “en” o “junto a”.
kg-m	Torsión medida en kilogramo fuerza por metro.
ft-lbs	Torsión medida en libras fuerza por pie.
2WD	Tracción motriz de un vehículo en dos de cuatro ruedas.
4WD	Tracción motriz de un vehículo en las cuatro ruedas.
m/s	Velocidad medida en metros por segundo.
mph	Velocidad medida en millas recorridas en una hora.
km/h	Velocidad medida por kilómetros recorridos en una hora.
cc	Volumen medido en centímetros cúbicos.

GLOSARIO

Aletas de transferencia de calor	Sólidos integrados al cuerpo del cilindro del motor que transfieren calor por conducción a lo largo de su geometría y por convección a través de su entorno.
Balancines de válvulas	Elemento mecánico de transmisión que empuja las válvulas de admisión y de escape con la energía cinética transmitida por las varillas de empuje desde el eje de levas.
Biela	Elemento mecánico de un motor de combustión interna que transforma el movimiento rectilíneo del pistón en movimiento de rotación del cigüeñal.
Bloque del motor	Pieza fundida en aluminio que consta de dos partes para el caso de un motor bóxer y aloja al eje cigüeñal y al eje de levas en su centro.
Bobina de encendido	Dispositivo de inducción electromagnética que forma parte del sistema de encendido del motor de combustión interna. Aporta alta tensión y la energía de encendido necesaria.
Bujías de ignición	Dispositivo de un motor de combustión interna donde se produce la chispa eléctrica que inflama la mezcla explosiva comprimida.

Cabeza de cilindros	Pieza metálica que se ajusta al bloque del motor de un motor de combustión interna y cierra el cuerpo de los cilindros.
Capó	Cubierta del motor de un automóvil.
Cajas de calefacción	Elemento del sistema de calefacción del vehículo en el cual se calienta aire proveniente de la tolva de enfriamiento, tomando el calor del mofle de escape para posteriormente direccionarlo a la cabina de pasajeros del vehículo.
Cilindros	Recinto de un motor de combustión interna por donde se desplaza un pistón; su nombre proviene de su espacio interno.
Copa	Herramienta manual de acero con forma cilíndrica que en un extremo tiene una hendidura en forma de prisma y en el otro una hendidura que puede ser de forma de prisma hexagonal o prisma de estrella de 12 puntas.
Distribuidor de chispa	Elemento del sistema de encendido que envía la corriente eléctrica procedente de la bobina de encendido hacia las bujías de ignición en el orden requerido por el motor de combustión interna.
Embrague	Mecanismo que permite unir o separar el eje del cambio de velocidades de un vehículo al movimiento del motor.

Fosa	Hoyo o zanja estrecha sobre la cual un vehículo puede ser estacionado y convenientemente trabajado o inspeccionado desde abajo estando de pie.
Lagarto hidráulico	Máquina empleada para la elevación de cargas mediante el accionamiento manual de una manivela o una palanca. Se diferencian dos tipos según su principio de funcionamiento: gatos mecánicos y gatos hidráulicos.
<i>Manifold</i>	Sistema de tuberías que tiene la finalidad de direccionar el abasto o descarga de un fluido (aire o mezcla de aire-combustible en motores de combustión interna).
Mofle de escape	Elemento del sistema de escape del motor bóxer; tubería que evacua los gases de combustión o gases de escape.
Pasador	Elemento de fijación mecánica desmontable de forma cilíndrica que fija el pistón a la biela a través de un orificio común, impidiendo un movimiento relativo entre ellos.
Pistón	Elemento mecánico de un motor de combustión interna que construye la pared móvil de la cámara de combustión del mismo, y convierte la energía calorífica del combustible en energía cinética lineal.

Puente hidráulico	Maquina hidráulica (elevador hidráulico) que utiliza el principio de pascal para levantar vehículos en centros de servicio automotriz.
Tolva de enfriamiento	Elemento del sistema de enfriamiento del motor que tiene como función direccionar el fluido (aire) proveniente de la atmósfera hacia las aletas de transferencia de calor del motor y la cabeza de cilindros, con la ayuda de un ventilador mecánicamente accionado.
Torres de soporte	Elementos de construcción maciza de acero soldado para uso en conjunto con lagartos hidráulicos. Brindan mayor estabilidad y seguridad en la elevación de vehículos. Cuentan con un trinquete y manivela de ajuste con bloqueo para mantener su carga segura.
Volante del motor	Elemento mecánico totalmente pasivo que únicamente aporta al sistema motriz una inercia adicional, de modo que le permite almacenar energía cinética.

RESUMEN

Para los propietarios de vehículos con motor bóxer enfriado por aire, específicamente de 1 300 centímetros cúbicos, por el pasar de los años y el cese de su fabricación, se hace más complicado conseguir repuestos para la reparación de los mismos y su conservación, sin tomar en cuenta la baja potencia y torque que ofrecen. Como una solución a esto se presenta un procedimiento claro y conciso indicando los pasos necesarios para una modificación exitosa, a un bajo costo, con alto grado de ingeniería y confiabilidad, y adaptación de los motores a una cilindrada mayor, desde los 1 300 centímetros cúbicos hasta 1 600 centímetros cúbicos, con un torque y potencia mayores. El aumento final del torque y la potencia resultantes de la modificación son cuantificados en una prueba de dinamómetro para lograr determinar si el aumento de la eficiencia térmica teórica calculada de estos motores es real, en condiciones reales de trabajo.

Esta modificación se puede ampliar incluyendo piezas adicionales que mejoran el desempeño en el sistema de ignición del motor y optimización del sistema eléctrico, las cuales también son incluidas indicando cómo ayudan al desempeño. Dando un respaldo ingenieril y confiable se presenta la comparación de los resultados técnicos del motor, antes y después de la modificación, incluyendo las características técnicas, temperaturas de trabajo a condiciones atmosféricas similares, comparaciones en cuanto al consumo de combustible, presiones de aceite y el método de cálculo teórico de la eficiencia térmica, así como las comparaciones contra un motor de 1 600 centímetros cúbicos de fábrica.

OBJETIVOS

General

Definir un procedimiento para la modificación del diseño de un motor bóxer enfriado por aire, de 1 300 a 1 600 centímetros cúbicos.

Específicos

1. Definir un procedimiento claro y conciso que explique la modificación de un motor de 1 300 a 1 600 centímetros cúbicos.
2. Definir el orden de los pasos necesarios para una modificación exitosa, logrando reducir los costos.
3. Especificar cuáles son las piezas necesarias a remplazar para la modificación del diseño del motor.
4. Definir las modificaciones de diseño necesarias en las partes existentes del motor.
5. Establecer los diferentes tipos de partes que se pueden encontrar en ambos motores, siendo adaptables en ambos.
6. Lograr un aumento del torque y potencia de un motor 1,300 a uno de 1,600 centímetros cúbicos con el procedimiento establecido.

7. Comparar la potencia resultante del motor modificado con el motor original de 1 600cc a través de una gráfica de dinamómetro.

INTRODUCCIÓN

En muchas ocasiones, proyectos relacionados al área de mecánica automotriz se ven forzados a aplicar conocimientos ingenieriles para poder adaptarlos a las necesidades, reduciendo los costos y aumentando el tiempo de vida de la maquinaria del proyecto o reparación. Esto es una solución bastante viable si se realiza con el conocimiento ingenieril apropiado para que la maquinaria a la que se le modifica el diseño brinde el servicio de una manera confiable, y realmente logre extender la vida útil de la misma.

Uno de los diseños más confiables es el de los motores de 4 cilindros opuestos enfriados por aire, motores originarios de Alemania y colocados en los vehículos Volkswagen escarabajo. También se logran ver en algunos modelos Combi que son la versión camionetilla de la Volkswagen y en algunos Kit-car como el Puma o el Karmann Ghia. Debido a que el escarabajo fue un ícono para Alemania y México principalmente, el diseño de sus motores se conservó y fue modificado muy poco con el pasar de los años. “La producción de este vehículo y estos motores terminaron en 2003 con una versión de motores con inyección electrónica”.¹

El cese de fabricación logró que los dueños de motores enfriados por aire, principalmente los antiguos carburados de 1 300 centímetros cúbicos, empezaran a tener problema con encontrar mano de obra calificada y repuestos de los mismos para la conservación y utilización de dichos motores. Actualmente, existen muy pocos distribuidores de repuestos para dicho motor en Guatemala,

¹ OUELETTE, Dan. *The Volkswagen bug book*. 1999.

dando preferencia a los modelos más recientes, dejando por un lado a los antiguos carburados.

De aquí que a los dueños de motores enfriados por aire más antiguos, “modelos 50’s hasta los 80’s aproximadamente”,² les surge la necesidad de encontrar soluciones ingenieriles alternas para aquellos motores antiguos de dicho diseño. Estos motores, debido a su alta resistencia y alto grado de adaptación a los sistemas modernos, han sido conservados y reutilizados una y otra vez con baja aplicación de ingeniería en sus adaptaciones y modificaciones.

Dándole una solución alterna a los dueños de antiguos motores, que cuente con un alto grado de ingeniería y un alto grado de confiabilidad, se presenta un procedimiento para poder adaptar y modificar los motores de 1 300 centímetros cúbicos carburados, dándoles no solo mayor torque y potencia, sino también un medio fiable con el que no tengan que desechar sus motores y puedan aprovecharlos aún con los repuestos más recientes y modernos de los motores de 1 600 centímetros cúbicos de inyección electrónica. Debido a que dichos repuestos pueden llegar a variar grandemente, debido a la alta aceptación actual del modelo, se tomarán únicamente datos y piezas esenciales para una exitosa modificación y aumento de cilindrada de un motor de 1 300 a 1 600 centímetros cúbicos. “Los procesos de desarmado y armado del motor pueden llegar a variar y se toman únicamente los procesos que convengan al caso del proyecto”.³

² OUELETTE, Dan. *The Volkswagen bug book*. 1999.

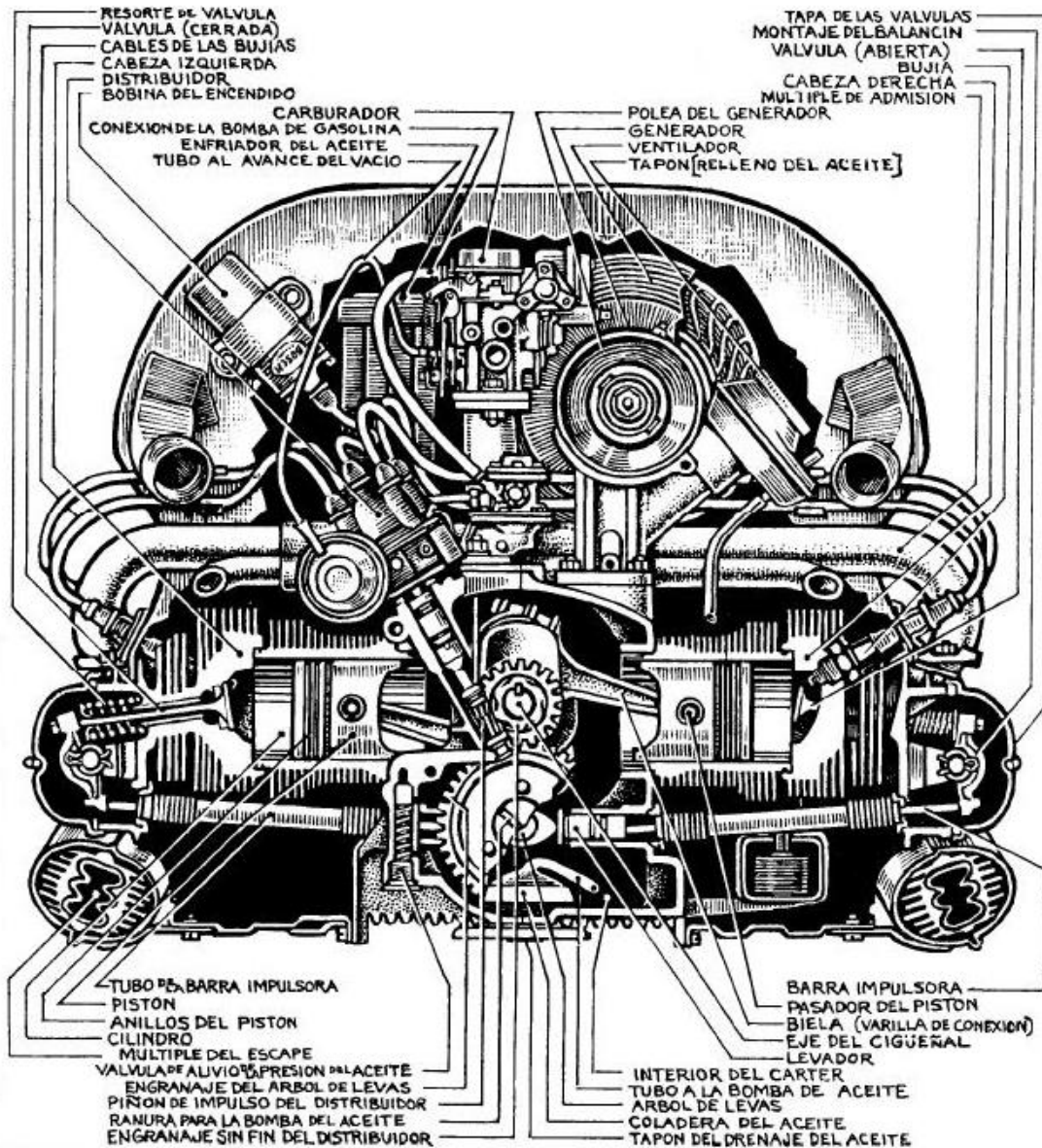
³ Chilton Book Company. *Manual de reparación y afinación*. 1988.

1. ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DEL MOTOR A MODIFICAR

Antes de iniciar con cualquier proyecto como este, el propietario del vehículo debe contar con el capital económico y el tiempo suficiente disponible para una exitosa modificación, ya que, como para cualquier otra modificación, se requiere de cierto capital y tiempo para obtener los resultados que se desean. También es importante que se cuente con el equipo y herramientas adecuadas para la realización del trabajo, ya que en algunos casos se utilizan herramientas fabricadas por el mismo personal de los talleres, que no cuenta con las características mínimas de seguridad o de tolerancia de esfuerzos, por lo que puede llegar a causar heridas o lesiones en los trabajadores.

El motor bóxer enfriado por aire es poco común en comparación con los diseños de motores enfriados por agua o líquido refrigerante tanto diésel como gasolina, no solo por la disposición de los cilindros sino también por el método de enfriamiento del motor. En la página siguiente se muestran y se nombran las partes fundamentales del motor:

Figura 1. Partes básicas del motor



Fuente: MUIR, John. *Cómo mantener tu Volkswagen vivo*. 1997. Pág. 8

1.1. Análisis e identificación

El motor del vehículo Volkswagen se puede identificar por medio de un par de letras que proceden al número de serie del motor. Las especificaciones del motor se escriben de acuerdo al código en letras y al año en modelo. En la mayoría de modelos el número del motor va estampado en la brida del cárter del cigüeñal, que sirve para el soporte del generador eléctrico, siendo este el alternador o dínamo en el caso de los modelos más antiguos. Este número puede verse fácilmente viendo a través del centro de la banda del ventilador de enfriamiento del motor.

En caso de que el número de identificación no se encuentre en ese lugar, el número del motor va estampado en el cárter del cigüeñal a lo largo de la unión de dicho cárter cerca de la respiración de aceite. De cualquier forma, no está de más verificar que esta numeración coincida con lo establecido en los documentos legales del vehículo, en caso de que la modificación se esté realizando para una tercera persona.

Tabla I. **Identificación del motor**

Tabla de identificación del motor

<i>Letra de código del motor</i>	<i>Tipo de vehículo</i>	<i>Primer año de producción</i>	<i>Último año de producción</i> 1	<i>Tipo de motor</i>	<i>Designación común</i>
B	1, 2	1967	1970	De ventilador vertical	1600
AE	1, 2	1971	1972	De ventilador vertical	1600
AH (Calif)	1	1972	1974	De ventilador vertical	1600
AK	1	1973	1974	De ventilador vertical	1600
AJ	1	1975	En producción	De ventilador vertical	1600
CB	2	1972	1973	Del tipo de veliz	1700
CD	2	1973	1973	Del tipo de veliz	1700
AW	2	1974	1974	Del tipo de veliz	1800
ED	2	1975	1975	Del tipo de veliz	1800
GD, GE	2	1976	En producción	Del tipo de veliz	2000
U	3	1968	1973	Del tipo de veliz	1600
X	3	1972	1973	Del tipo de veliz	1600
W	4	1971	1971	Del tipo de veliz	1700
EA	4	1972	1974	Del tipo de veliz	1700
EB (Calif)	4	1973	1973	Del tipo de veliz	1700
EC	4	1974	1974	Del tipo de veliz	1800

Fuente: Chilton Book Company. *Manual de reparación y afinación*. 1988. Pág. 22

1.2. Análisis de las características técnicas

A continuación se presenta el análisis de características técnicas de torque y potencia.

1.2.1. Análisis de torque y potencia actual a través de dinamómetro

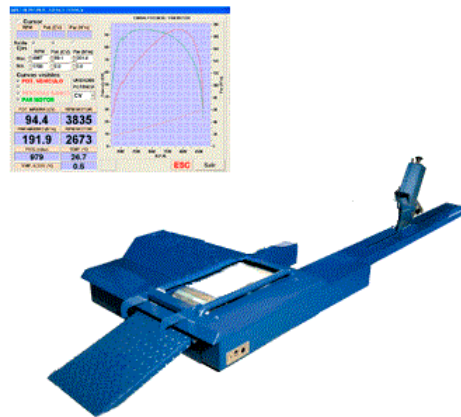
Los bancos de potencia producen un freno al motor, aplicándose directamente en las llantas del vehículo, de manera que se mide el par y en función de la magnitud del mismo se regulan las revoluciones del motor, o a la inversa, depende de cómo se desea que trabaje el banco y los datos que se desean obtener. Gracias a programas informáticos, la tecnología de los materiales y la electrónica usados para su construcción, se obtienen valores muy precisos. Empresas como RYME ofrecen bancos de potencia que se adecuan a los distintos tipos de distribución de fuerza en los automotores, por ejemplo:

- Bancos de potencia para ciclomotores: estos determinan la potencia y el par en función del régimen de giro del motor, permitiendo diagnosticar el estado del limitador de velocidad del ciclomotor. Este se forma por un bastidor monocasco de acero que alberga dos rodillos de 150mm, montados sobre rodamientos con baja resistencia al giro, y dispone de un volante de simulación de inercia de 200mm. La velocidad se mide a través de un sensor montado sobre el eje del rodillo delantero. Los datos técnicos de este banco de potencia son:

- | | |
|------------------------------|------------------------|
| ○ Carga máxima por eje | 250 kg |
| ○ Velocidad máxima de prueba | 120 km/h |
| ○ Máxima potencia | 25 kw (34 cv) Dinámico |

- | | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| ○ Diámetro de rodillos | 150 mm |
| ○ Longitud de rodillos | 195 mm |
| ○ Diámetro del rodillo inercial | 200 mm |
| ○ Distancia entre ejes de rodillos | 255/366 mm (4 posiciones) |
| ○ Inercia de los rodillos | 282 kg por centímetro cuadrado |

Figura 2. **Banco de potencia de ciclomotores**



Fuente: *Banco de potencia de ciclomotores.*

http://www.ryme.com/images/banco_de_potencia_BPCIV-HD.gif. Consulta: septiembre, 2015.

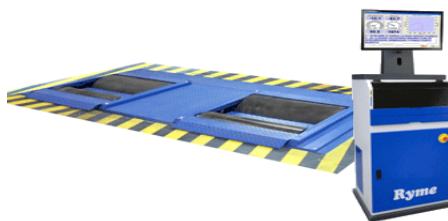
- Banco de potencia para vehículos 2WD: este determina la potencia y el par, en función del régimen de giro del motor del vehículo, gráfica y numéricamente. A diferencia del banco para ciclomotores este se forma por un bastidor que alberga cuatro cilindros de 352mm montados sobre rodamientos. Los dos rodillos delanteros están unidos entre sí por una transmisión y presentan un coeficiente de rozamiento neumático-rodillo de 0,8. Los otros dos rodillos giran libremente.

La velocidad se obtiene de la misma forma que en el banco de potencia para ciclomotores. Estos bancos tienen una precisión superior a $\pm 0,1$ km/h. Adicionalmente, estos disponen de un mecanismo elevador neumático junto con

un sistema de freno-bloqueo que en conjunto facilitan el acceso y salida del vehículo al banco. La fuerza máxima de elevación de este mecanismo es de 4 000kg en eje a 8 bares de presión. Los datos técnicos de este banco de potencia son:

○ Carga máxima por eje	4 toneladas
○ Ancho de vía máxima / mínima	800/2,320mm
○ Velocidad de prueba	0 - 300 km / h.
○ Escalón de medida	0,1m
○ Sistema de bloqueo de rodillos	Neumático
○ Voltaje (trifásico)	380 voltios - 50 Hz
○ Longitud de rodillos	752 mm
○ Diámetro de rodillos	352 mm
○ Distancia entre ejes	498 m
○ Alimentación neumática	8 bares mín.
○ Conexión	USB / RS232

Figura 3. **Banco de potencia de 2WD**

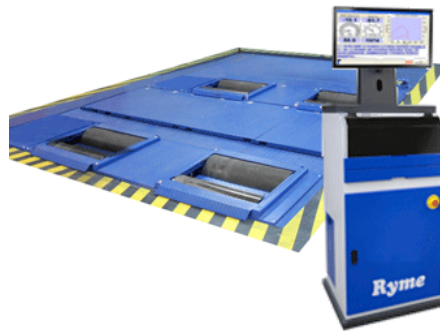


Fuente: *Banco de potencia de 2WD*. http://www.ryme.com/images/banco_de_potencia_2wd-HD.gif. Consulta: septiembre, 2015.

- Banco de potencia para 4WD: este determina la potencia y el par de igual forma que el de 2WD, pero a diferencia que el bastidor alberga cuatro

cilindros de 352mm. El coeficiente de fricción, funcionamiento, la precisión de medición, el mecanismo neumático y los datos técnicos también son iguales al 2WD.

Figura 4. **Banco de potencia de 4WD**



Fuente: *Banco de potencia de 4WD*. http://www.ryme.com/images/banco_de_potencia_4wd-HD.gif. Consulta: septiembre, 2015.

Para el caso de la medición en el motor a modificar, el vehículo fue colocado en un banco de potencia para 2WD de un solo rodamiento. Para que el vehículo no se mueva durante la prueba debe ser anclado al suelo con la ayuda de ganchos tensores, como se muestra en la siguiente imagen de la prueba realizada:

Figura 5. **Prueba de dinamómetro a motor de 1 300 cc**

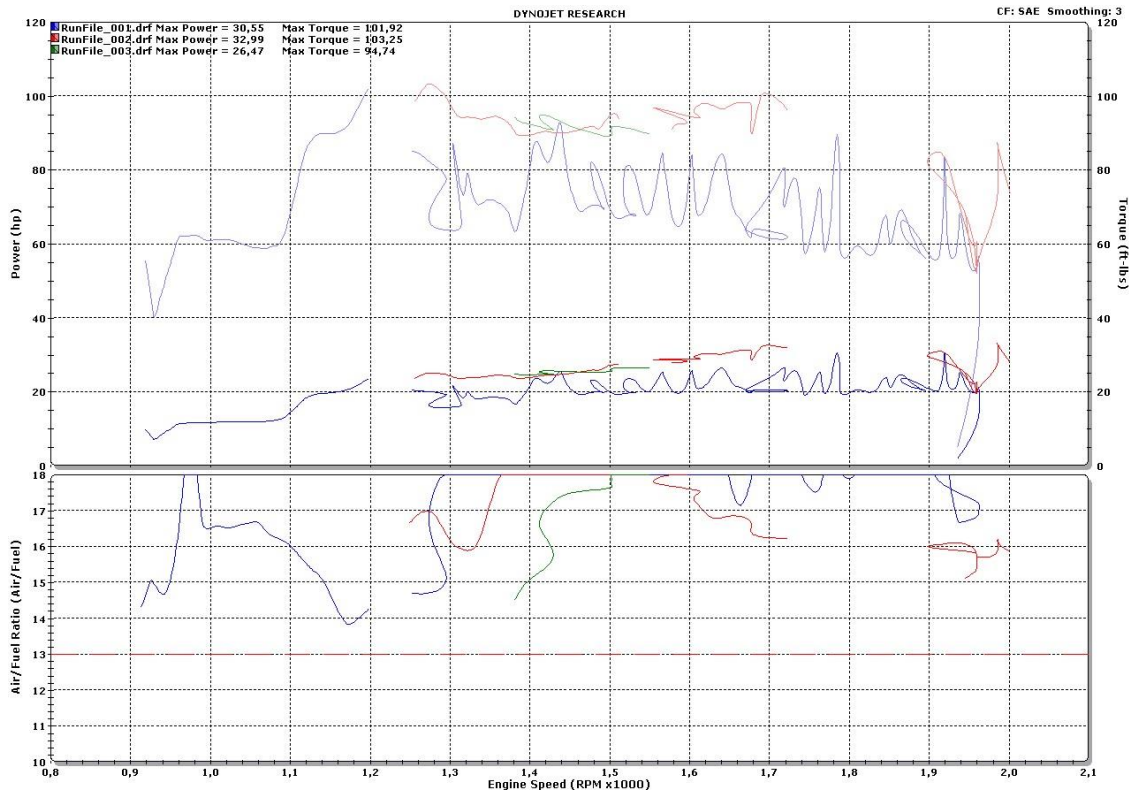


Fuente: elaboración propia.

El motor fue sometido a cuatro pruebas en total. Durante las primeras tres pruebas se presentó una falla sumamente considerable, dado que no se vieron resultados claros respecto al torque, potencia y relación de la mezcla aire-combustible. Dada esta situación se corrigió la falla mecánica y se tomó la última medición dando un resultado más certero. los diagramas se irán analizando uno a uno para una mejor comprensión bajo los siguientes tipos:

1. Potencia (hp) – Velocidad (RPM) – Torque (ft-lbs)
2. Relación aire / combustible – Velocidad (RPM)
3. Potencia (hp) – Velocidad (RPM)
4. Torque (ft-lbs) – Velocidad (RPM)
5. Potencia (hp) – Velocidad en ruedas motrices (mph)
6. Torque (ft-lbs) – Velocidad en ruedas motrices (mph)
7. Relación aire / combustible – Velocidad en ruedas motrices (mph)
8. Potencia (hp) – Velocidad en ruedas motrices (mph) – Torque (ft-lbs)
9. Diagrama Potencia (hp) – Velocidad (RPM) – Torque (ft-lbs) y Relación aire / combustible – Velocidad (RPM) de las primeras tres pruebas:

Figura 6. Diagramas iniciales del motor de 1 300 cc



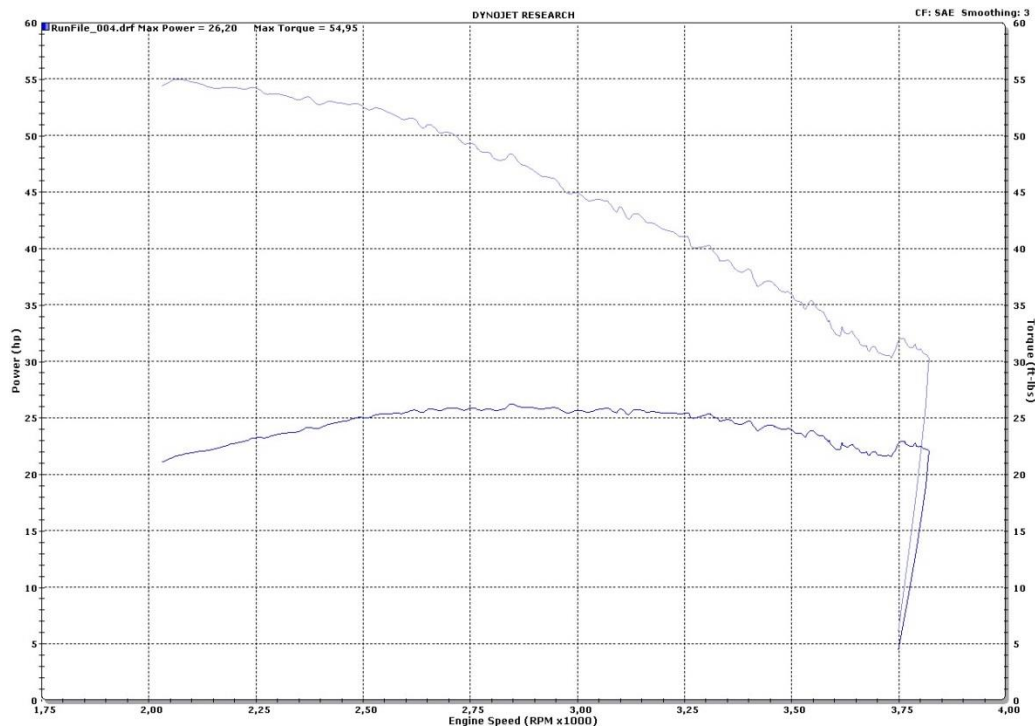
Fuente: Autopiezas, S.A.

Como se puede observar, las pruebas no presentan un resultado claro respecto a la potencia, torque o relación aire / combustible del motor. Es importante mencionar que el equipo con el que se contaba no logra leer una relación aire combustible mayor a 18, a esto se debe que el diagrama se corta en esta medida.

Haciendo una inspección al sistema de ignición del motor, se logró determinar que tanto el distribuidor, como el condensador y los cables de encendido estaban sueltos, ocasionando que las revoluciones no fueran uniformes en la aceleración del motor. Se corrigió el problema y se repitió nuevamente la prueba dando un resultado más claro que se muestra en los

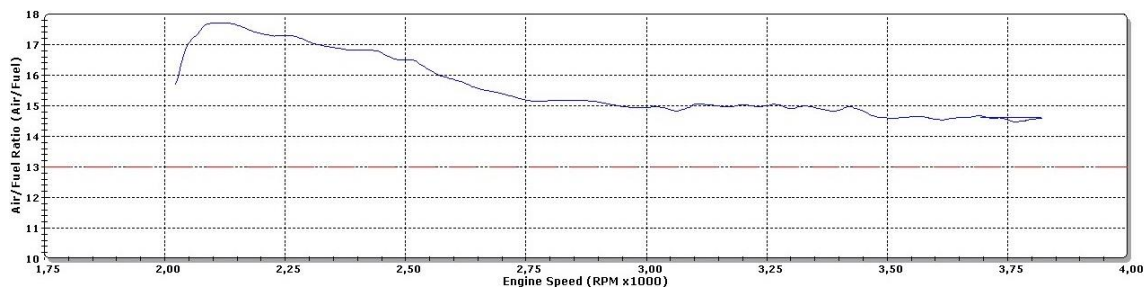
siguientes diagramas de potencia (hp) – velocidad (RPM) – torque (ft-lbs) y relación aire / combustible – velocidad (RPM):

Figura 7. Diagrama final del motor de 1 300 cc, hp - RPM



Fuente: Autopiezas, S.A.

Figura 8. Diagrama final del motor de 1 300 cc, mezcla - RPM

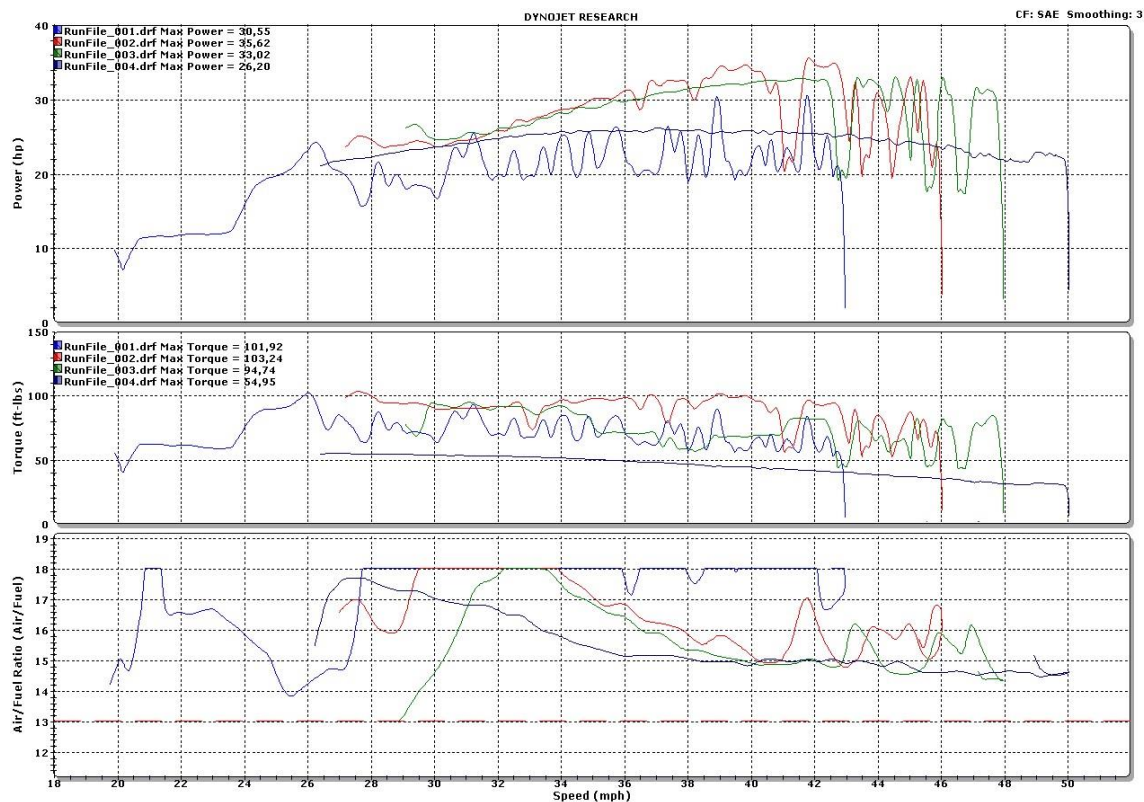


Fuente: Autopiezas, S.A.

Como se puede observar en el diagrama, la potencia final del motor es de 26,20hp, el torque de 54,95 ft-lbs y la relación aire / combustible presenta valores

sumamente altos de hasta 17,8, entre 2,050RPM y 2,150RPM, y bastante constantes de aproximadamente 15,0 entre las 2,750RPM y 3,850RPM. Si se hace un cambio en el eje de abscisas del diagrama, colocando la velocidad del vehículo en las ruedas motrices (mph) en lugar de las RPM, y se combinan las cuatro pruebas en un mismo diagrama se obtiene lo siguiente:

Figura 9. Diagrama final del motor de 1 300 cc, hp – torque – mezcla – mph



Fuente: Autopiezas, S.A.

Como se puede observar, a pesar de la falla del motor en las primeras tres pruebas, existe una tendencia, tanto en el caballaje como en el torque, de ser más altos que los de la prueba sin falla. En la segunda y tercera prueba la

potencia es de 34,32hp en promedio a las 41,5mph, y el torque máximo de estas es de 98,99ft-lbs. Por tanto, se concluye que la cuarta prueba, a pesar de ser más uniforme en las revoluciones del motor, presenta una deficiencia en el torque y potencia máxima del motor. Esto debido a una mezcla muy pobre del carburador y a fallas en el distribuidor, debido a los contrapesos centrífugos y al avance de vacío del mismo.

1.2.2. Comparación de características con un motor nuevo

Tabla II. Características técnicas del motor de 1 300cc

Ensamble del motor		
Especificación	Motor nuevo	Motor a modificar
Tipo	Válvulas en la cabeza, enfriada por aire, 4 cilindros horizontales antagonicos, 4 tiempos	
Diámetro de cilindros	77mm	
Carrera	69mm	
Volumen	1 285 centímetros cúbicos	
Potencia máxima al freno	39,44hp @ 4,600RPM	26,20hp @ 2,850RPM
Momento máximo de torsión (torque)	64,37ft-lbs @ 2,600RPM	54,95ft-lbs @ 2,075RPM
Relación de compresión	7.3:1	
Punto de encendido	7 1/2° antes del PMS entre 800RPM y 900RPM	
Orden de encendido	1-4-3-2	
Sistema de enfriamiento		
Especificación	Motor nuevo	Motor a modificar
Tipo	Enfriamiento por aire mediante ventilador y deflectores	
Impulso del ventilador	Banda trapezoidal desde el cigüeñal	
Control del sistema	Termostato	
Luz entre el cuerpo del ventilador y las aspas	1,65mm	1,67mm

Continuación de tabla II.

Cilindros		
Especificación	Motor nuevo	Motor a modificar
Tipo	Vaciados individualmente, hierro vaciado con costillas	
Tipo de las cabezas de los cilindros	Vaciadas por pares, de aleación de aluminio con costillas	
Guías para las válvulas	Renovables	
Asientos de válvulas	Injertos	
Ancho del asiento de las válvulas en las cabezas de los cilindros	0,055plg (+ -) 0.005plg	0,061plg
Asiento de válvulas de admisión	1,40mm (+ -) 0,127mm	1,41mm
Asiento de válvulas de descarga	1,95mm (+ -) 0,127mm	1,92mm
Cigüeñal		
Especificación	Motor nuevo	Motor a modificar
Tipo	Acero forjado de alta resistencia	
Tipo de cojinetes principales: Números 1, 2 y 4	Manguito de aleación especial	
Nro. 2 cojinete especial	Cojinete bipartito de aleación especial	

Continuación de tabla II.

Bielas		
Especificación	Motor nuevo	Motor a modificar
Buje del perno del pistón	De bronce	
Cojinete de la biela, lado del cigüeñal	De 3 capas, con base de acero	
Tipo de la biela	De acero con sección "H"	
Tipo del perno del pistón	Completamente flotante	
Tipo de sujeción del perno del pistón	Horquillas de seguridad en el pistón	
Diferencias de peso entre las bielas (máximo)	5,1g	No se quitaron bielas del cigüeñal
Pistones y anillos para pistones		
Especificación	Motor nuevo	Motor a modificar
Tipo de pistones	Aleación de aluminio con cincho de acero	
Cantidad de anillos	2 de compresión 1 de aceite	
Anillos de aceite	0,001plg $\pm$ 0,001plg	0,001plg
Ranuras de los anillos de compresión	0,012plg $\pm$ 0,005plg	0,014plg
Ranuras de los anillos de aceite	0,010plg $\pm$ 0,005plg	0,011plg
Diferencia máxima de peso entre cualesquiera de 2 pistones	5,10g	4,95g

Continuación de tabla II.

Válvulas y resortes de las válvulas		
Especificación	Motor nuevo	Motor a modificar
Diámetro del plato de las válvulas:		
Válvulas de admisión	1,297 ± 0,003plg	1,293plg
Válvula de escape	1,810 ± 0,004plg	1,809plg
Diámetro del vástago de las válvulas:		
Válvula de admisión	0,3128 ± 0,0002plg	0,3125plg
Válvula de escape	0,3316 ± 0,0002plg	0,3316plg

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Características técnicas del sistema de combustible de 1 300cc**

Carburador		
Especificación	Motor nuevo	Motor a modificar
Marca	Solex	
Tipo	30 PICT-1-2	30 PICT 1
Tipo de cebador	Automático	
Bomba de Combustible		
Especificación	Motor nuevo	Motor a modificar
Tipo	Diafragma mecánico	
Presión de operación	1,5psi	1,4psi
Proporción de suministro	267cc/min	249cc/min
Filtro combustible	En la parte superior de la bomba	
Capacidad del tanque del combustible	39,7423 L	39,7423 L
Filtro de aire	Baño de aceite	

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Características técnicas del embrague de 1 300cc**

Especificación	Motor nuevo	Motor a modificar
Tipo	Placa simple seca	
Funcionamiento	Mecánico	
Tipo del cubo del disco	Segmento con resorte	
Recorrido libre del pedal	0,40 – 0,80plg	0,75plg
Ajuste	Tuerca de ajuste en el extremo del cable	
Longitud del resorte del plato	51,8mm	
Tipo de cojinete de desacoplamiento	Anillos de carbón (Modelos antiguos) Bolas de empuje (Modelos nuevos)	Anillos de carbón

Fuente: elaboración propia.

Existen variaciones en algunas especificaciones con respecto al año de producción de los motores de 1 300 centímetros cúbicos, algunas de estas se detallan en la siguiente tabla.

Tabla V. **Variación especificaciones motores 1 300cc por año de producción**

Elemento a comparar	Unidad de medida	Motor de 1 300 cc	Motor de 1 300 cc	Motor de 1 300 cc	Motor de 1 300 cc
Calibre	mm	77	77	77	77
Carrera	mm	69	69	69	69
Cilindrada	cc	1285	1285	1285	1283
Compresión	-	7,3	7,3	7,5	7,3
Potencia máxima *DIN 70020	cv	40 @ 4000RPM	40 @ 4000RPM	44 @ 4100RPM	50.71 @ 4600RPM
Par motor máximo *DIN 70020	kg-m	8,9 @ 2000RPM	8,9 @ 2000RPM	8,8 @ 3000RPM	9,54 @ 2600RPM
Velocidad promedio de los pistones	m/s	9,2 @ 4000RPM	9,2 @ 4000RPM	9,4 @ 4100RPM	-
Consumo de combustible *DIN 70030	L/100km	8,5	8,5	8,5	-
Combustible	Octanos	87	87	91	-
Consumo de aceite	L/100km	0,3 - 1,0	0,3 - 1,0	0,5 - 1,0	-
Juego de válvulas admisión y escape con el motor a temperatura ambiente	mm	0,1	0,1	0,1	-
Presión de aceite (con temperatura de funcionamiento normal) en Ralentí	psi	-	-	-	7
Presión de aceite (con temperatura de funcionamiento normal) @2500RPM	psi	-	-	-	28
Referencia bibliográfica		(Volkswag enwerk, 1967)	(Volkswag enwerk, 1966)	(Volkswag enwerk, 1970)	(CECSA, 1979)

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se menciona la norma alemana DIN 70030, la cual se refiere a que el cálculo se dio bajo las siguientes condiciones: consumo medido más un 10 % con el vehículo a media carga útil y rodando constantemente sobre terreno llano a 3/4 de la velocidad máxima. Y la norma alemana DIN 70020 se

refiere a que la prueba fue realizada bajo las siguientes condiciones: “presión atmosférica 1 bar, temperatura ambiente de 25°C, temperatura de combustible de 40°C, combustible de fabricante y 100 % de potencia obtenida o potencia máxima”.⁴ Para cuestiones de cálculos para el torque y la potencia se toma una relación de conversión de 1 hp, equivalente a 1,014278 CV, y 1 ft-lb, equivalente a 0,138255 kg-m.

⁴ MAGRAMA. *DIN 70020*.

http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pf_Agrotec%2FAgrotec_2005_5_40_44.pdf. Consulta: septiembre, 2015.

2. DESARMADO Y DETECCIÓN DE POSIBLES FALLAS

Antes de iniciar con el desmontaje del motor del vehículo es indispensable que se cuente con un lagarto hidráulico lo suficientemente grande para poder levantar el vehículo a una altura a la que el motor pueda salir por debajo del chasis, en caso de que el trabajo se realice sobre una superficie plana y no en un puente hidráulico o fosa. También son necesarias torres de soporte que puedan sostener el peso total del vehículo. De igual manera, es necesario que se cuente con cajas lo suficientemente grandes o espacios libres de polvo e intemperie para almacenar todas las piezas que se van removiendo del motor.

2.1. Desmontaje del motor del vehículo

- Asegurar las llantas delanteras del vehículo para que estas no se muevan durante el desmontaje del motor.
- Colocar el lagarto debajo del motor alineándolo en la viga de soporte que se encuentra entre el motor y la caja de velocidades del vehículo.
- Levantar el vehículo con el lagarto a una altura a la cual se puedan colocar las torres soporte en las bases laterales del vehículo. Estas bases laterales se encuentran al frente de las llantas traseras a los costados del vehículo.
- Abrir el capó trasero del vehículo para descubrir el motor y remover las tuberías de calefacción que van de la tolva de enfriamiento al *manifold* de escape.
- Remover el filtro de aire con su base del *manifold* de admisión del motor. Comúnmente estas bases van sujetas al *manifold* de admisión con un tornillo, por lo que se pueden remover con un destornillador.

2.1.1. Desarmado de conexiones eléctricas

Es de suma importancia, antes de iniciar las desconexiones eléctricas del motor, que se desconecten las terminales positiva y negativa de la batería del vehículo. La batería del vehículo con sus terminales se encuentra debajo del asiento trasero del mismo. Este va colocado encima de su base, por lo que se puede quitar únicamente levantándolo. De igual manera, cada terminal o conexión eléctrica que se desconecta tiende a ser muy parecida una de otra, por lo que se recomienda que cada vez que se desconecte alguna terminal o cable, se identifique con un pedazo pequeño de cinta adhesiva y se le coloque alguna codificación para que luego, en el armado del motor, no se confunda el cableado eléctrico.

- Una vez desconectadas las terminales de la batería, quitar las conexiones eléctricas del generador de corriente del motor, tanto positiva como negativa. Comúnmente van sujetas con tornillos de 8mm. En este punto se puede aprovechar a revisar las terminales de los cables; en caso de que estén rotos o el cable esté quebradizo, se pueden cambiar para evitar futuras reparaciones.
- En caso de que el generador de voltaje tenga colocado encima de él su regulador de voltaje también es necesario desconectar los cables eléctricos.
- Desconectar la conexión eléctrica de la bobina de encendido.
- Desconectar la conexión eléctrica del sensor de presión del motor.
- En caso de que se tengan otros cables eléctricos conectados, como los de las conexiones del carburador o las luces traseras del vehículo, desconectarlos e identificarlos.

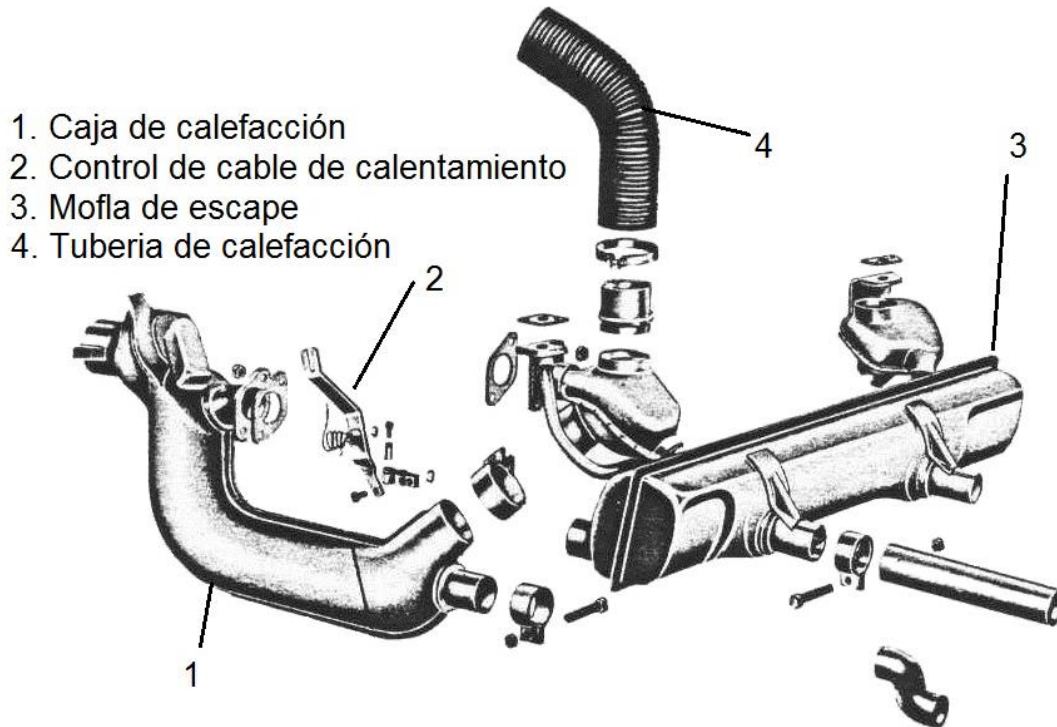
2.1.2. Desarmado de controles de manejo

- Desconectar el cable de aceleración del motor. Este pasa a través de la tolva de enfriamiento del motor y se conecta al carburador. Estos comúnmente están sujetos con tornillo de cabeza plana o con uno de 8mm.
- Quitar las tolvas auxiliares que se conectan del motor a la carrocería. estas tolvas están fijadas al motor y carrocería por ocho tornillos. Algunos técnicos no quitan todas las tolvas, pero es mucho más fácil quitar y poner el motor de combustión del chasis del vehículo cuando están removidas en su totalidad.

2.1.3. Desarmado de sistemas de calefacción y extras

En la página siguiente se presenta el diagrama de partes del sistema de calefacción.

Figura 10. **Diagrama de partes del sistema de calefacción**



Fuente: Departamento Técnico de Servicio. *Manual de reparaciones técnicas*. 1988. Pág. 80.2

- Colocándose debajo del motor, quitar la tubería de dirección de calor del motor. Esta está formada por dos tubos plásticos que se conectan del motor (sistema de escape) a la carrocería.
- Restringir el paso de combustible en la línea de combustible. Quitar la manguera de combustible y colocar en la punta de la manguera alguna barra metálica del mismo diámetro, para asegurar de doble manera la salida de combustible desde el tanque de gasolina.
- Desconectar los cables de calentamiento del compartimiento de pasajeros. Estos cables son dos y se encuentran a los costados del motor.

- Ya que se está debajo del motor, remover el cable del acelerador de manera que salga de la tolva de enfriamiento y colocarlo en algún compartimiento donde no perjudique el desarmado del motor.

2.1.4. Desmontaje final

- Quitar los dos tornillos de sujeción de motor superiores. Estos tornillos se encuentran detrás de la tolva de enfriamiento y sujetan al motor con la caja de velocidades del vehículo. Comúnmente son de 17mm. Estos tienden a ser un poco incómodos de remover, pero colocándose a los costados del motor y con la ayuda de una llave de cola y copa, se convierte en una tarea más sencilla.
- Quitar los dos tornillos inferiores de sujeción del motor, estos se encuentran debajo del motor y sujetan al motor con la caja de velocidades del vehículo.
- Colocar el lagarto hidráulico debajo del motor y colocarlo justo en el plato de extracción de aceite del motor. Este plato está en la parte más baja del motor y tiene seis tornillos de sujeción. Levantar el motor un par de centímetros de manera que el lagarto sostenga el peso completo del motor.
- Jalar el motor horizontalmente en dirección trasera del vehículo. En algunos casos es necesario mover el motor ligeramente de arriba abajo para lograr separarlo de la caja de velocidades al mismo tiempo que se jala horizontalmente.
- Una vez el motor se haya separado de la caja de velocidades, bajar el motor con la ayuda del lagarto, teniendo cuidado de no botar el motor al piso. En este caso es recomendable que la tarea se realice con la ayuda de otra persona que sujete el motor en lo que la segunda persona baja el lagarto. Al bajar el motor tener cuidado que el tornillo del generador eléctrico del motor no tenga contacto con la carrocería del vehículo.

- Una vez el motor esté completamente colocado en el suelo, levantar con el lagarto el vehículo nuevamente, a manera de lograr levantar la carrocería del vehículo a una altura suficiente para poder deslizar el motor por debajo de la carrocería del vehículo y poder trabajar el motor con más facilidad.

2.2. Desarmado de sistemas de motor

Una vez desmontado el motor de la carrocería se puede montar a una base para desarmado de motores. Estas bases facilitan grandemente la posición de trabajo, ya que trabajarlos directamente en el suelo puede llegar a ser sumamente incómodo, poco eficiente y profesional.

El embrague se desmonta únicamente si se desea revisar y verificar su funcionamiento, ya que se tiene fácil acceso a él. La modificación del motor no necesita un cambio de embrague a menos que este presente fallas.

- Colocar una cuña en los dientes del volante del motor, esto para facilitar el desmontaje del embrague del volante del motor. Estas cuñas se pueden conseguir como una herramienta especial para el desmontaje de embragues.
- Quitar los tornillos de sujeción del embrague, estos comúnmente son de 13mm y se deben aflojar $\frac{1}{4}$ de vuelta a la vez, alternándolos a manera de no doblar el embrague en su desmontaje.
- Quitar el embrague y su disco, tener cuidado de verificar la posición correcta del disco, ya que cuando se ensambla de regreso se tiende a confundir cuál es el lado del disco que queda de frente al volante del motor.

Posterior a este desmontaje, en caso de que el retenedor de aceite del eje cigüeñal presente fuga, es necesario cambiar tanto el embrague como su disco,

los cuales estarán bañados en aceite y habiendo trabajado en húmedo pierden su coeficiente de fricción. También es necesario limpiar el aceite del volante antes de colocarlo de regreso al motor.

2.2.1. Sistema eléctrico

Antes de iniciar sistema eléctrico, realizar sistema de escape de gases del motor 2.2.3 y sistema de refrigeración del motor y sistema eléctrico 2.2.4.

- En caso que el motor tuviera termostato, aflojar los accesorios de funcionamiento del termostato con un desarmador sencillo para poder deslizar la tolva de enfriamiento hacia arriba cuando se desmonte.
- Desconectar los cables de las bujías de ignición, únicamente del lado de las bujías.
- Desconectar el cable eléctrico que va de la bobina de encendido al distribuidor de chispa del motor.
- Quitar la tapa del distribuidor dejando los cables conectados a la tapa.
- Sujetando a la tolva de enfriamiento en ambos lados, deslizarla hacia arriba quitando todas las piezas que contiene: bobina, tapa de distribuidor con sus cables, generador eléctrico y accesorios del termostato.

2.2.2. Sistema de admisión de aire del motor

En el caso del *manifold* de admisión de aire, sí pueden existir variaciones por el tipo de motor que se esté trabajando. En el caso de los motores de 1 300 centímetros cúbicos, consta de una tubería simple de una sola pieza. El motor de 1 300 centímetros cúbicos está sujeto a la cabeza de cilindros por dos tuercas de 10mm de cada lado.

- Quitar las tuercas que sujetan al *manifold* de admisión a la cabeza de cilindros de ambos lados.
- Deslizar hacia arriba el *manifold* con todo y el carburador colocado en el *manifold* de admisión.
- Hasta este punto es posible remover las tolvas que cubren las cabezas de cilindros y quitarlas de ambos lados para tener acceso a la cabeza de cilindros.

Posterior a esto se puede continuar con el inciso 2.2.5, que corresponde al desarmado de la cabeza de cilindros, cilindros y pistones.

2.2.3. Sistema de escape de gases del motor

Antes de desmontarlo, es recomendable utilizar un aceite en espray para aflojar los tornillos y las tuercas del motor. Esto se debe aplicar 30 minutos antes de su desmontaje, como mínimo, ya que en algunos casos los tornillos o tuercas se adhieren a las partes que fijan por el óxido.

- Quitar las tuercas de la tubería de recirculación de gases de escape. Esta tubería une al *manifold* de admisión con el *manifold* de gases de escape. Comúnmente está sujeto con tuercas de 10mm y lleva dos tuercas en cada una de las dos tuberías.
- En la parte inferior a la tubería de recirculación se encuentran dos juntas de tubería que unen la tubería de gases de escape de los cilindros traseros del mofle de escape. Quitar estas juntas.
- Remover las tuercas que sujetan al mofle de escape con las cabezas de cilindros. Estas tuercas comúnmente son de 13mm. En algunos casos estas tuercas se pegan de tal manera que es imposible removerlas con una llave

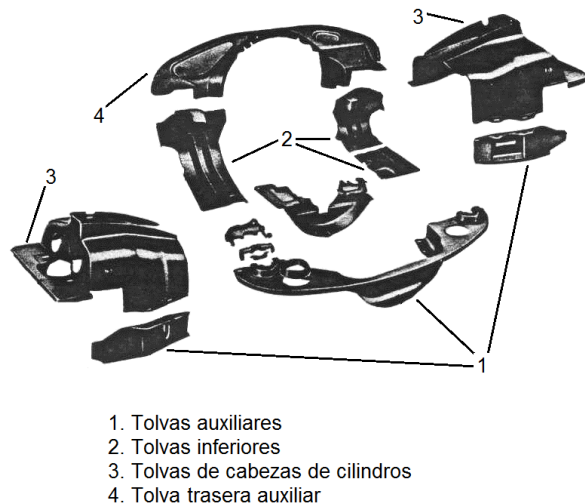
o copa de 13mm, por lo que es necesario partir la tuerca con la ayuda de un martillo y un cincel, teniendo cuidado de no dañar la rosca del tornillo.

- Quitar el mofle de escape con la ayuda de un martillo de goma, realizando golpes leves en el mofle de escape en la parte trasera del mismo, alternando del lado derecho al lado izquierdo.
- Quitar las tolvas inferiores del motor que unen las cajas de calefacción al bloque del motor.
- Quitar los tornillos de la tolva superior del motor, ya que estos tornillos también sujetan a la caja de calefacción.
- Remover las tuercas que sujetan a la caja de calefacción del motor con el bloque del motor.
- Quitar la caja de calefacción, hacer esto con las dos cajas de calefacción.
- En caso de que se tenga un termostato en la parte inferior del motor, quitarlo removiendo el tornillo de 13mm que lo sujeta y desenroscarlo de su base.

2.2.4. Sistema de refrigeración del motor y sistema eléctrico

El sistema de refrigeración del motor consta de un ventilador accionado por el generador eléctrico del motor y las tolvas del mismo, que hacen circular el aire por las partes críticas de calentamiento del motor, siendo estas los cilindros y el bloque.

Figura 11. **Diagrama de partes sistema de refrigeración**



Fuente: Departamento técnico de servicio. *Manual de reparaciones técnicas*. 1988. Pág. 19.3

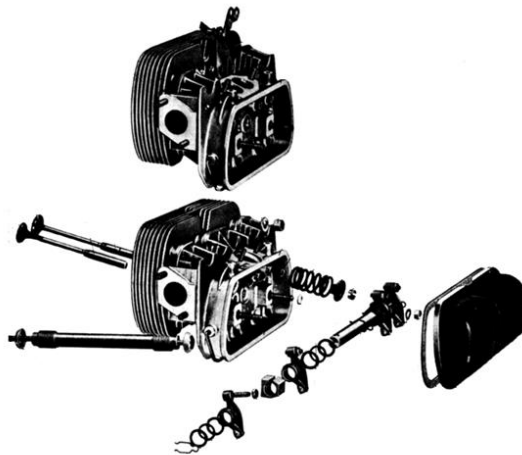
- Quitar los tornillos de los costados de la tolva de enfriamiento. Estos son de 10mm y son dos de cada lado de la tolva.
- Quitar la abrazadera que sujeta al generador eléctrico del motor con su base. Esta abrazadera se quita con una llave de copa y cola de 13mm.
- Remover la faja de accionamiento del generador eléctrico del motor aflojando el tornillo de la polea del generador eléctrico y deslizando la faja hacia afuera.
- Quitar las tolvas traseras auxiliares de la tolva principal de enfriamiento en caso de que el motor las tuviera. Estas tolvas están sujetas a la tolva de enfriamiento en la parte trasera del motor con tornillos de 10mm.

Posterior a estos pasos descritos en los incisos 2.2.3 y 2.2.4, continuar con los descritos en el inciso 2.2.1, que corresponden al sistema eléctrico del motor.

2.2.5. Cabeza de cilindros, cilindros y pistones

Este procedimiento se realiza en cada una de las dos cabezas de cilindros del motor, ya que este tiene una derecha y una izquierda. Antes de realizar el desmontaje de las siguientes piezas, es necesario limpiar lo más posible el motor completo, ya que este procedimiento solo contempla la modificación del motor y no la reparación completa. La mayoría de motores tienden a almacenar grandes cantidades de lodo y grasa en las aletas de transferencia de calor y espacios reducidos del motor. Es importante limpiarlo con la ayuda de solventes teniendo cuidado de cubrir las entradas de aire al motor y salida de gases de escape. Estos agujeros son los que se descubren al desmontar el *manifold* de admisión y de escape. Una vez limpio el motor se procede a desmontar.

Figura 12. Despiece de la cabeza de cilindros



Fuente: Chilton Book Company. *Manual de reparación y afinación*. 1988. Pág. 91

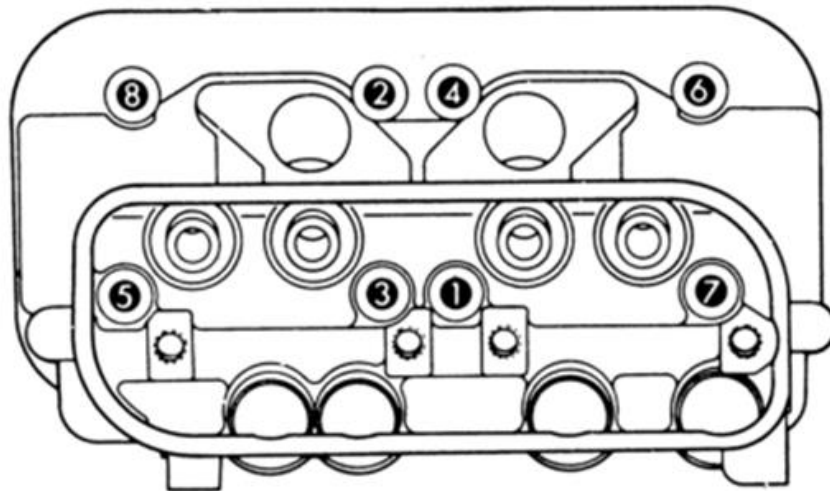
- Deslizar el seguro de la tapa de la cabeza de cilindros hacia abajo para poder remover la misma. Es recomendable remover la tapa despacio y

colocarla con su concavidad hacia arriba, ya que en algunos casos gotea aceite residual de la misma.

- Quitar los balancines de válvulas removiendo los dos tornillos de 13mm. que los sujetan a la cabeza de cilindros. Tener cuidado de no confundir los balancines de válvulas ni desarmarlos por completo si no es necesario una vez desmontados.
- Retirar las varillas de empuje, estas son cuatro de cada lado del motor y atraviesan las cabezas de cilindros pasando por las tuberías en la parte inferior de la cabeza de cilindros.

Posteriormente se procede a remover la cabeza de cilindros, la cual está sujeta al bloque del motor por ocho tuercas que se sujetan a ocho varillas insertadas en el bloque del motor, que a su vez atraviesan los cilindros por sus aletas de transferencia de calor. Este sistema de sujeción tiende a dar problema con el tiempo y uso del motor, las tuercas y varillas pierden sus propiedades mecánicas por fatiga en los metales, a consecuencia de las vibraciones, por tanto, cuando se montan al bloque del motor, dándoles el torque apropiado luego de su desmontaje, las roscas no resisten la tensión y se deslizan provocando una falla de corte en las roscas. Por eso, previamente a su desmontaje, se recomienda aplicar torque a las tuercas colocadas para verificar que tanto la varilla como la tuerca aún tienen las propiedades mecánicas adecuadas en la secuencia de apriete apropiado que se muestra en la siguiente ilustración. En caso de que presenten falla, se debe corregir las roscas dañadas.

Figura 13. **Secuencia de apriete de cabeza de cilindros**



Fuente: Chilton Book Company. *Manual de reparación y afinación*. 1988. Pág. 92

- Aplicar torque de 28 ft-lb a las tuercas de sujeción de la cabeza de cilindros en la secuencia adecuada. Si alguna de las tuercas con su varilla no resistiera el torque aplicado y presentara falla, es necesario rectificar la rosca del bloque del motor.
- Una vez verificado que todas las tuercas resisten el torque apropiado, remover las ocho tuercas que sostienen la cabeza de cilindros.
- Remover las ocho arandelas de presión que tiene cada uno de los tornillos y almacenarlas en un lugar seguro para no extraviarlas.
- Desmontar la cabeza de cilindros deslizándola hacia afuera. En caso de que esté pegada a los cilindros, darle golpes suaves con un martillo de goma para aflojarla de los cilindros y facilitar el desmontaje.
- Desmontar las tuberías inferiores de las varillas de empuje con sus respectivos empaques.

- Desmontar las placas deflectoras de calor de los cilindros. Estas placas están sujetas a presión en la parte inferior de los cilindros, por lo que se pueden desmontar empujándolas hacia abajo.
- Jalar hacia afuera los cilindros, estos no están sujetos al bloque del motor, por tanto, su desmontaje tiende a ser sumamente fácil. En caso de que el cilindro esté pegado al bloque del motor, golpearlo suavemente con un martillo de goma para facilitar el desprendimiento.

Una vez se haya desmontado los cuatro cilindros, se procede a desmontar los pistones de las bielas. La posición adecuada para facilitar el trabajo de desmontaje de los cilindros es cuando estos se encuentran en su PMS.

- Quitar los seguros de los pasadores con la ayuda de una pinza para seguros. El pistón lleva dos seguros, uno a cada lado del pasador.
- Extraer el pasador del pistón para poder desmontarlo.

Posteriormente a desmontar los pistones de las bielas, verificar que no exista holgura entre el pasador del pistón y la biela. En caso de que exista holgura se debe cambiar el rodamiento de la biela.

3. ANÁLISIS Y MODIFICACIÓN DE LAS PIEZAS A SUSTITUIR

Al desarmar el motor hasta este punto, es necesario limpiar todas y cada una de las piezas desmontadas antes de ser analizadas y puestas a prueba. En el caso de las piezas que aún están colocadas en el motor es de suma importancia que se limpien con precaución, para evitar que ingresen al motor partículas de metal, como viruta de aluminio o partículas de suciedad de cualquier tipo, ya que esto podría llegar a arruinar por completo el motor.

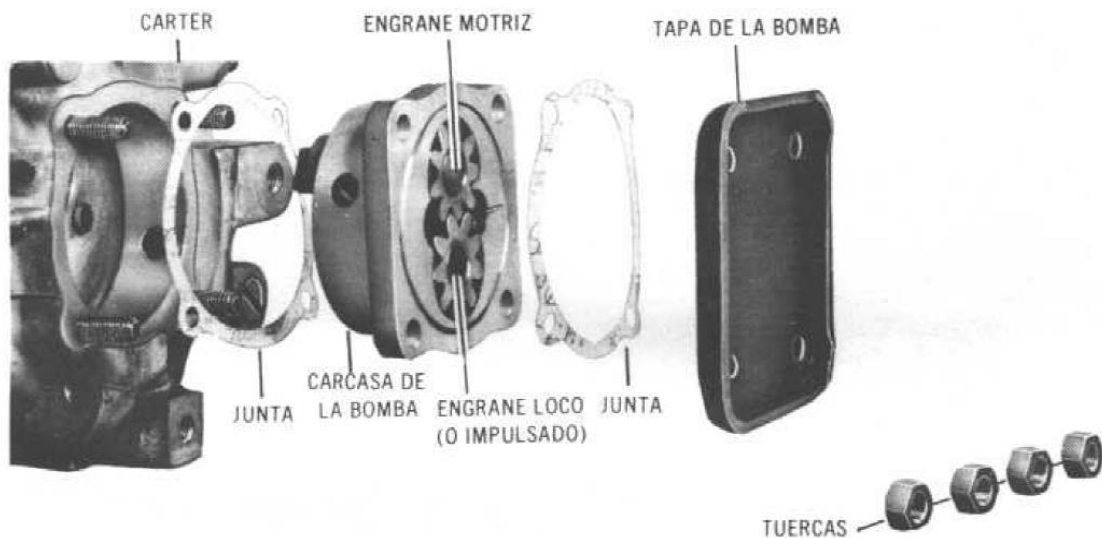
El aumento de cilindrada del motor se puede hacer de dos maneras, la primera, a la que se llamará modificación “A”, consiste en el cambio del set de 1 600 centímetros cúbicos que incluye: pistones, anillos, pasadores, seguro de pasadores y cilindros. Estos sets incluyen las piezas mecánicamente rectificadas y con las holguras que recomienda el fabricante. Tener cuidado de no confundir los pistones con sus respectivos cilindros, ya que estos vienen rectificados con las holguras necesarias y pueden variar de un cilindro a otro.

La segunda modificación, a la que se llamará modificación “B”, consiste en el cambio de cabezas de cilindros, *manifold* de admisión, *manifold* de escape y carburador, además del set de 1 600 centímetros cúbicos. Dado que para esta modificación se necesitan más piezas no originales, es más costosa que la primera.

3.1. Análisis de las piezas desmontadas

Dado que se desea reducir costos en la modificación del motor, no se recomienda hacer ningún cambio o modificación con el eje de levas o con la bomba de aceite. Los ejes de levas y bombas de aceite varían de un motor a otro en lo siguiente: los ejes de levas de los motores de 1 300 o 1 200 centímetros cúbicos tienen ejes de levas que no utilizan rodamientos para su rotación. Los ejes de levas de motores de 1 600 centímetros cúbicos sí utilizan rodamientos, estos tienen uno frontal, uno central y uno trasero. El mecanismo de accionamiento de las bombas de aceite es por dos engranajes de dientes rectos. La bomba de aceite es accionada por el engranaje del eje de levas.

Figura 14. Diagrama de partes de bomba de aceite



Fuente: CECSA. *Manuales para el taller Volkswagen*. 1979. Pág. 26

Existen tres tamaños de bombas de aceite en estos motores. Estas varían en dimensiones de funcionamiento. La bomba de aceite del motor de 1 200 o 1 300 centímetros cúbicos es la más pequeña. En la bomba de aceite del motor de

1 500 centímetros cúbicos el engranaje de accionamiento es 20 % más largo que en la de 1 200 o 1 300 centímetros cúbicos, y la bomba del motor de 1 600 centímetros cúbicos es 20 % más larga que en el de 1 500 centímetros cúbicos. Por tanto, el caudal de aceite a la salida de la bomba varía, dado que la superficie de contacto en los engranajes de las bombas es diferente.

Dado que las bombas de aceite varían en sus dimensiones, también varían los ejes de levas que las accionan. Los ejes de levas de los motores de 1 600 centímetros cúbicos están conformados por una sola pieza, eje y engranaje. Los ejes de los motores de 1 200 o 1 300 centímetros cúbicos están conformados por dos piezas. Una pieza es el eje de levas y la otra es su engranaje. Estas piezas están sujetas por medio de tres tornillos.

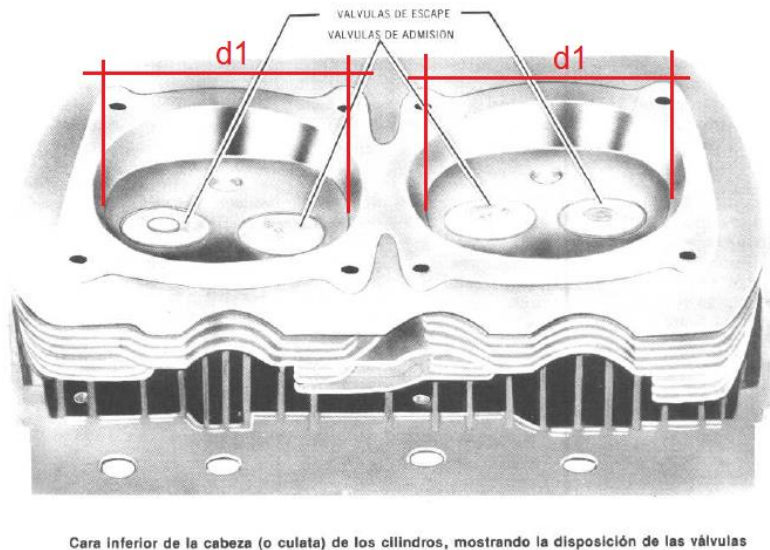
Por tanto, no es necesario cambiar o modificar el eje de levas o la bomba de aceite del motor para una modificación tipo “A” y el procedimiento de desarmado de estas piezas no lo incluye. Después de la modificación se debe trabajar con la presión de 42 psi que trae el motor de 1 300 centímetros cúbicos, como se detalla en la comparación de presiones de aceite lubricante (sección 5.1.6).

3.1.1. Modificación de piezas desmontadas

La modificación “A” no incluye un cambio de la cabeza de cilindros, pero el diámetro del pistón sí aumenta proporcionalmente, por tanto, el volumen final de masa de aire absorbido por el pistón y las compresiones del motor también aumentan. Para mantener una combustión adecuada es necesario aumentar también la cantidad de combustible y no afectar la relación aire / combustible del motor. Esto se puede realizar de dos maneras: la primera es cambiando las agujas del carburador por unas que dejen ingresar una cantidad mayor de

combustible y, la segunda, cambiar el carburador por un solex 30PICT/2 o un H30/31, dado que ambos coinciden en dimensiones con el carburador original del motor de 1 300 centímetros cúbicos y pueden ser colocados en el *manifold* de admisión original. Dado que en esta modificación las compresiones del motor aumentan, también se debe aumentar la cantidad de octanos en el combustible a utilizar, idealmente 95 ó 98 octanos, para evitar la preignición del mismo. Para la modificación “A” es necesario medir el diámetro “d1” interno de la cavidad de la cabeza de cilindros en donde ingresan los cilindros, tal como se muestra en la siguiente imagen:

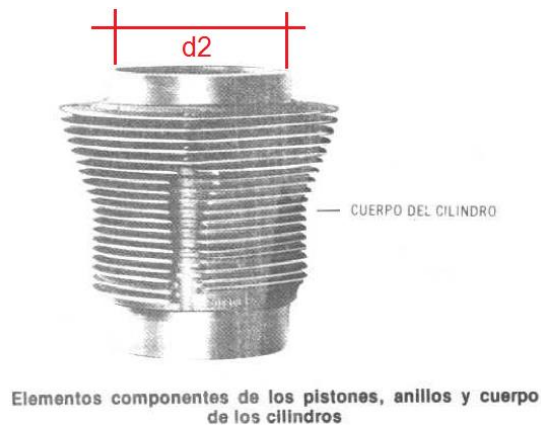
Figura 15. **Diámetro interno de cabeza de cilindros**



Fuente: CECSA. *Manuales para el taller Volkswagen*. 1979. Pág. 31

Así mismo, se debe medir el diámetro externo de la parte superior del cilindro “d2”, como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 16. **Diámetro externo de cilindros**



Fuente: CECSA. *Manuales para el taller Volkswagen*. 1979. Pág. 34

Una vez se tengan estas dos medidas, es necesario que la diferencia entre diámetros sea de al menos 1mm, es decir $d1 > d2$. En caso de que esta medida no se cumpla, se puede aumentar el diámetro interno de la cabeza de cilindros haciendo un mecanizado con un torno o fresadora.

Figura 17. **Mecanizado en cabeza de cilindros**



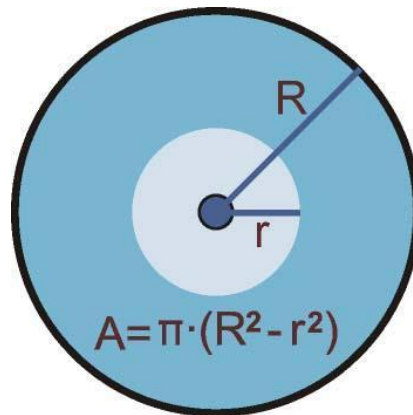
Fuente: *Mecanizado en cabeza de cilindros*.

<http://www.evolveeng.com/images/automotive/Mirror-Polished%201914cc-VW-Heads.jpg>.

Consulta: agosto, 2016.

Este mecanizado no afecta al funcionamiento del motor y tampoco a la relación de compresión del mismo, esto se debe a que el sello entre el cilindro y la cabeza de cilindros lo hace el área de la corona circular que queda en contacto entre las dos piezas.

Figura 18. **Área de corona circular**



Fuente: *Área de corona circular.*

https://diccmaticas.wikispaces.com/file/view/Area_Corona_Circular.JPG/100413351/Area_Corona_Circular.JPG. Consulta: agosto, 2016.

En la siguiente imagen se muestra el área de la corona circular en mención como la A1:

Figura 19. **Área de corona circular en cabeza de cilindros**



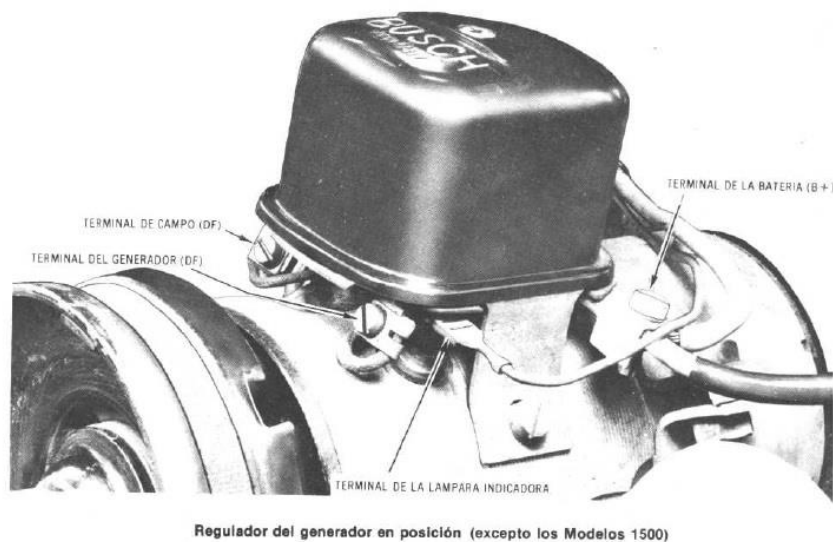
Fuente: *Área de corona circular en cabeza de cilindros.*

http://www.mofoco.com/item_images/050_Bottom2_Large.JPG. Consulta: agosto, 2016.

3.1.2. Análisis de posibles piezas a montar

Para el motor de 1 300 centímetros cúbicos también es factible hacer otras modificaciones adicionales para mejorar su desempeño. Una de estas es la optimización del sistema eléctrico del motor, la cual consiste en el cambio del generador eléctrico (dínamo) y su regulador de voltaje por un alternador. Tanto el dínamo como el alternador trabajan bajo el mismo principio de inducción electromagnética, utilizando la inducción que se genera entre un embobinado o conductor y un imán permanente o uno electromagnético para generar una fuerza electromotriz o una corriente eléctrica. Las diferencias en su construcción y la relación entre el inducido y las piezas polares hacen una gran diferencia en cuanto a la producción de energía entre ambos. La producción energética del alternador es más eficaz a velocidades (RPM) bajas del motor, además de un aumento desde 30 hasta 50 amperios para utilizar más accesorios que consuman energía en el vehículo. Cabe recalcar que el dínamo necesita un regulador de voltaje externo como se muestra en la imagen siguiente:

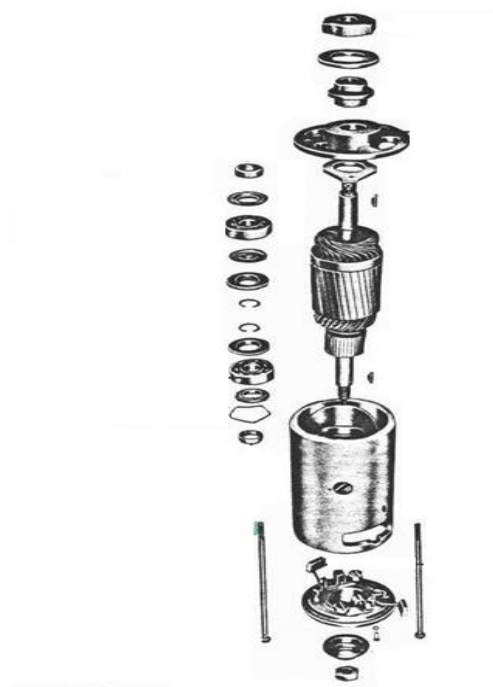
Figura 20. Regulado de voltaje en dínamo



Fuente: CECSA. *Manuales para el taller Volkswagen*. 1979. Pág. 223

Algunas de las piezas que componen el dinamómetro son: las tuercas de fijación del ventilador, la tapa anterior del dínamo, arandelas espaciadoras, rodamientos, rotor y escobillas. Estas se distribuyen tal y como se muestra en la siguiente imagen:

Figura 21. **Despiece de dínamo**



Fuente: Departamento Técnico de Servicio. *Manual de reparaciones técnicas*. 1988. Pág. 27

Algunas de las piezas que componen el alternador son: placa de los diodos positivos, placa de los diodos de excitación, placa de los diodos negativos, escobillas, rodamientos y rotor. Estas se distribuyen tal y como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 22. **Despiece de alternador Bosch**



Fuente: Departamento Técnico de Servicio. *Manual de reparaciones técnicas*. 1988. Pág. 2

Existen empresas como California Pacific JBUGS que ofrecen el *kit* con todas las piezas necesarias para hacer esta modificación a un precio sumamente cómodo, el cual incluye el alternador, la base del alternador y todos los accesorios necesarios para cambiar. En esta modificación no se incluye el cambio del ventilador de enfriamiento del motor.

Otra modificación opcional al aumento de cilindrada es el cambio del distribuidor de chispa del motor. Los motores de 1 300 centímetros cúbicos cuentan con un sistema de distribución de chispa de platinos. Estos sistemas han sido reemplazados por sistemas electrónicos que presentan dos grandes ventajas: eliminación del desgaste debido a la ausencia de leva para abrir y cerrar

los platinos u otras piezas mecánicas y se posibilita el aumento de la corriente disponible para la chispa en la bujía. Una ventaja adicional es que los componentes del módulo electrónico brindan una respuesta más rápida a velocidades altas del motor, permitiendo que el paso de corriente en la bobina de encendido se optimice.

También existen algunas empresas como *Fisher Buggies Super Store* que ofrecen este tipo de distribuidores ya con las medidas adecuadas para el motor de 1 300 centímetros cúbicos a un precio sumamente accesible. Para la colocación de estos distribuidores no es necesario agregar piezas adicionales o modificar el procedimiento de instalación de uno convencional.

Figura 23. **Distribuidor electrónico**



Fuente: *Distribuidor electrónico*. <http://fisherbuggies.com/Images/specials//00%20009E.jpg>.

Consulta: agosto, 2016.

Tanto en la modificación “A” como en la “B”, existen posibilidades de que las roscas maquinadas en el bloque del motor para la sujeción de la cabeza de cilindros sufran daño, dado que esta situación es común para una mejor solución del problema.

Dadas las recomendaciones en el inciso 2.2.5 respecto de las roscas maquinadas en el bloque del motor para la sujeción de la cabeza de cilindros, tanto para la modificación “A” como para la “B” existen unos protectores del bloque del motor que se colocan con un mecanizado de las roscas dañadas a través de un roscado manual con un machuelo. Estos protectores o *case savers* se pueden conseguir a un bajo costo y son fáciles de instalar.

Figura 24. **Case savers del bloque del motor**



Fuente: *Case savers del bloque del motor.*

http://image.mamotorworksmedia.com/imageproc.aspx?img=~/_production/website/sku/300/300294/300294.jpg&h=369&w=369. Consulta: agosto, 2016.

Los *case savers* para el bloque del motor deben ser de 14mm x 8mm, para que queden con las especificaciones de fabricante respecto de las roscas normales.

4. ARMADO DEL MOTOR Y PIEZAS MODIFICADAS

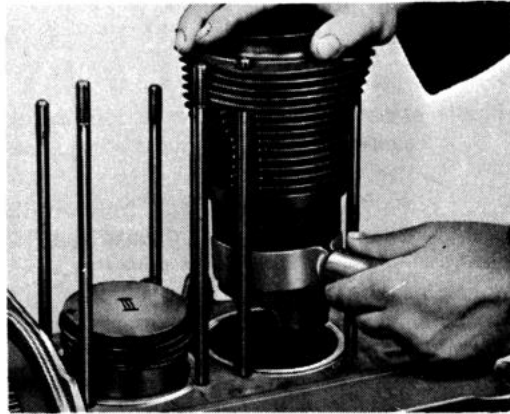
4.1. Armado de motor

Previamente a realizar el armado del motor, tomar en consideración que las piezas del set de pistones y cilindros vienen cubiertas de un barniz protector contra el óxido, el cual es necesario remover. Esto se puede realizar limpiando con una brocha y un solvente mineral las piezas, posteriormente limpiar el solvente mineral con agua y jabón convencional y finalmente secarlo con aire a presión o un trapo que no libere partículas de algodón u otros, asegurándose que queden completamente limpios. También es indispensable que los pistones se coloquen del lado correcto cuando se ensamblen. Estos tienen flechas direccionales en la parte superior que deben ir apuntando hacia el volante del motor.

4.1.1. Cabeza de cilindros, cilindros y pistones

Previamente a montar los pistones en las bielas, girar el cigüeñal con la ayuda de una copa a manera de colocar la biela del cilindro número uno en su PMS, como se muestra en la imagen de la siguiente página.

Figura 25. **Instalación de un cilindro**

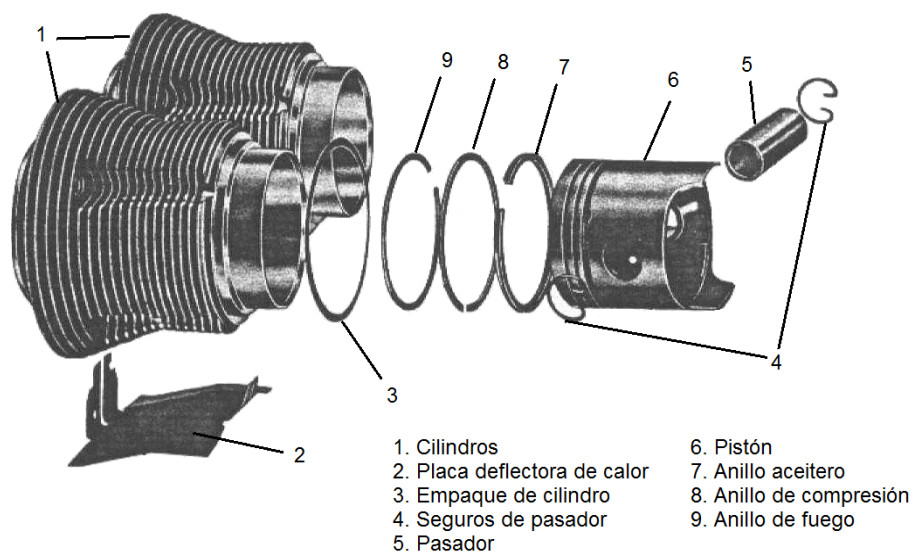


Fuente: Chilton book Company. *Manual de reparación y afinación*. 1988. Pág. 102

- Colocar el seguro de pasador en el pistón del lado en donde aún no ha pasado el pasador de pistón con la ayuda de unas pinzas.
- Empujar el pasador hacia adentro del pistón hasta donde se logre visualizar por debajo del pistón el extremo del pasador, y dejarlo fuera del pistón aproximadamente un centímetro.
- Colocar lubricante mineral en la rodadura de la biela y colocar el pistón en su posición, teniendo cuidado de colocarlo con la flecha apuntando al volante. El extremo que quedó un poco hacia el centro del pistón sirve de guía para poder colocar el pasador en la biela.
- Colocar el pasador de manera que quede completamente dentro del pistón. Tener cuidado de no golpear el pistón o dañar cualquier otra superficie del motor.
- Colocar el segundo seguro del pasador con la ayuda de unas pinzas. Asegurarse que ambos seguros de pasador estén bien colocados antes de proseguir con los otros pistones.

Con el cigüeñal en esta posición también se puede colocar el pistón del lado contrario del bloque del motor que se encuentra en su PMS. Girar el cigüeñal del motor a manera de colocar las bielas con sus pistones en su PMI y las bielas que aún no tienen pistón en su PMS, para facilitar el montaje de los pistones faltantes. Tener cuidado de colocar correctamente los pistones ya colocados de manera que no tengan contacto con el bloque del motor cuando se van desplazando hacia adentro. Colocar los dos pistones faltantes siguiendo los cinco pasos anteriores.

Figura 26. **Diagrama de partes del set de pistones**



Fuente: Chilton book Company. *Manual de reparación y afinación*. 1988. Pág. 13

- Alinear los anillos de los pistones de manera que la holgura del anillo aceitero quede en la parte superior del motor y la holgura de los anillos de compresión y de fuego queden a los costados contrarios del pistón. Esto se realiza para prevenir que se deslice lubricante hacia la cámara de compresión del motor cuando este está en reposo.
- Asegurándose que la parte inferior de los cilindros esté limpia, colocar silicón para altas temperaturas o sellador de laca a todo el alrededor de la

parte baja del cilindro que tiene contacto con el bloque del motor, colocar el empaque del cilindro y colocar más silicón o sellador encima del empaque del cilindro para asegurarse que no presente alguna fuga de líquido lubricante posterior al armado del motor.

- Agregar lubricante al interior del cilindro y distribuirlo de manera uniforme a toda la superficie.
- Agregar lubricante a los anillos y al pistón teniendo cuidado de no mover los anillos de su posición adecuada para ensamblaje.
- Con la ayuda de un compresor de anillos para estos motores, deslizar el cilindro previamente lubricado haciéndolo llegar hasta el bloque del motor. El compresor de anillos debe poder abrirse por completo para poder quitarlo. Tener cuidado de sujetar la polea del cigüeñal cuando se coloca el cilindro, ya que éste tiende a empujar el pistón hacia adentro del bloque del motor. Colocar los otros tres cilindros de la misma manera, repitiendo los cuatro pasos anteriores.
- Una vez se hayan colocado los cuatro cilindros, colocar las placas deflectoras de calor de los cilindros.
- Estirar manualmente las áreas que tienen resorte de las tuberías inferiores de las varillas de empuje, ya que estas se comprimen cuando se colocan. Colocar también los empaques nuevos de hule a las ocho tuberías y verificar que estén estiradas.
- Deslizar la cabeza de los cilindros hacia los cilindros sin colocarla completamente.
- Colocar las tuberías en la parte inferior del motor guiándose con las varillas de empuje y terminar de colocar la cabeza de los cilindros.
- Asegurarse que se colocaron de manera apropiada las tuberías, girándolas manualmente, y que todos los empaques estén colocados.
- Colocar las arandelas de presión y los tornillos de la cabeza de los cilindros.

- Aplicar torque de 7 ft-lbs a las tuercas de sujeción de la cabeza de cilindros en la secuencia adecuada.
- Aplicar torque de 15 ft-lbs a las tuercas de sujeción de la cabeza de cilindros en la secuencia adecuada.
- Aplicar torque de 23 ft-lbs a las tuercas de sujeción de la cabeza de cilindros en la secuencia adecuada. Este torque se aplica en caso sean tornillos de sujeción de 10mm. En caso se tengan tornillos de 8mm se aplican 18 ft-lbs.
- Colocar los balancines de válvulas asegurándose de colocar los empaques que se hayan quitado en el desmontaje. Asegurarse que las varillas de empuje estén en su posición cuando se coloque el balancín de válvulas.
- Colocar las tuercas de los balancines de válvulas aplicándoles un torque de 18 ft-lbs.
- Ajustar la holgura que existe entre los balancines de válvulas y las válvulas con la ayuda de un medidor de hojas, una llave de 13mm y un destornillador. “Todas deben llevar una holgura de 0,006 pulg”.⁵ Cuando se realice este ajuste asegurarse que “el pistón se encuentre en su PMS y la válvula de admisión de aire y la de escape de gases estén cerradas”.⁶
- Ajustar las 8 válvulas.
- Colocar el distribuidor sujetándolo con su respectiva tuerca. Asegurarse que el distribuidor esté colocado de la misma manera de cómo se desmontó.
- Colocar las tolvas que cubren las cabezas de cilindros en su respectivo lado. Estas tolvas tienen troquelados los números de cilindro, por lo que se puede identificar con los mismos cuál es la derecha y cuál es la izquierda.

⁵ CECSA, *Manuales para el taller Volkswagen*, p. 32.

⁶ MUIR, *Como mantener tu Volkswagen vivo*, p. 64.

4.1.2. Sistema de refrigeración del motor

Para el sistema de refrigeración del motor y su sistema eléctrico se deben seguir los siguientes pasos:

- Colocar la tubería de combustible que va de la bomba de gasolina al carburador del motor, asegurándose de colocarlo ajustadamente para evitar fugas de combustible.
- Colocar las tolvas traseras de enfriamiento del motor, colocando en su lugar la tubería de combustible.

4.1.3. Sistema eléctrico

- Colocar las bujías de encendido aplicándoles un torque de 25 ft-lbs seguido de los cables de bujías de encendido, que van desde el distribuidor de chispa hasta cada una de las cuatro bujías de encendido.
- Colocar la bobina de encendido.
- Colocar la tolva de enfriamiento junto con el generador eléctrico y demás componentes con el que se había removido, teniendo precaución de colocar en su lugar los cables de las bujías de encendido.

4.1.4. Sistema de admisión de aire del motor

- Colocar el *manifold* de admisión de aire en su posición, teniendo cuidado de colocar los empaques que sellan el *manifold* con la cabeza de cilindros. Es necesario no aplicar torque a los tornillos del *manifold* hasta que se coloque el sistema de gases de escape del motor.
- Colocar las tapas de las cabezas de cilindros teniendo cuidado de colocarlos con su respectivo empaque. Es necesario colocar silicón para

altas temperaturas en los empaques para evitar fugas de aceite lubricante en las tapas.

4.1.5. Sistema de escape de gases del motor

- Colocar las cajas de calefacción en la parte inferior del motor, colocando sin aplicar torque las tuercas que sujetan la caja de calefacción con la cabeza de cilindros.
- Colocar las tolvas inferiores del motor que unen las cajas de calefacción al bloque del motor, colocando los tornillos que sujetan las cajas de calefacción con las tolvas.
- Colocar el mofle de escape teniendo cuidado de colocar adjuntos los empaques metálicos que sellan las cajas de calefacción, tubería de recirculación de gases de escape y mofle de escape.
- Hasta este punto es necesario que se aplique torque a los tornillos del *manifold* de admisión que habían quedado pendientes, os tornillos de las cajas de calefacción y los tornillos del mofle de escape, terminando de asegurar ambos sistemas de aire del motor.

4.2. Montaje del motor al vehículo

- De la misma manera como se desmontó el embrague del motor, colocarlo en el volante, asegurándose de que la holgura axial del volante sea la adecuada. Para todas las cilindradas del motor esta holgura debe ser de 0,004 pulgadas.
- Para montar el motor al vehículo es necesario seguir los pasos descritos anteriormente a la inversa.

4.3. Arranque del motor modificado

- Una vez montado el motor en el vehículo nuevamente, asegurarse que las tuercas y tornillos que aseguran el motor a la caja de velocidades estén bien apretadas.
- Colocar el líquido lubricante al motor y revisar nuevamente que todo esté colocado en su lugar.
- Antes de arrancar el motor por primera vez luego de su modificación, es necesario asegurarse que existe presión de líquido lubricante, esto se puede realizar desconectando la alimentación de corriente de la bobina de encendido y aplicar corriente al *starter* del motor de 30 a 60 segundos. Cuando esto se hace la luz indicadora de presión de aceite del motor debe apagarse.
- Una vez realizada esta prueba, se coloca nuevamente la alimentación de la bobina de encendido.
- Arrancar el motor.

5. COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de las modificaciones pueden variar de un motor a otro, dependiendo de la cantidad de piezas modificadas. Para las comparaciones de este capítulo se toman los resultados reales de la prueba de dinamómetro del motor de 1 300 centímetros cúbicos con piezas originales, contra su modificación desde 1 300 a 1 600 centímetros cúbicos, indicando las piezas exactas modificadas.

5.1. Análisis de características técnicas resultantes

Al motor analizado se le realizó una modificación tipo “A” con el objetivo de reducir los costos en la misma. Específicamente los siguientes cambios:

- Cambio de set de cilindros de 1 300 a 1 600 centímetros cúbicos.
- Cambio de carburador a un SOLEX H30/31.
- Aumento de octanos del combustible debido al aumento en la relación de compresión del motor para así evitar preignición del combustible.
- Maquinado de cabeza de cilindros.
- Cambio de empaques necesarios para un sellado adecuado de todas las partes del motor de combustión.

5.1.1. Prueba de dinamómetro del motor modificado

El motor modificado fue colocado en el mismo banco de potencia para 2WD de un solo rodamiento, con el objetivo de aumentar la certeza en la medición y comparación de resultados, ya que estos pueden llegar a variar si se realizan las

pruebas a diferentes condiciones atmosféricas (presión atmosférica, temperatura ambiente y humedad principalmente).

Figura 27. Prueba de dinamómetro a motor de 1 600 cc



Fuente: elaboración propia.

El motor fue sometido a tres pruebas en total. Durante la primera prueba el motor presentó una mezcla aire / combustible muy rica, dando como resultado una falla sumamente considerable. Por tanto, se decidió cambiar la aguja principal del carburador de una medida SOLEX-122 a una SOLEX-115, obteniendo con esto una mezcla aire / combustible más adecuada a la ideal de 14,7 a 1.

Figura 28. Aguja principal de carburador solex H30/31



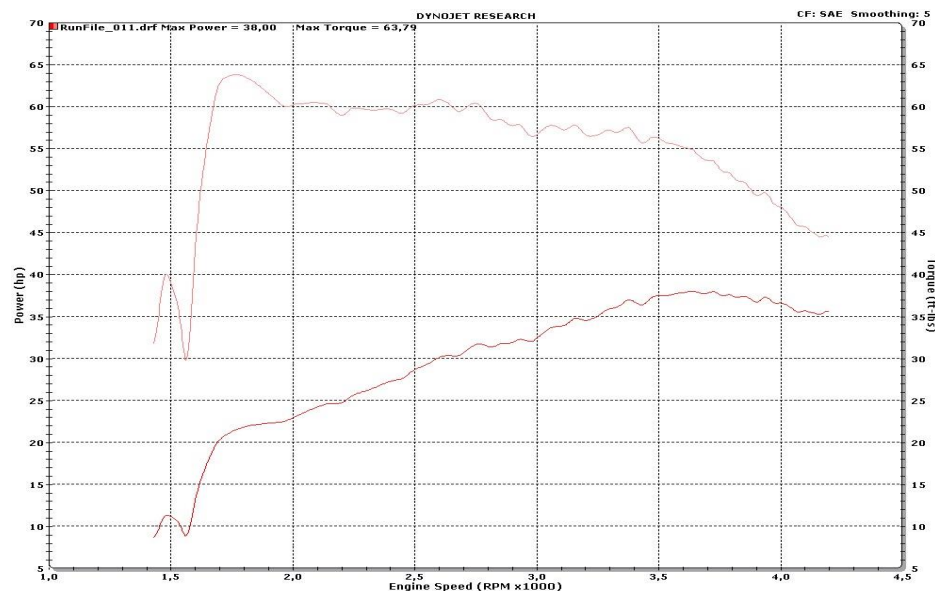
Fuente: elaboración propia.

Los gráficos finales se irán analizando uno a uno para una mejor comprensión bajo los siguientes tipos:

- Potencia (hp) – Velocidad (RPM) – Torque (ft-lbs)
- Potencia (hp) – Velocidad (RPM)
- Torque (ft-lbs) – Velocidad (RPM)
- Relación aire / combustible – Velocidad (RPM)

Diagrama de Potencia (hp) – Velocidad (RPM) – Torque (ft-lbs) del motor modificado.

Figura 29. **Diagrama final del motor de 1 600 cc, hp – RPM – torque**

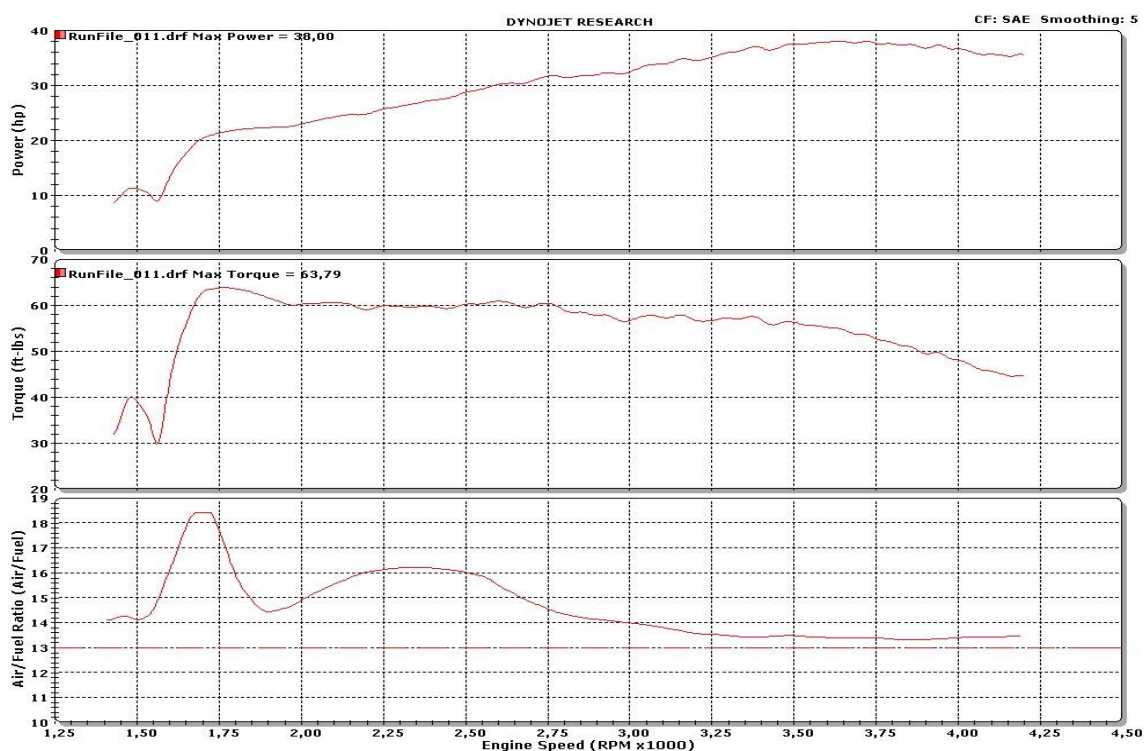


Fuente: Autopiezas, S.A.

Como se puede observar en el diagrama, luego de los ajustes necesarios en el carburador, se logra determinar la potencia final de 38 hp y el torque de 63,79 ft-lbs. Separando los diagramas y agregando la relación aire / combustible

al eje de las ordenadas se obtiene lo siguiente: Diagramas Potencia (hp) – Velocidad (RPM), Torque (ft-lbs) – Velocidad (RPM) y Relación aire / combustible – Velocidad (RPM):

Figura 30. **Diagrama final del motor de 1 600 cc, hp – torque – mezcla – RPM**



Fuente: Autopiezas, S.A.

El primer diagrama presenta una potencia de 38hp entre las 3 600 y 3 650 RPM, el segundo diagrama presenta un torque máximo de 63,79 entre las 1 750 y 1 800 RPM, y el tercer diagrama una mezcla aire-combustible bastante estable entre 13,4 y 14, dentro de las 3 000 y 4 200 RPM. Por tanto, se concluye que el motor modificado cuenta con una potencia máxima de 38 hp a 3 625 RPM y un torque máximo de 63,79 a 1 775 RPM.

5.1.2. Comparación de las características técnicas anteriores y resultantes luego de la modificación

Tabla VI. **Comparación de las características resultantes del motor**

Ensamble del motor		
Especificación	Motor antes de modificar	Motor después de modificar
Tipo	Válvulas en la cabeza, enfriada por aire, 4 cilindros horizontales antagónicos, 4 tiempos.	
Diámetro de cilindros	77mm	85,5mm
Carrera	69mm	69mm
Volumen	1 285 cc	1 584 cc
Potencia máxima al freno	26,20hp @ 4,600RPM	38,00hp @ 3,625 RPM
Momento máximo de torsión (torque)	54,95 ft-lbs @ 2,075RPM	63,79ft-lbs @1,775RPM
Relación de compresión	7,3:1	9,0:1
Punto de encendido	7 1/2° antes del PMS entre 800RPM y 900RPM	
Orden de encendido	1-4-3-2	
Sistema de enfriamiento		
Especificación	Motor antes de modificar	Motor después de modificar
Tipo	Enfriamiento por aire mediante ventilador y deflectores	
Impulso del ventilador	Banda trapezoidal desde el cigüeñal	
Control del sistema	Termostato	
Luz entre el cuerpo del ventilador y las aspas	1,65mm	
Cilindros		
Especificación	Motor antes de modificar	Motor después de modificar

Continuación de tabla VI.

Tipo	Vaciados individualmente, hierro vaciado con costillas	
Tipo de las cabezas de los cilindros	Vaciadas por pares, de aleación de aluminio con costillas	
Guías para las válvulas	Renovables	
Asientos de válvulas	Injertos	
Ancho del asiento de las válvulas en las cabezas de los cilindros	0.061plg	
Asiento de válvulas de admisión	1.41mm	
Asiento de válvulas de descarga	1.92mm	
Cigüeñal		
Especificación	Motor antes de modificar	Motor después de modificar
Tipo	Acero forjado de alta resistencia	
Tipo de cojinetes principales: números. 1, 2 y 4	Manguito de aleación especial	
Nro. 2 cojinete especial	Cojinete bipartito de aleación especial	
Bielas		
Especificación	Motor antes de modificar	Motor después de modificar
Buje del perno del pistón	De bronce	
Cojinete de la biela, lado del cigüeñal	De 3 capas, con base de acero	
Tipo de la biela	De acero con sección "H"	
Tipo del perno del pistón	Completamente flotante	
Tipo de sujeción del perno del pistón	Horquillas de seguridad en el pistón	

Continuación de tabla VI.

Diferencias de peso entre las bielas (máximo)	No se quitaron bielas de cigüeñal	
Pistones y anillos para pistones		
Especificación	Motor antes de modificar	Motor después de modificar
Tipo de pistones	Aleación de aluminio con cincho de acero	
Cantidad de anillos	2 de compresión	
	1 de aceite	
Anillos de aceite	0,001plg	
Ranuras de los anillos de compresión	0,014plg	
Ranuras de los anillos de aceite	0,011plg	
Diferencia máxima de peso entre cualesquiera de 2 pistones	4,95g	2,05g
Válvulas y resortes de las válvulas		
Especificación	Motor antes de modificar	Motor después de modificar
Diámetro del plato de las válvulas:		
Válvulas de admisión	1,293plg	
Válvula de escape	1,809plg	
Diámetro del vástago de las válvulas:		
Válvula de admisión	0,3125plg	
Válvula de escape	0,3316plg	

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Comparación de las características resultantes del sistema de combustible**

Carburador		
Especificación	Motor antes de modificar	Motor después de modificar
Marca	Solex	
Tipo	30 PICT-1	H30/31
Tipo de cebador	Automático	
Bomba de combustible		
Especificación	Motor antes de modificar	Motor después de modificar
Tipo	Diafragma mecánico	
Presión de operación	1,4 psi	
Proporción de suministro	249 cc/min	
Filtro combustible	En la parte superior de la bomba	
Capacidad del tanque del combustible	39,7423 L	
Filtro de aire	Baño de aceite	

Fuente: elaboración propia.

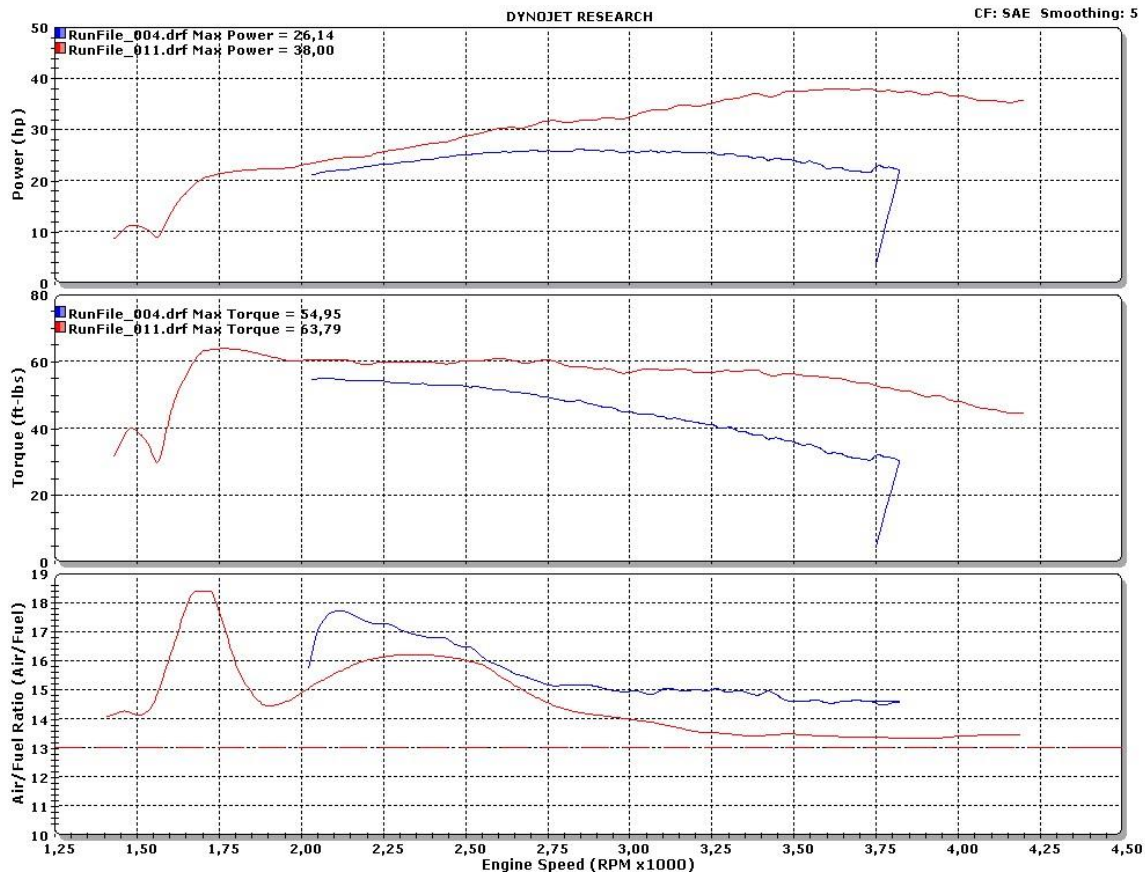
Tabla VIII. **Comparación de las características resultantes del embrague**

Especificación	Motor antes de modificar	Motor después de modificar
Tipo	Placa simple seca	
Funcionamiento	Mecánico	
Tipo del cubo del disco	Segmento con resorte	
Recorrido libre del pedal	0,75plg	
Ajuste	Tuerca de ajuste en el extremo del cable	
Longitud del resorte del plato	51,8mm	
Tipo de cojinete de desacoplamiento	Anillos de carbón	

Fuente: elaboración propia.

Si se combinan los gráficos de ambas pruebas de dinamómetro realizadas a los motores se obtiene lo siguiente: Diagramas Potencia (hp) – Velocidad (RPM), Torque (ft-lbs) – Velocidad (RPM) y Relación aire / combustible – Velocidad (RPM) combinados para el motor de 1 300 centímetros cúbicos usado y para el motor modificado de 1 600 centímetros cúbicos.

Figura 31. Diagrama comparativo, hp – torque – mezcla – RPM

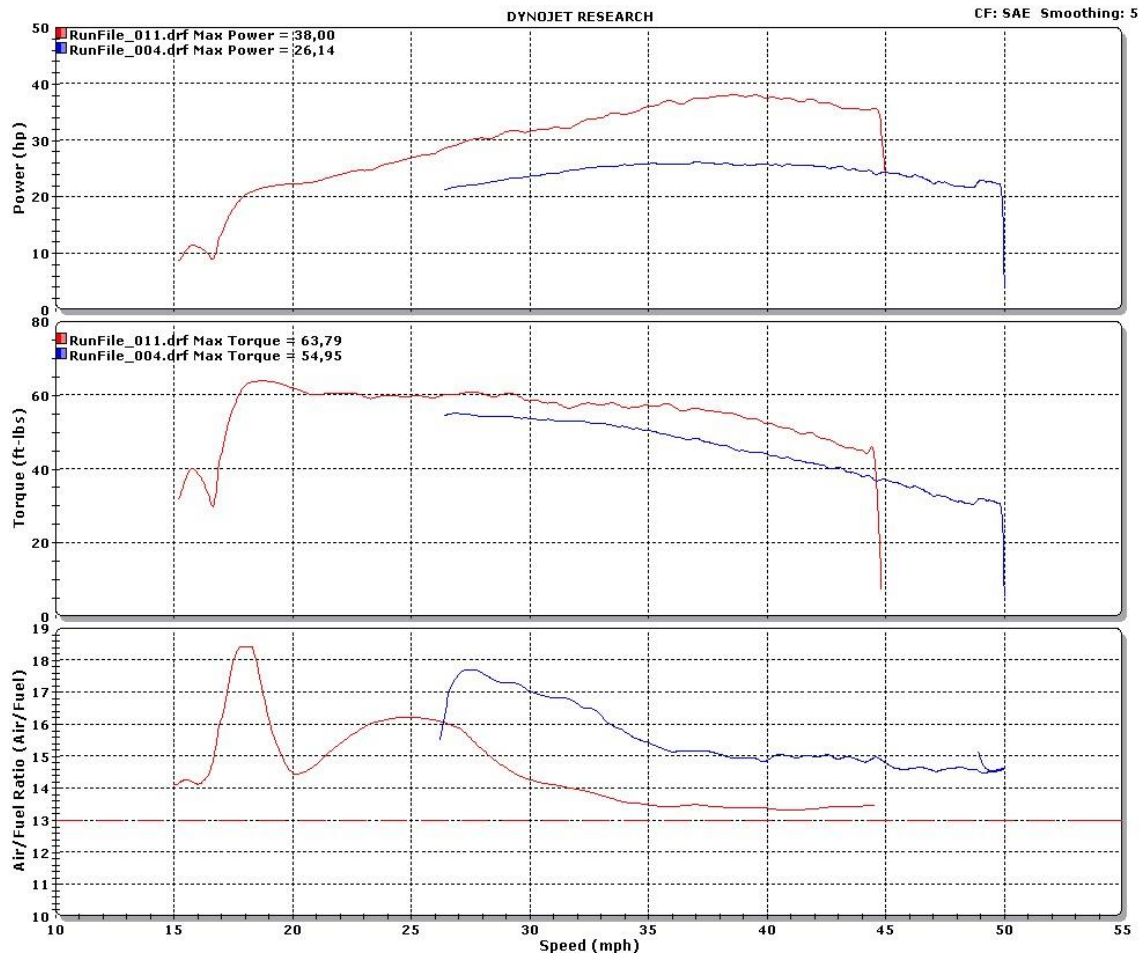


Fuente: Autopiezas, S.A.

En estas gráficas se visualiza cómo la potencia y el torque máximo no se dan a la misma cantidad de RPM. El aumento en torque y potencia mencionado en las tablas de las especificaciones técnicas anteriores es visual, así como la mejora en la relación aire / combustible de las 3 000 RPM en adelante.

Si se cambia en el eje de las abscisas del diagrama a la velocidad del vehículo en las ruedas motrices (mph) y se combinan ambas pruebas se obtiene lo siguiente.

Figura 32. Diagrama comparativo, hp – torque – mezcla – mph



Fuente: Autopiezas, S.A.

En este gráfico es notable el aumento en la potencia y el torque del motor de 1 600 centímetros cúbicos modificado. Cabe mencionar que, al comparar los gráficos a la misma velocidad de las ruedas motrices, el gráfico del motor de 1 300 centímetros cúbicos se corre hacia la derecha, esto debido a que la potencia y torque del motor de 1 600 centímetros cúbicos facilita a las ruedas motrices alcanzar su velocidad de giro en menor tiempo.

5.1.3. Comparación de resultados con un motor de 1 600 centímetros cúbicos de fábrica

Cuanto se menciona en el inciso 1.2.2 respecto a la variación en algunas especificaciones, dependiendo del año en los motores de 1 300 centímetros cúbicos, también aplica para los motores de 1 600 centímetros cúbicos.

Tabla IX. **Variación de especificaciones de motores de 1 600cc por año de producción**

Elemento a comparar	Unidad de medida	Motor de 1 500 cc	Motor de 1 600 cc	Motor de 1 600 cc
Calibre	mm	83	85,5	85,5
Carrera	mm	69,1	69	69
Cilindrada	cc	1493	1584	1584
Relación de compresión	-	7,5 : 1	6,6 : 1	7,5: 1
Potencia máxima *DIN 70020	cv	53.76 @ 4200RPM	46 @ 4000RPM *DIN 70 020	50CV @ 4000RPM
Par motor máximo *DIN 70020	kg-m	10,79 @ 2600RPM	10,0 @ 2600RPM	10,8 @ 2800RPM
Velocidad promedio de los pistones	m/s	-	-	9,2 @ 4000RPM
Consumo de combustible *DIN 70030	L/100km	-	9	9
Combustible	Octanos	-	83	91
Consumo de aceite	L/100km	-	1	0,5 - 1,0
Juego de válvulas de admisión y escape con el motor a temperatura ambiente	mm	-	-	0,1
Presión de aceite mínima (con temperatura de funcionamiento normal) en Ralentí	psi	7	-	-
Presión de aceite mínima (con temperatura de funcionamiento normal) @2500RPM	psi	28	-	-
Referencia bibliográfica		(CECSA, 1979)	(Volkswage nwerk, 1975)	(Volkswa genwerk, 1970)

Fuente: elaboración propia.

Las especificaciones de prueba de dinamómetro para DIN 70030, DIN 70020, y las relaciones de conversión para el torque y la potencia, son las mismas como las mencionadas en el inciso 1.2.2. Tomando los datos descritos en la tabla anterior y los resultados de la prueba de dinamómetro aplicada al motor modificado, se obtiene lo siguiente:

Tabla X. **Comparación del motor de 1 600 cc original y modificado**

Motor 1 600 de fábrica				
hp	45,35	cv	46,00	@ 4 000RPM
ft-lb	72,33	kg-m	10,00	@ 2 600RPM

Motor 1 600 modificado				
hp	38,00	cv	38,54	@ 3 625RPM
ft-lb	63,79	kg-m	8,2	@ 1 775RPM

Fuente: elaboración propia.

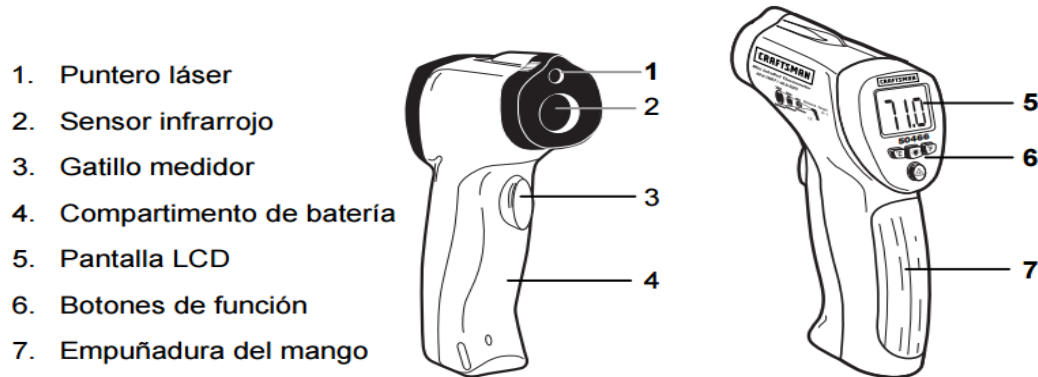
Por tanto, el resultado de torque y potencia del motor no son iguales o superiores al de un motor de 1 600 centímetros cúbicos de fábrica. Para este caso específico únicamente llega a tener un 83,79 % de la potencia y un 88,19 % del torque.

5.1.1. Comparación de temperaturas de trabajo

Para la toma datos de temperatura de trabajo de ambos motores se tomaron en cuenta las condiciones atmosféricas del medio ambiente para su comparación. Se utilizó un termómetro infrarrojo para alta temperatura sin

contacto, modelo 50466, marca *Craftsman*, el cual tiene una precisión de “ $\pm 2^{\circ}\text{C}$ de la lectura para la escala de temperatura ambiente de 18 a 28°C ”.⁷

Figura 33. **Diagrama de partes termómetro infrarrojo**



Fuente: *Diagrama de partes de termómetro infrarrojo*. <http://c.shld.net/assets/own/3450466s.pdf>.

Consulta: agosto, 2016.

Dado que los datos fueron tomados a una temperatura ambiente que se encuentra dentro del rango de trabajo del termómetro, se toman las medidas resultantes con una certeza de $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Los motores de combustión interna no cuentan con una temperatura de trabajo uniforme en todas sus partes, por tanto, se tomaron datos de temperaturas en las siguientes partes del motor: base de ventilador de enfriamiento, base de distribuidor de chispa, bloque del motor, base del dínamo, cabeza derecha de cilindros, tubería derecha de recirculación de gases de escape y tubería izquierda de recirculación de gases de escape.

⁷ CRAFTSMAN. www.craftsman.com. Consulta: marzo, 2016.

Figura 34. **Temperatura base de ventilador de enfriamiento**



Fuente: elaboración propia.

Figura 35. **Temperatura base de distribuidor de chispa**



Fuente: elaboración propia.

Figura 36. **Temperatura del bloque del motor**



Fuente: elaboración propia.

Figura 37. **Temperatura base de dínamo**



Fuente: elaboración propia.

Figura 38. **Temperatura de la cabeza derecha de cilindros**



Fuente: elaboración propia.

Figura 39. **Temperatura de tubería derecha de recirculación de gases de escape**



Fuente: elaboración propia.

Figura 40. **Temperatura de tubería izquierda de recirculación de gases de escape**



Fuente: elaboración propia.

Para cada motor se realizaron cuatro tomas de datos separadas por aproximadamente 5 minutos, esto para tomar en cuenta la respuesta del termostato del motor y poder encontrar una variación significativa en las temperaturas de trabajo. Siendo las condiciones atmosféricas para el motor de 1 300 centímetros cúbicos las siguientes: temperatura ambiente 29°C, humedad, 27 %, y presión atmosférica 12,32 psi, se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla XI. **Temperaturas de trabajo de motor de 1 300 cc**

Parte evaluada	Temperaturas °C				Promedio inicial °C
Base de distribuidor de chispa	40,1	40,3	40,0	40,3	40,2
Base de ventilador de enfriamiento	32,7	32,9	32,9	33,0	32,9
Base del dínamo	45,2	45,3	45,1	45,3	45,2
Bloque del motor	49,6	50,5	50,4	50,9	50,4
Cabeza derecha de cilindros	82,0	82,8	82,7	82,5	82,5
Tubería derecha de recirculación de gases de escape	61,1	62,2	62,8	62,9	62,3
Tubería izquierda de recirculación de gases de escape	55,8	56,4	55,9	55,6	55,9

Fuente: elaboración propia.

Siendo las condiciones atmosféricas para el motor de 1 600 centímetros cúbicos las siguientes: temperatura ambiente 27°C, humedad, 30 %, y presión atmosférica 12,34 psi, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla XII. **Temperaturas de trabajo de motor de 1 600 cc**

Parte evaluada	Temperaturas °C				Promedio final °C
Base de distribuidor de chispa	43,1	42,6	44,3	44,3	43,6
Base de ventilador de enfriamiento	33,4	33,3	33,5	33,0	33,3
Base del dinamo	54,1	51,8	55,2	54,8	54,0
Bloque del motor	56,4	56,5	56,4	56,6	56,5
Cabeza de cilindros derecha	91,9	92,7	92,2	91,2	92,0
Tubería recirculación gases de escape derecha	92,3	89,8	88,9	87,9	89,7
Tubería recirculación gases de escape izquierda	89,6	88,7	89,8	88,9	89,3

Fuente: elaboración propia.

En todas las partes evaluadas existe un aumento de temperatura de trabajo, sacando un incremento porcentual con la siguiente formula:

$$\text{Incremento de temperatura \%} = \left(\frac{\text{Promedio final}}{\text{Promedio inicial}} - 1 \right) * 100$$

Se obtiene lo siguiente:

Tabla XIII. **Incremento porcentual en temperatura de trabajo**

Parte evaluada	Incremento Porcentual
Base de distribuidor de chispa	8,46 %
Base de ventilador de enfriamiento	1,22 %
Base del dínamo	19,47 %
Bloque del motor	12,10 %
Cabeza derecha de cilindros	11,52 %
Tubería derecha de recirculación de gases de escape	43,98 %
Tubería izquierda de recirculación de gases de escape	59,75 %
Promedio de incremento general	22,36 %

Fuente: elaboración propia.

Por tanto, sí existe un aumento en la temperatura de trabajo del motor de aproximadamente 22,36 %. Analizando el incremento porcentual por parte evaluada se logra determinar que la parte con menor cantidad de incremento es la base del ventilador de enfriamiento (+1,22 %), esto se debe a que no existe cambio alguno en el sistema de enfriamiento del motor y esta es la primera parte en donde entra en contacto el aire del ambiente, por tanto, tiene menor exposición al incremento de temperatura por conducción del motor. Comparando las

condiciones atmosféricas de ambas pruebas no se presentan cambios significativos en comparación con el aumento de temperatura del motor, incluso la temperatura ambiente de la prueba final se realiza a 2°C más fría que la inicial.

Tabla XIV. **Condiciones atmosféricas**

Condición atmosférica	Para motor de 1 300	Para motor de 1 600	Diferencia
Temperatura ambiente	29°C	27°C	2°C
Humedad	27 %	30%	3%
Presión atmosférica	12,32psi	12,34psi	0,02psi

Fuente: elaboración propia.

Cabe mencionar que para ambas pruebas los motores estaban funcionando con un tiempo de ignición adecuado de 7 ½° antes del PMS entre las 800RPM y las 900RPM.

Tanto para una modificación tipo “A” como para una modificación tipo “B”, uno de los efectos de una mezcla aire / combustible pobre es un “aumento en la temperatura final de la combustión”.⁸ A pesar de la mejora en la mezcla posterior a la modificación, siempre existe un aumento considerable en la temperatura de trabajo del motor, por lo que sí es necesario hacer modificaciones en el sistema de enfriamiento.

⁸ BOSCH, Robert. *Manual de la técnica del automóvil*. Página 366.

5.1.2. Comparación de rendimiento de combustible

Para ambos motores se utilizó el mismo método de cálculo para el rendimiento de combustible:

- Llenar el tanque del vehículo a su máxima capacidad de galones.
- Recorrer “x” cantidad de kilómetros y llenar nuevamente el tanque de combustible a su máxima capacidad, tomando nota de la cantidad de kilómetros recorridos y el volumen de combustible ingresado al tanque.
- Repetir el paso 2 la cantidad de veces necesarias para hacer un promedio de rendimientos que tenga un porcentaje de error en la desviación estándar de los datos menor o igual al 5 %, calculando la desviación con la fórmula tradicional:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

el promedio:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

y su error, con la fórmula:

$$Error = \frac{s}{\bar{x}} * 100 \%$$

Siendo:

s = desviación estándar

n = cantidad total de rendimientos calculados

x = rendimiento calculado

$\bar{x}$ = promedio de rendimientos calculados

Para la realización de estas pruebas ambos vehículos fueron recorridos bajo condiciones de uso normales en ciudad y con 1 pasajero a bordo. Para cada toma de datos se calibró la presión de los neumáticos a su presión recomendada por fabricante, dado que esta presión puede afectar considerablemente el rendimiento de combustible.

Para el cálculo del rendimiento en km/gal se utilizó la fórmula siguiente:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Kilometros recorridos}}{\text{Galones ingresados}}$$

Para el motor de 1 300 centímetros cúbicos se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla XV. **Tabla de rendimiento de combustible para motor de 1 300 cc**

Kilómetros recorridos	Galones ingresados	Rendimiento en km/gal
235,6	5,294	44,503
316,4	7,928	39,909
211,9	4,904	43,210
230,2	4,950	46,505
117,8	2,749	42,852
213,9	5,348	39,996
124,5	2,749	45,289

Fuente: elaboración propia.

Calculando el promedio de rendimientos se obtiene:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^7 x_i}{7}$$

$$\bar{x} = \frac{44,503 + 39,909 + 43,210 + 46,505 + 42,852 + 39,996 + 45,289}{7}$$

$$\bar{x} = 43,181$$

Calculando la desviación estándar se obtiene:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$s = \sqrt{\frac{(-3,271)^2 + (-3,184)^2 + (-0,329)^2 + (0,029)^2 + (1,323)^2 + (2,109)^2 + (3,324)^2}{7 - 1}}$$

$$s = \sqrt{\frac{38,20}{7 - 1}}$$

$$s = \sqrt{\frac{38,20}{7 - 1}}$$

$$s = 2,523$$

Calculando el error del promedio se obtiene:

$$Error = \frac{s}{\bar{x}} * 100 \%$$

$$Error = \frac{2,523}{43,181} * 100 \%$$

$$Error = 5,84 \%$$

Tomando el promedio de rendimiento de 43,181 km/gal resultante de la tabla anterior, y la desviación estándar de dichos valores, 2,523, se obtiene un

porcentaje de error de 5,84 %. Si no se toma en cuenta el valor más pequeño de 39,909 y el más grande de 46,505, se obtiene un promedio de rendimiento de 43,170 km/gal, con una desviación estándar de 2,028 y un porcentaje de error de 4,697 %. Por tanto, el promedio de rendimiento de dicho motor se toma como 43,170 km/gal.

Para el motor de 1 600 centímetros cúbicos ya modificado se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla XVI. **Tabla de rendimiento de combustible para motor de 1 600 cc**

Kilómetros recorridos	Galones ingresados	Consumo en km/gal
206,4	5,294	38,988
205,9	4,975	41,387
196,0	4,904	39,967
230,5	5,299	43,499
100,5	2,749	36,559
97,6	2,604	37,481
350,3	8,246	42,481

Fuente: elaboración propia.

De igual forma, tomando el promedio de rendimiento de 40,052 km/gal resultante de la tabla anterior, y la desviación estándar de dichos valores, 2.566, se obtiene un porcentaje de error de 6,41 %. Si no se toma en cuenta el valor más pequeño 36,559 y el más grande 43,499, se obtiene un promedio de rendimiento de 40,061 km/gal con una desviación estándar de 1,964, y un porcentaje de error de 4,903%. Por tanto, el promedio de rendimiento de dicho motor se toma como 40,061 km/gal.

Si se realiza una comparativa con el rendimiento de combustible de los vehículos de fábrica se tiene lo siguiente:

Tabla XVII. **Comparación de rendimientos**

Motor	Rendimiento motor de fábrica en km/gal	Rendimiento motor evaluado en km/gal	Reducción en %
Motor de 1 300 centímetros cúbicos antes de modificación	44,534	43,170	3,06 %
Motor modificado a 1 600 centímetros cúbicos	42,060	40,061	4,75 %

Fuente: elaboración propia.

Por tanto, sí existe una disminución del rendimiento de combustible en el motor luego de la modificación. Haciendo la relación en el rendimiento del motor antes y después de su modificación se obtiene:

$$\% \text{ de disminucion en rendimiento} = \left(\frac{\text{Rendimiento posterior}}{\text{Rendimiento anterior}} - 1 \right) * 100$$

$$\% \text{ de disminucion en rendimiento} = 1 - \frac{40,061}{43,170} * 100$$

$$\% \text{ de disminucion en rendimiento} = 7,20\%$$

5.1.3. Comparación de presiones de aceite lubricante

Para hacer la medición de la presión de aceite en estos motores se puede utilizar un manómetro que indique la presión en psi, colocándolo entre la bomba de aceite y el bulbo de presión del motor, tal como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 41. Toma de presión de aceite

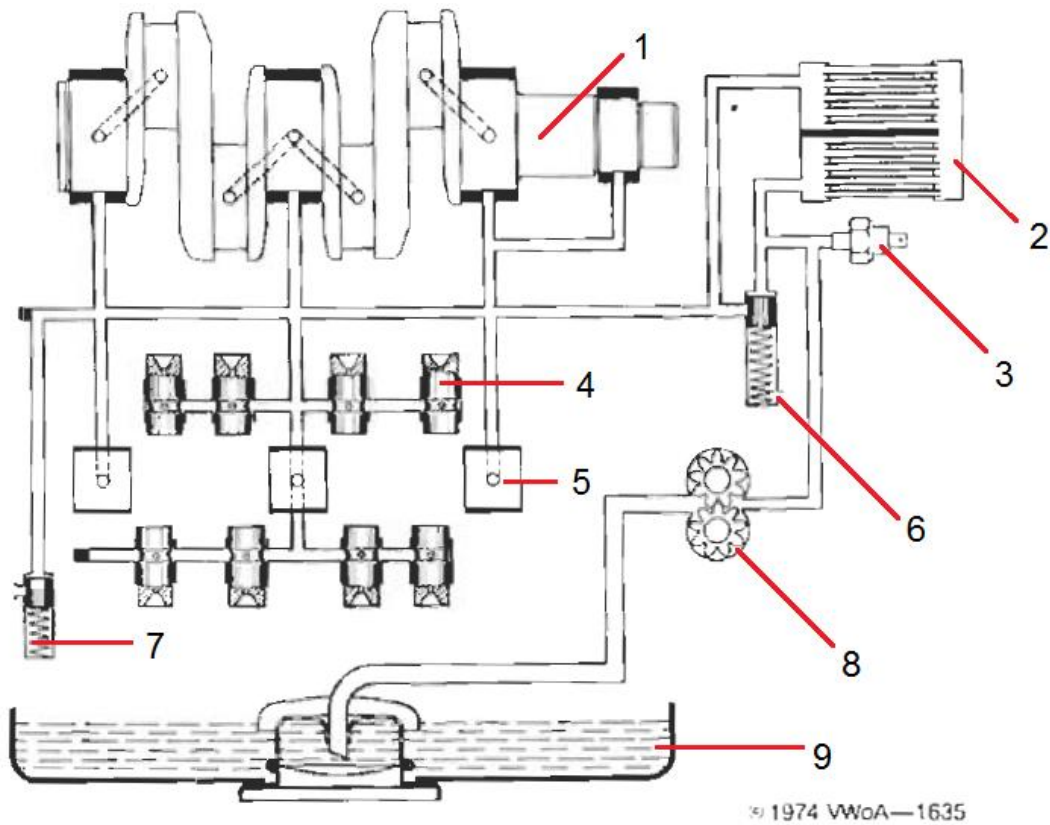


Fuente: *Toma de presión de aceite*. <https://www.youtube.com/watch?v=y8-6db5Qjng>. Consulta: agosto, 2016.

Para el caso del motor modificado, la presión de aceite fue de 42 psi aproximadamente, tanto antes como después de la modificación. La razón principal de la estabilidad en la presión de aceite en estos motores se debe a dos válvulas controladoras de presión (válvula de alivio y válvula de control). Estas son accionadas hidráulicamente por la presión generada en el sistema de lubricación y reguladas por los resortes helicoidales que contienen.

En la siguiente figura se muestra un diagrama esquemático que muestra el circuito del lubricante del motor y las partes que intervienen en el sistema de lubricación.

Figura 42. **Diagrama esquemático del circuito del lubricante**

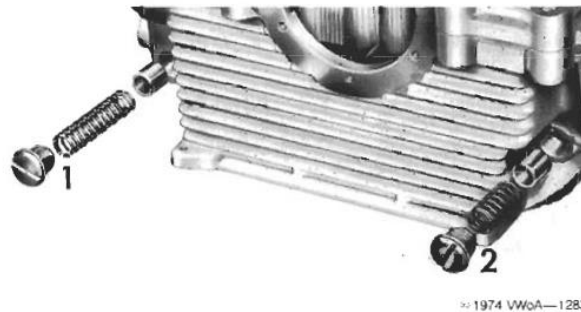


Fuente: VW of America. *Diagrama esquemático del circuito del lubricante*. 1979. Pág. 29

- Cigüeñal
- Enfriador de aceite
- Sensor de presión de aceite
- Levantaválvulas hidráulico
- Rodamientos de eje de levas
- Válvula de alivio de presión
- Válvula de control de presión
- Bomba de aceite
- Depósito de aceite

Cuando el aceite del motor está frío (a temperatura ambiente), tiende a tener una viscosidad más alta que a temperatura normal de funcionamiento. Por tanto, la presión de aceite aumenta en el sistema, obligando al resorte de la válvula de alivio de presión a comprimirse y dejar pasar el lubricante directamente a los rodamientos del cigüeñal y evitar que el enfriador de aceite sufra una sobrepresión, para así mismo aumentar la temperatura del aceite más rápidamente. La válvula de control de presión está colocada al final del circuito de lubricación. Cuando la presión de aceite sube por encima del punto necesario para abastecer a los rodamientos se acciona y permite que el lubricante sea descargado directamente al cárter del motor. La válvula de control de presión asegura que la presión de aceite sea constante en los rodamientos del motor independientemente de la velocidad del mismo.

Figura 43. **Diagrama de partes de válvulas de aceite**



Fuente: VW of America. *Diagrama de partes de válvulas de aceite*. 1979. Pág. 29

- Válvula de alivio de presión
- Válvula de control de presión

Según especificaciones, la presión ideal de trabajo de estos motores es de 42 psi, independientemente de la cilindrada de los mismos (desplazamiento cc), tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XVIII. Especificaciones generales del motor

Especificaciones generales del motor							
Año	Clave o código del motor	Desplazamiento (cc)	Caballos de fuerza (hp) @rpm	Par motor @rpm (kg m)	Diám. cil. x Carrera (mm)	Relación de compresión	Presión del aceite @rpm (kg/cm ²)
1970	B	1584	57/4400	82/3000	3.37 x 2.72	7.5 : 1 ^②	42
1971-72	AE	1584	46/4000	72/2000	3.37 x 2.72	7.3 : 1	42
1971-74	AK	1584	46/4000	72/2000	3.37 x 2.72	7.3 : 1	42
1972-74	AH ^① , AM	1584	46/4000	72/2000	3.37 x 2.72	7.5 : 1	42
1972-73	CB	1679	63/4800	81/3200	3.54 x 2.60	7.3 : 1	42
1973	CD	1679	59/4200	82/3200	3.54 x 2.60	7.3 : 1	42
1970-73	U	1584	65/4600	87/2800	3.37 x 2.72	7.7 : 1	42
1972-73	X	1584	52/4000	77/2200	3.37 x 2.72	7.3 : 1	42
1971	W	1679	85/5000	99.5/3500	3.54 x 2.60	8.2 : 1	42
1972-74	EA	1679	76/4900	95/2700	3.54 x 2.60	8.2 : 1	42
1973	EB ^①	1679	69/5000	87/2700	3.54 x 2.60	7.3 : 1	42
1974	EC	1795	72/4800	91/3400	3.66 x 2.60	7.3 : 1	42
1974	AW	1795	65/4200	92/3000	3.66 x 2.60	7.3 : 1	42
1975-79	AJ	1584	48/4200	73.1/2800	3.37 x 2.72	7.3 : 1	42
1975	ED	1795	67/4400	90/2400	3.66 x 2.60	7.3 : 1	42
1976-79	GD, GE	1970	67/4200	101/3000	3.70 x 2.80	7.3 : 1	42

Fuente: Chilton Book Company. *Manual de reparación y afinación*. 1998. Pág. 84

Según la tabla las presiones mínimas de trabajo de aceite para motores de 1 200 centímetros cúbicos *Type 1*, específicamente *sedan*, *convertible*, *karman ghia coupe* y *karman ghia convertible* de 1961 a 1965, también son las mismas

para los motores de 1 300 y 1 600 centímetros cúbicos, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 44. **Presiones de funcionamiento**

Oil Pressure (for SAE 10 W/30 oils)

**a - Engine temperature 70° C, running at 550 rpm
minimum 0.4 kg/sq. cm (5 lbs./sq. in.)**

**b - Engine temperature 70° C, running at 2500 rpm
minimum 2.0 kg/sq. cm (28 lbs./sq. in.)**

Fuente: BENTLEY, Robert. *Presiones de funcionamiento*. 1991. Pág. 2

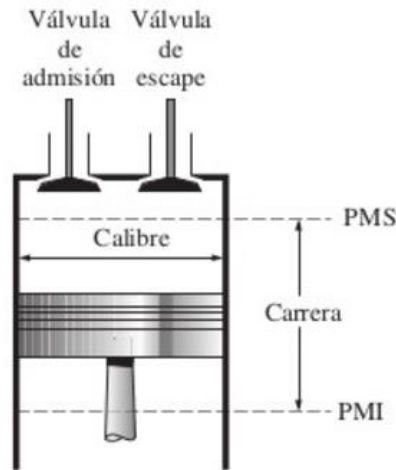
Según manual de fábrica, para los motores fabricados desde 1968 a 1979 la luz de presión de aceite se apaga entre 2 y 6,4 psi (0,14 a 0,45 kg/cm²) y la presión a 2 500 RPM es alrededor de los 42 psi (3,0 kg/cm²), con aceite SAE30 a una temperatura de 70°C o 158°F, y para motores de doble carburador o de inyección indirecta, la presión del aceite a las 2 500 RPM debe ser mínimo de “28psi o 2.0 kg/cm²”.⁹ Por tanto, se concluye que la presión de aceite en esta modificación no tuvo efecto alguno en el desempeño del motor y no es necesario hacer cambios en el sistema de lubricación del mismo.

5.1.4. Diagramas termodinámicos de un motor de 1 300 y de 1 600 centímetros cúbicos

Estos motores también son conocidos como máquinas reciprocantes, las cuales contienen los siguientes componentes.

⁹ BENTLEY, ROBERT. *Volkswagen of America*, p. 365.

Figura 45. **Nomenclatura para motores reciprocantes**



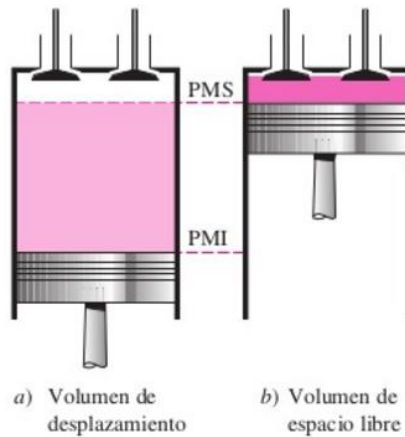
Fuente: CENGEL, Yunus; BOLES, Michael. *Termodinámica. Nomenclatura para motores reciprocantes.*

El émbolo reciprocante en estos motores es el pistón del motor, el cual se alterna entre dos posiciones fijas llamadas punto muerto superior (PMS) y punto muerto inferior (PMI). El calibre es el diámetro del pistón y la “carrera” es la misma que en motor bóxer. La relación de compresión “ r ” es la relación entre el máximo y el mínimo volumen y se define por la siguiente fórmula:

$$r = \frac{V_{PMI}}{V_{PMS}} = \frac{V_{max}}{V_{min}}$$

Siendo V_{PMI} el volumen de desplazamiento y el V_{PMS} es el volumen de espacio libre. En la siguiente imagen se logra visualizar ambos volúmenes.

Figura 46. **Volúmenes en motores reciprocantes**



Fuente: CENGEL, Yunus; BOLES, Michael. *Termodinámica. Nomenclatura para motores reciprocantes*.

El volumen de espacio libre también se conoce como la suma del volumen de la cámara de combustión del cilindro (V_{CC}) y el volumen de holgura del cilindro (V_{DH}):

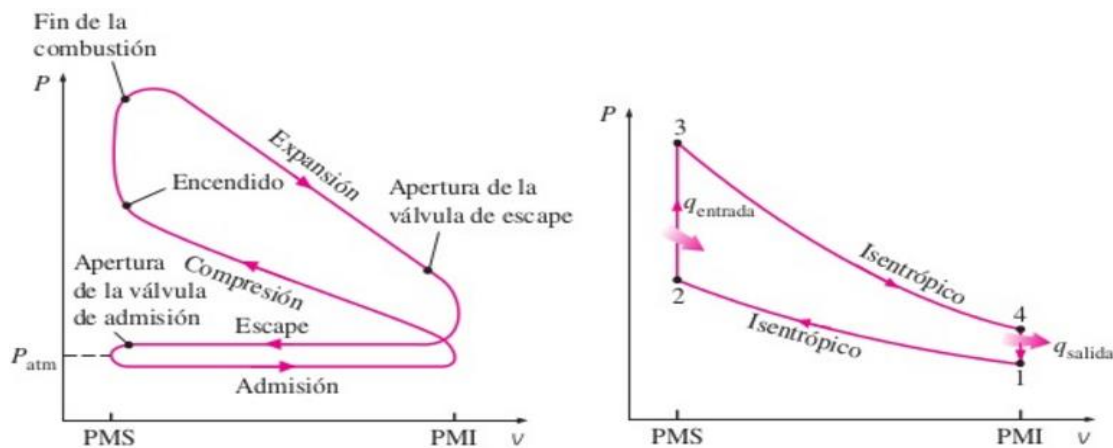
$$V_{PMS} = V_{CC} + V_{DH}$$

Las máquinas reciprocantes se clasifican como máquinas de encendido por chispa o máquinas de encendido por compresión. “El ciclo de Otto es el ciclo ideal para las máquinas reciprocantes de encendido por chispa. Recibe ese nombre en honor a Nikolaus A. Otto, quien en 1876, en Alemania, construyó una exitosa máquina de cuatro tiempos utilizando el ciclo propuesto por Frenchman Beau de Rochas en 1862”.¹⁰ Considerando que el pistón del motor bóxer trabaja en un ciclo termodinámico completo, dividido en cuatro tiempos, los cuales son: tiempo

¹⁰ CENGEL y BOLES, *Termodinámica*, p. 87.

de compresión, tiempo de potencia, tiempo de escape y tiempo de admisión, se presenta el diagrama real e ideal de presión- volumen a continuación:

Figura 47. **Ciclo real e ideal en motores Otto**



Fuente: CENGEL, Yunus; BOLES, Michael. *Termodinámica. Nomenclatura para motores reciprocantes*.

En el diagrama ideal el proceso isotrópico o isentrópico se refiere a un proceso en el cual la entropía del fluido que forma en el sistema permanece constante y los procesos de $q_{entrada}$ y q_{salida} son procesos en donde se añade o extrae calor a volumen constante. Para el análisis termodinámico del motor modificado se supone un aire estándar frío, para poder utilizar el diagrama termodinámico ideal del ciclo Otto y analizar su resultado teórico. Tanto para el motor de 1 300 centímetros cúbicos como para el de 1 600 centímetros cúbicos el diagrama termodinámico es el mismo. Así mismo, bajo las condiciones de un ciclo Otto ideal, la eficiencia térmica se define bajo la siguiente fórmula:¹¹

¹¹ CENGEL y BOLES, *Termodinámica*, p. 113.

$$n = 1 - \frac{1}{r^{k-1}}$$

Siendo “r” la relación de compresión del motor y “k” la relación de calores específicos del fluido de trabajo.

Si se calcula el volumen exacto o cilindrada real del motor de 1 300 antes de la modificación con el diámetro del pistón y carrera reales se obtiene lo siguiente:

$$\text{Cilindrada real} = \text{Numero de cilindros} * \text{Volumen de cilindro}$$

$$\text{Cilindrada real} = 4 * \text{carrera} * \pi * \frac{d^2}{4}$$

$$\text{Cilindrada real} = 4 * 6.9\text{cm} * \pi * \frac{(7.7\text{cm})^2}{4}$$

$$\text{Cilindrada real} = 1285.23\text{cm}^3$$

Por tanto, puede definirse el volumen de desplazamiento como lo siguiente:

$$V_{PMI} = \frac{\text{Cilindrada real}}{\text{Numero de cilindros}}$$

$$V_{PMI} = \frac{1285.23\text{cm}^3}{4}$$

$$V_{PMI} = 321.307\text{cm}^3$$

Según datos de fábrica, para el motor de 1 300 centímetros cúbicos se tiene una relación de compresión de 7,3, por tanto, puede obtenerse el volumen de espacio libre por cilindro real que sería:

$$r = \frac{V_{PMI}}{V_{PMS}}$$

$$7.3 = \frac{321,307}{V_{PMS}}$$

$$V_{PMS} = 44,015cm^3$$

Con el dato del volumen del punto muerto superior o volumen de espacio libre se logra definir el volumen de la cámara de combustión, dado que el volumen de holgura del cilindro se puede obtener con la altura de holgura del cilindro, siendo este de 1,5mm.¹²

$$V_{PMS} = V_{CC} + V_{DH}$$

$$V_{CC} = V_{PMS} - V_{DH}$$

$$V_{CC} = 44,015cm^3 - \frac{\pi}{4} * (7,7cm)^2 * 0,15cm$$

$$V_{CC} = 37,030cm^3$$

Siendo el valor de “k” del aire a temperatura ambiente de 1,4, la fórmula de eficiencia térmica del sistema para el motor de 1 300 centímetros cúbicos es:

$$n = 1 - \frac{1}{r^{k-1}}$$

$$n = 1 - \frac{1}{7,3^{1,4-1}}$$

$$n = 54,85 \%$$

Calculando el volumen de desplazamiento para el motor de 1 600 centímetros cúbicos, modificado con un diámetro de cilindros de 8,55cm y una carrera de 6,9cm según fabricante, se obtiene lo siguiente:

¹² CECSA, *Manuales para el taller Volkswagen*, 1979, p. 8.

$$V_{PMI}(\text{motor 1 600 modificado}) = \frac{\pi}{4} * (8,55\text{cm})^2 * 6,9\text{cm}$$

$$V_{PMI}(\text{motor 1 600 modificado}) = 396,161\text{cm}^3$$

Debido a que el mecanizado en la cabeza de cilindros del motor para la modificación no afecta el volumen de la cámara de combustión, este permanece constante, al igual que la altura de holgura del cilindro. Con estos datos se puede calcular el nuevo volumen de espacio libre de la siguiente forma:

$$V_{PMS}(\text{motor 1 600 modificado}) = V_{CC} + V_{DH}$$

$$V_{PMS}(\text{motor 1 600 modificado}) = 37,030\text{cm}^3 + \frac{\pi}{4} * (8,55\text{cm})^2 * 0,15\text{cm}$$

$$V_{PMS}(\text{motor 1 600 modificado}) = 45,642\text{cm}^3$$

Con el nuevo valor del volumen de espacio libre y la fórmula para el cálculo de la relación de compresión se obtiene lo siguiente:

$$r(\text{motor 1 600 modificado}) = \frac{V_{PMI}(\text{motor 1 600 modificado})}{V_{PMS}}$$

$$r(\text{motor 1 600 modificado}) = \frac{396,161\text{cm}^3}{45,642\text{cm}^3}$$

$$r(\text{motor 1 600 modificado}) = 8,68$$

Con la relación de compresión del motor modificado puede calcularse la eficiencia térmica del mismo, tomando el mismo valor de $K = 1,4$, y se obtiene:

$$n = 1 - \frac{1}{r^{K-1}}$$

$$n = 1 - \frac{1}{(8,68)^{1,4-1}}$$

$$n = 57,87 \%$$

Por tanto, se concluye que el motor modificado sí aumenta su eficiencia térmica de 54,85 % a 57,87 %, con valores teóricos de aire estándar frío y un proceso térmico ideal.

6. CONCLUSIONES DE LA MODIFICACIÓN

6.1. Conclusiones generales

Los resultados de las modificaciones en motores de combustión interna siempre van a ser distintos, ya que los parámetros que influyen sobre los mismos nunca son exactamente iguales. Dichos parámetros pueden ser: modelo de los motores modificados, condiciones iniciales del motor a modificar, cantidad de piezas a sustituir, tipo de modificación deseada, condiciones ambientales en donde se desarrolle la modificación, calidad y tipo de combustible utilizado, entre otros. A pesar de esto se debe intentar que los parámetros sean lo más similares para evitar la variación en los resultados.

Los motores de combustión interna sí pueden aumentar su potencia y torque modificando sus características originales. Pero es de suma importancia tomar en cuenta tanto las desventajas como las ventajas de dichas modificaciones, para tomar acciones correspondientes y que no se vea mayormente afectado el objetivo del uso final del motor.

El tamaño de modificación es sumamente variable y este dependerá de la persona que desee modificarlo. Pueden ser modificaciones sencillas, desde cambios en métodos de admisión de aire del motor, colocación de líneas de escape más ligeras o modificaciones en el diseño de las mismas y aditivos del motor, hasta modificaciones mecánicas más robustas como la modificación del tiempo de apertura de las válvulas de admisión y escape, modificaciones en el cigüeñal del motor, modificaciones en el encendido del motor, transformaciones

de la cabeza de cilindros o hasta modificaciones en las computadoras de a bordo de los vehículos más modernos con inyección electrónica.

6.2. Conclusiones específicas

Para la modificación del diseño del motor bóxer se realizaron los cambios mínimos en cuanto a piezas físicas, con el objetivo de reducir el costo de la misma, y obteniendo un aumento en el volumen de aire en los cilindros o cilindrada de 1 285 cc a 1584 cc, con lo cual no se logra obtener la potencia y el torque de un motor original de 1 600 cc. Para esta modificación en específico únicamente se logra un 83,79 % de la potencia y un 88,19 % del torque del motor original.

Por otro lado, la potencia máxima al freno del motor de 1 300 cc modificado aumenta desde 26,20 hp hasta 38,00 hp, y el momento máximo de torque aumenta de 54,95 ft-lbs a 63,79 ft-lbs, mejorando la relación de aire / combustible del motor.

Tomando en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas, el motor aumenta su temperatura de trabajo en un promedio de incremento general del 22,36 %, siendo recomendable la modificación del sistema de enfriamiento del motor. A pesar de esta situación, la presión de trabajo del aceite en el motor permanece estable, debido al diseño del sistema de lubricación de estos motores, a un valor de 42 psi aproximadamente.

En cuanto al rendimiento de combustible, utilizando el mismo método de cálculo, tanto para el motor antes de modificarlo como luego de la modificación, existe una reducción del rendimiento en un 7,20 %, tomando en cuenta condiciones similares de manejo. Por último, utilizando un método de cálculo para

máquinas reciprocantes bajo condiciones de aire estándar frío y un proceso térmico ideal, la eficiencia térmica del motor aumenta teóricamente de 54,85 % a 57,87 %, y revela el aumento de la relación de compresión del motor de 7,3 a 8,68 teórico, por tanto, justifica el aumento de torque y potencia resultantes en las pruebas de dinamómetro.

6.3. Costos de modificación

Como se menciona en el inciso 5.1, a este motor se le realizó una modificación tipo “A”, para la cual se tuvieron los siguientes costos (a la fecha marzo de 2016).

Tabla XIX. Costos finales de modificación

Descripción de costo	Lugar de compra ; Teléfono	Costo
Set de cilindros de 1 600 centímetros cúbicos	Comercializadora de partes, S.A. ; 2331-2737	Q 1.200,00
Carburador Solex H30/31	Comercializadora de partes, S.A. ; 2331-2737	Q 925,00
Set de empaques de motor	Comercializadora de partes, S.A. ; 2331-2737	Q 110,00
Maquinado de cabeza de cilindros	Reconstructora de motores Wolf ; 2331-8009	Q 280,00
Insumos de limpieza y herramienta	Aceiteras	Q 150,00
Dos pruebas de dinamómetro (pre y post modificación)	Autopiezas, S.A. ; 2474-1634	Q 800,00
Mano de obra de taller especializado (alquiler de herramienta especial para realización de la modificación)	Variable	Q 200,00
Filtro de aire	Comercializadora de partes, S.A. ; 2331-2737	Q 40,00
Aceite	Comercializadora de partes, S.A. ; 2331-2737	Q 260,00
Juego de cuatro bujías	Comercializadora de partes, S.A. ; 2331-2737	Q 100,00
Total		<u>Q 4065,00</u>

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. El procedimiento para la modificación de un motor de 1 300 a 1 600 centímetros cúbicos se puede definir resumidamente en los siguientes pasos.
 - a. Análisis del motor a modificar.
 - b. Definición de las especificaciones técnicas actuales.
 - c. Desarmado de conexiones eléctricas, controles de manejo, sistemas de calefacción y extras.
 - d. Desmontaje del motor del vehículo.
 - e. Desmontaje de sistema de embrague del motor, sistema de escape de gases del motor, sistema de refrigeración del motor, sistema eléctrico, sistema de admisión de aire del motor, cabeza de cilindros con sus cilindros y pistones.
 - f. Análisis de piezas desmontadas y piezas a colocar, adquisición de piezas a colocar, incluyendo sistema de enfriamiento del motor y maquinado de cabezas de cilindros de ser necesario.
 - g. Colocar cabeza de cilindros ya maquinada con sus cilindros y pistones de la nueva medida, armado de sistema de refrigeración del motor mejorado junto con el sistema eléctrico, sistema de admisión de aire del motor junto con el nuevo carburador, armado de sistema de escape de gases del motor.
 - h. Montaje del motor al vehículo y arranque del mismo.
 - i. Análisis de temperatura de trabajo junto con torque y potencia finales.

2. Las piezas esenciales a reemplazar para la modificación del motor a un bajo costo son: set de cilindros, carburador, set de empaques de motor y ventilador de enfriamiento junto con su tolva.
3. Para una modificación al menor costo posible, las únicas dos piezas que se pueden modificar son: la cabeza de cilindros, haciendo un maquinado en torno a la misma, y, en caso no se desee comprar un carburador H30/31, se pueden modificar las agujas del carburador original teniendo el cuidado que la mezcla aire / combustible sea la más adecuada posible, controlándola y ajustándola con la ayuda de un sensor de relación aire-combustible en un banco de potencia.
4. El resultado del torque y potencia del motor modificado no alcanzan los valores originales de fábrica, únicamente se llega a tener un 83,79 % de la potencia y un 88,19 % del torque de un motor de originales 1 600 centímetros cúbicos, según resultados de la prueba de dinamómetro realizada, esto debido a que no se realizaron cambios de todas las posibles piezas adaptables, las cuales se detallan en el siguiente punto.
5. Las piezas adaptables entre motores de 1 300 y 1 600 centímetros cúbicos pueden ser: bomba de aceite, bomba de combustible y cables de encendido. Por otro lado, con la finalidad de aumentar o mejorar el desempeño de estos motores, es posible reemplazar el dínamo por un alternador con su base, que lo ancla al bloque del motor, mejorando con esto la carga eléctrica en ralentí, eliminar regulador externo del dínamo y disminuyendo el peso del motor. También es posible reemplazar el distribuidor de chispa del motor de uno platinado a uno electrónico, mejorando con esto la respuesta de generación de chispa, reducción de

mantenimiento y aumento de voltaje, así como amperaje de generación de chipa.

6. Según los resultados de las pruebas en dinamómetro, tanto el torque como la potencia máxima al freno del motor aumentan. Para el caso de la potencia, aumenta de 26,20 hp a 38,00 hp, y el torque aumenta de 54,95 ft-lbs a 63,79 ft-lbs.

RECOMENDACIONES

1. A las personas que deseen realizar modificaciones en general a estos motores, se les recomienda evitar caer en trabajos empíricos y con poco conocimiento ingenieril. Es sumamente importante conocer las ventajas y desventajas de dichas modificaciones para no obtener resultados no deseados o no esperados posteriores a las mismas.
2. Quien realice la modificación descrita en este trabajo de graduación debe hacer un cambio en el ventilador y la tolva de enfriamiento del motor, debido al efecto de aumento de temperatura de trabajo. Esto se puede realizar colocando partes del sistema de enfriamiento con las mismas dimensiones del motor de 1 600 centímetros cúbicos para no forzar al motor trabajar con altas temperaturas.
3. A quien realice la modificación descrita en este trabajo de graduación se recomienda tomar en cuenta dos parámetros: primero asegurarse que el tiempo básico del motor esté trabajando con un punto de encendido de los mismos $7 \frac{1}{2}^{\circ}$ antes del PMS @750RPM; y, segundo, que la mezcla aire / combustible sea lo más cercana posible a una mezcla estequiométrica ideal de 14.7:1

BIBLIOGRAFÍA

1. Área de corona circular. [en línea].
<https://diccmatematicas.wikispaces.com/file/view/Area_Corona_Circular.JPG/100413351/Area_Corona_Circular.JPG> [Consulta: agosto, 2016].
2. Área de corona circular en cabeza de cilindros. [en línea].
<http://www.mofoco.com/item_images/050_Bottom2_Large.JPG> [Consulta: agosto, 2016].
3. BENTLEY, Robert. *Workshop manual Volkswagen 1200, Type 11, 14 and 15*. Massachusetts, USA: Automotive Publishers, 1991. 1364 páginas.
4. BOSCH, Robert. *Manual de la técnica del automóvil*. Barcelona, España: Reverte, S.A., 1999. 863 páginas.
5. Case savers del bloque del motor. [en línea].
<<http://image.mamotorworksmedia.com/imageproc.aspx?img=~/production/website/sku/300/300294/300294.jpg&h=369&w=369>> [Consulta: agosto, 2016].
6. CECSA. *Manuales para el taller Volkswagen*. Ciudad de México, México: Compañía Editorial Continental, 1979. 279 páginas.

7. CENGEL, Yunus; BOLES, Michael. *Termodinámica, 6ta ed.* D.F, México: Interamericana Editores, 2009. 993 paginas.
8. CHILTON BOOK COMPANY. *Manual de reparación y afinación Volkswagen 1970-79.* Pennsylvania, USA: Limusa Noriega Editores, 1998. 280 páginas.
9. *Manual CRAFTSMAN.* [en línea]. <www.craftsman.com> [Consulta: marzo, 2016].
10. DEPARTAMENTO TECNICO DE SERVICIO VW. *Manual de reparaciones. Vehículos Tipos I-II.* Sección de Publicaciones Técnicas, 1988. 275 paginas.
11. *Diagrama de partes de termómetro infrarrojo.* [en línea]. <<http://c.shld.net/assets/own/3450466s.pdf>> [Consulta: agosto, 2016].
12. *Distribuidor electrónico.* [en línea]. <<http://fisherbuggies.com/Images/specials//00%20009E.jpg>> [Consulta: agosto, 2016].
13. *Invention of the boxer engine: the Benz contra engine of 1897.* [en línea]. <<http://media.daimler.com/dcmedia/0-921-1088722-1-827846-1-0-0-0-0-11701-614318-0-1-0-0-0-0-0.html>>. [Consulta: octubre 2012].
14. *JBUGS.* [en línea]. <www.jbugs.com> [Consulta: septiembre, 2015].

15. Magrama. *DIN 70020*. [en línea].
<http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pf_Agrotec%2FAgrotec_2005_5_40_44.pdf> [Consulta: septiembre, 2015].
16. *Mecanizado en cabeza de cilindros*. [en línea].
<<http://www.evolveeng.com/images/automotive/Mirror-Polished%201914cc-VW-Heads.jpg>> [Consulta: agosto, 2016].
17. MUIR, John. *Cómo mantener tu Volkswaguen vivo, 17 ed.* Santa Fe N., México: Jhon Muir Publications, 1997. 224 páginas.
18. OUELLETTE, Dan. *The Volkswagen bug book: a celebration of Beetle Culture*. Angel City Press, 1999. 495 páginas.
19. RYME. *Bancos de potencia*. [en línea]. <<http://www.ryme.com>> [Consulta: septiembre, 2015].
20. *Toma de presión de aceite*. [en línea].
<<https://www.youtube.com/watch?v=y8-6db5Qjng>> [Consulta: agosto, 2016].
21. BENTLEY, Robert. *Official service manual station wagon*. Massachusetts, USA: Volkswagen of America, Inc., 1979. 492 páginas.
22. *Volkswagen Sedan*. [en línea].
<http://es.wikipedia.org/wiki/Volkswagen_Sed%C3%A1n> [Consulta: octubre, 2012].

23. VOLKSWAGENWERK AG. *Manual de instrucciones y carnet de mantenimiento VW 1300 A – VW 1300 – VW 1500 Sedan y Cabriolet*. Wolfsburg, Alemania: VOLKSWAGENWERK AG, 1966. 57 páginas.

ANEXOS

Anexo 1 Pruebas de dinamómetro, prueba 1 de 3.

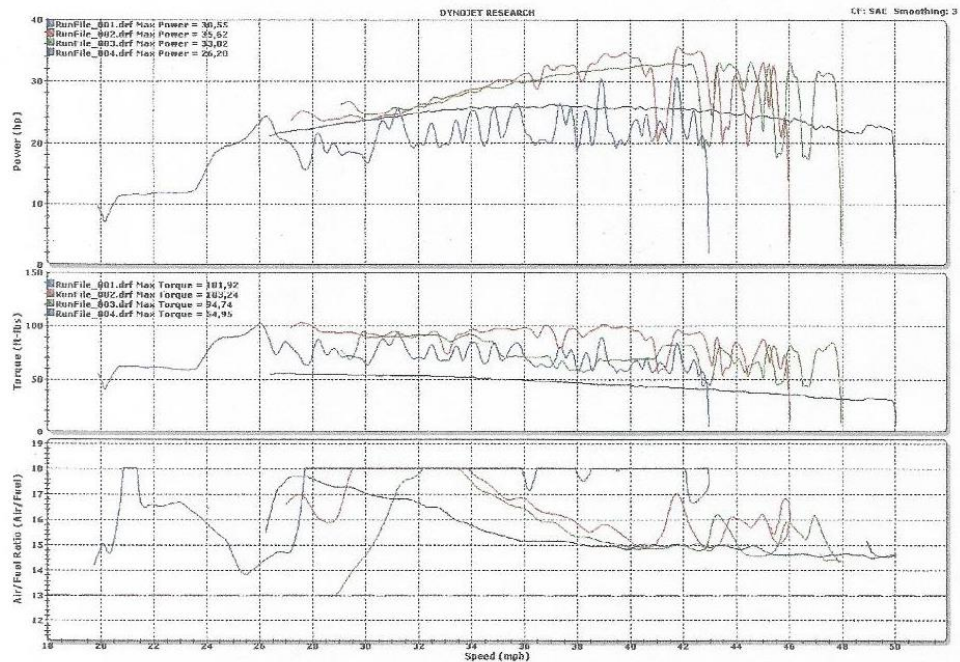
Auto Piezas, S.A.

Carburación E Inyección

19 Avenida 5-32 Zona II – Guatemala, C.A

Teléfonos: (502) 2474-1634 / (502) 2472-8666 Fax: (502) 2472-8614

Autopiezassa@gmail.com



Fuente: Autopiezas, S.A.

Anexo 2 Pruebas de dinamómetro, prueba 2 de 3.

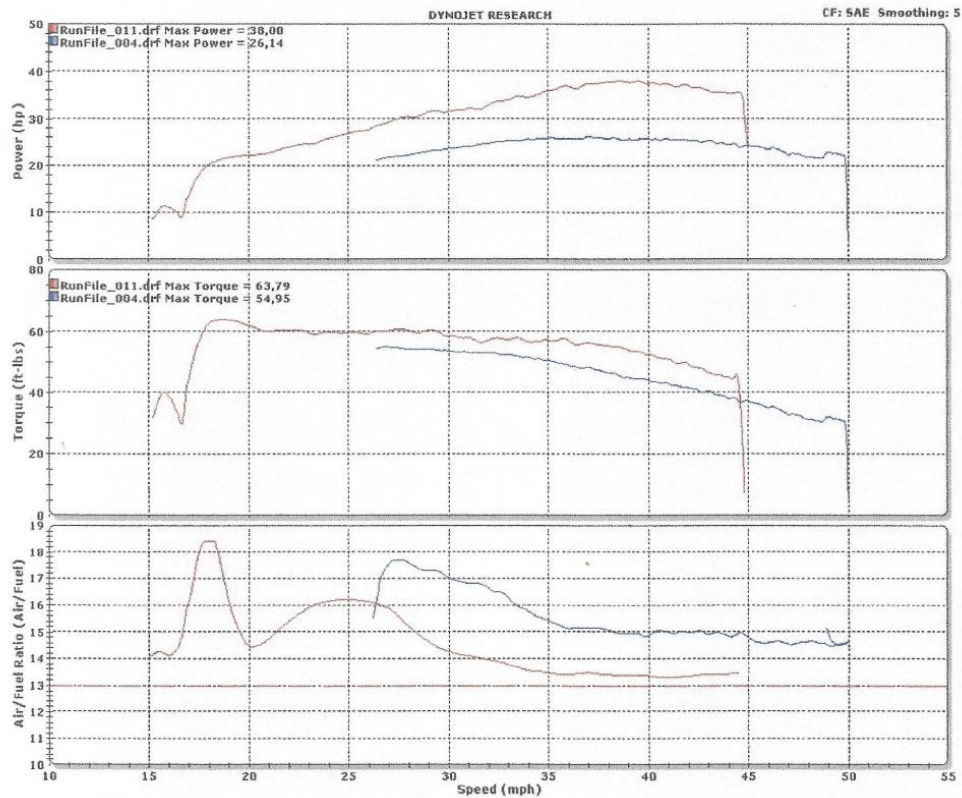
Auto Piezas, S.A.

Carburación E Inyección

19 Avenida 5-32 Zona II – Guatemala, C.A

Teléfonos: (502) 2474-1634 / (502) 2472-8666 Fax: (502) 2472-8614

Autopiezassa@gmail.com



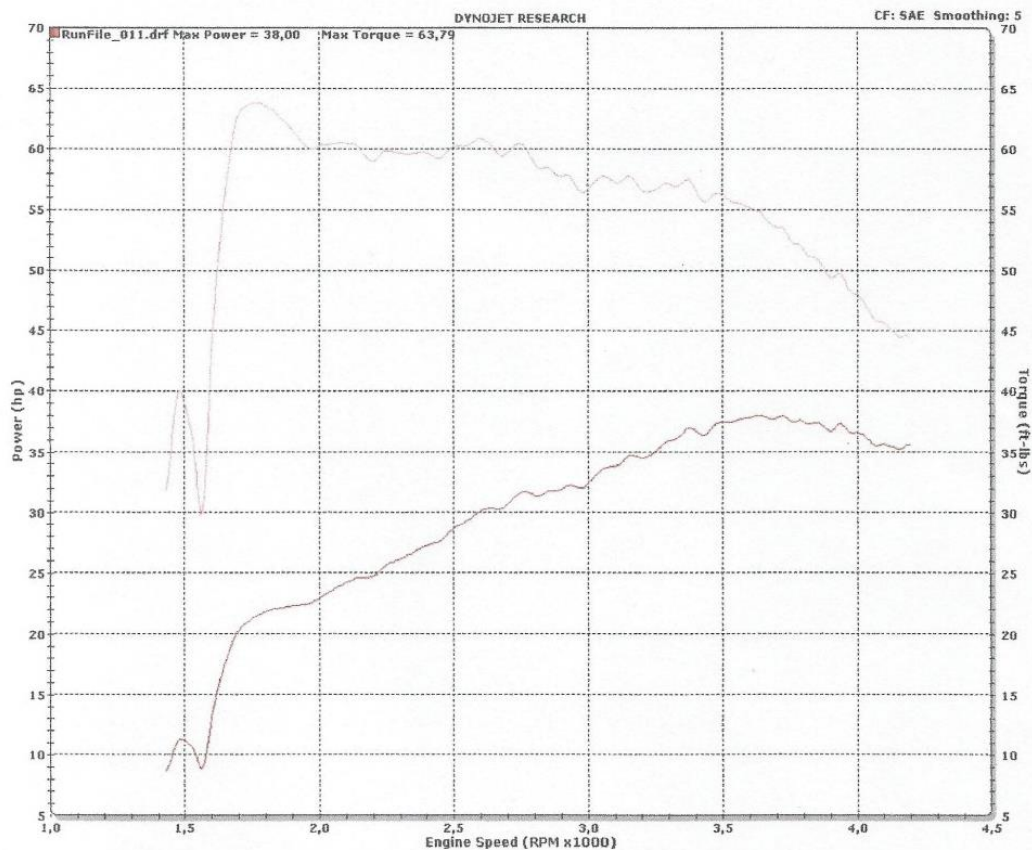
Fuente: Autopiezas, S.A.

Anexo 3 Pruebas de dinamómetro, prueba 3 de 3.

Auto Piezas, S.A.

Carburación E Inyección

19 Avenida 5-32 Zona II – Guatemala, C.A
Teléfonos: (502) 2474-1634 / (502) 2472-8666 Fax: (502) 2472-8614
Autopiezassa@gmail.com



Fuente: Autopiezas, S.A.

