



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

**ESTUDIO DE LOS EFECTOS INTERNOS EN EL MOTOR DE
COMBUSTIÓN INTERNA, POR EL USO DE PASTILLAS
MEJORADORAS DEL RENDIMIENTO EN EL COMBUSTIBLE, DE
LOS BUSES DEL TRANSMETRO DE LA EMPRESA MUNICIPAL
DE TRANSPORTE (EMT)**

Pablo Andrés Uribe Morán

Asesorado por el Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres

Guatemala, mayo de 2010.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE LOS EFECTOS INTERNOS EN EL MOTOR DE COMBUSTIÓN
INTERNA, POR EL USO DE PASTILLAS MEJORADORAS DEL
RENDIMIENTO EN EL COMBUSTIBLE, DE LOS BUSES DEL TRANSMETRO
DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE TRANSPORTE (EMT)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

PABLO ANDRÉS URIBE MORÁN

ASESORADO POR EL ING. BYRON GIOVANNI PALACIOS COLINDRES
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MAYO DE 2010.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero Spinola de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio César Campos Paiz
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**ESTUDIO DE LOS EFECTOS INTERNOS EN EL MOTOR DE COMBUSTIÓN
INTERNA, POR EL USO DE PASTILLAS MEJORADORAS DEL
RENDIMIENTO EN EL COMBUSTIBLE, DE LOS BUSES DEL TRANSMETRO
DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE TRANSPORTE (EMT),**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 20 de mayo de 2009.

Pablo Andrés Uribe Morán

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 07 de Octubre de 2009

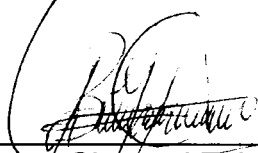
Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña:

Por este medio atentamente le informo que como asesor de la Práctica de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), del estudiante **Pablo Andrés Uribe Morán** de la carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. **200511973**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **“ESTUDIO DE LOS EFECTOS EN EL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA POR EL USO DE PASTILLAS MEJORADORAS DEL RENDIMIENTO EN EL COMBUSTIBLE EN LOS BUSES DEL TRANSMETRO DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE TRANSPORTE (EMT)”**, encontrándolo satisfactorio por lo tanto lo doy por aprobado.

Sin otro particular me es grato suscribirme,

Atentamente,



Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres
Colegiado No: 5441
Escuela de Mecánica
Asesor



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 24 de febrero de 2010
REF.EPS.DOC.151.02.10.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.


Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Pablo Andrés Uribe Morán** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. **200511973**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“ESTUDIO DE LOS EFECTOS INTERNOS EN EL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA POR EL USO DE PASTILLAS MEJORADORAS DEL RENDIMIENTO EN EL COMBUSTIBLE EN LOS BUSES DEL TRANSMETRO DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE TRANSPORTE (EMT)”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

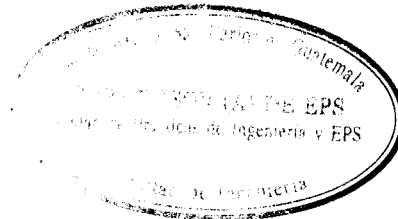
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
EESZ/ra





UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 24 de febrero de 2010
REF.EPS.D.380.01.10

Ing. Julio César Campos Paiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

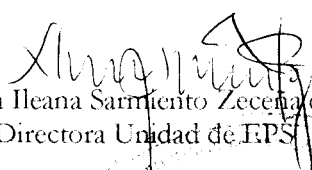
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"ESTUDIO DE LOS EFECTOS INTERNOS EN EL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA POR EL USO DE PASTILLAS MEJORADORAS DEL RENDIMIENTO EN EL COMBUSTIBLE EN LOS BUSES DEL TRANSMETRO DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE TRANSPORTE (EMT)"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Pablo Andrés Uribe Morán** quien fue debidamente asesorado por el Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y del Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

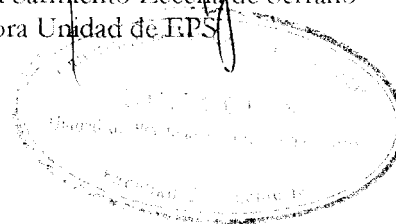
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todas"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**

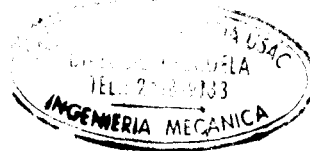


**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación de la directora del Ejercicio Profesional Supervisado, E.P.S., al Trabajo de Graduación ESTUDIO DE LOS EFECTOS INTERNOS EN EL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA, POR EL USO DE PASTILLAS MEJORADORAS DEL RENDIMIENTO EN EL COMBUSTIBLE, DE LOS BUSES DEL TRANSMETRO DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE TRANSPORTE (EMT) del estudiante Pablo Andrés Uribe Morán, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, mayo de 2010

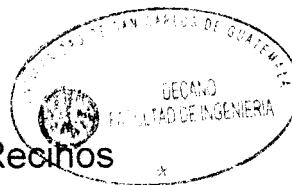
JCCP/behdei



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: **ESTUDIO DE LOS EFECTOS INTERNOS EN EL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA, POR EL USO DE PASTILLAS MEJORADORAS DEL RENDIMIENTO EN EL COMBUSTIBLE, DE LOS BUSES DEL TRANSMETRO DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE TRANSPORTE (EMT)**, presentado por el estudiante universitario **Pablo Andrés Uribe Morán**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Reinos
Decano



Guatemala, mayo de 2010

AGRADECIMIENTOS A:

Mis padres	Por haberme brindado todos los recursos y ayuda posible para alcanzar mis metas.
Mis hermanos	Por ayudarme en los momentos en los que no encontraba salida ni solución.
Mi asesor y supervisor	Por la ayuda brindada para culminar lo más pronto posible mi proyecto de EPS.
Don César Bazini	Por el gran apoyo que representó durante la realización de mi proyecto de EPS.

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. GENERALIDADES	
1.1 Fundamentos del motor de combustión interna.....	1
1.1.1 Bloque motor.....	2
1.1.2 Cigüeñal.....	3
1.1.3 Transformación de movimiento alternativo en rotativo.....	4
1.1.4 Culata.....	6
1.1.5 Válvulas.....	7
1.1.6 Cáster.....	11
1.2 Funcionamiento del motor.....	11
1.2.1 Admisión.....	12
1.2.2 Compresión.....	13
1.2.3 Explosión.....	13
1.2.4 Escape.....	13
1.3 Volante.....	14
1.4 Motores turboalimentados.....	15
1.5 Filtros.....	17
1.5.1 Filtro de diesel.....	17

1.5.2	Filtro de aceite.....	18
1.5.3	Filtro de aire.....	19
1.6	Fricción, desgaste y lubricación de motores.....	20
1.7	Materiales de construcción del motor.....	21
1.8	Análisis de aceite.....	23
1.9	Aditivo mejorador de rendimiento (FEROX).....	25
1.9.1	Antecedentes.....	26
1.9.2	Descripción.....	26
1.9.3	Modo de operación.....	29
2.	ANÁLISIS DE RIESGOS	
2.1	Identificación de riesgos y análisis de consecuencias.....	31
2.2	Medidas a tomar.....	32
3.	FASE TÉCNICO-PROFESIONAL	
3.1	Análisis del motor de combustión interna sin el uso del aditivo ferox.....	35
3.1.1	Características y detalles del motor a utilizar.....	35
3.1.2	Rendimiento del motor (Km/Gal).....	37
3.1.3	Resultados de los análisis de aceite.....	43
3.1.4	Evaluación de filtros diesel, aceite y aire.....	47
3.1.5	Evaluación del desgaste de sus partes.....	49
3.2	Análisis del motor de combustión interna con el uso del aditivo ferox.....	50
3.2.1	Características y detalles del motor a utilizar.....	50
3.2.2	Rendimiento del motor (Km/Gal).....	52
3.2.3	Resultados de los análisis de aceite.....	59
3.2.4	Evaluación de filtros diesel, aceite y aire.....	64
3.2.5	Evaluación del desgaste de sus partes.....	66

3.3	Comparación de los resultados de ambos análisis.....	67
3.3.1	Rendimientos de los motores.....	67
3.3.2	Análisis de los resultados de los aceites.....	69
3.3.3	Comparación de filtros diesel, aceite y aire.....	70
3.3.4	Análisis de los desgaste.....	71
3.4	Costo – beneficio.....	73
	CONCLUSIONES.....	81
	RECOMENDACIONES.....	83
	REFERENCIAS.....	85
	BIBLIOGRAFÍA.....	87
	APÉNDICE.....	89
	ANEXO.....	93

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Bloque motor	2
2.	Cilindro con piston seccionado	3
3.	Cigüeñal para cuatro cilindros	4
4.	Corte de pistón	4
5.	Pistón, biela y cigüeñal	5
6.	Secuencia de movimiento de pistón	6
7.	Culata de motor	7
8.	Válvulas de motor	7
9.	Esquema de válvula	8
10.	Eje de levas	9
11.	Componentes eje de levas en el bloque	10
12.	Eje de levas a la cabeza	10
13.	Tiempos del motor	12
14.	Volante de motor	14
15.	Cigüeñal armado	15
16.	Secciones de turbocompresor	16
17.	Disposición del turbocompresor	17
18.	Filtros de diesel	18
19.	Ubicación filtro y bomba de aceite	19
20.	Filtro de aire	20
21.	Primer análisis de aceite bus #48	45
22.	Segundo análisis de aceite bus #48	47
23.	Filtro de aceite bus #48	48

24.	Filtros de aceite bus #48	49
25.	Filtro de aire bus #48	50
26.	Primer análisis de aceite bus #43	61
27.	Segundo análisis de aceite bus #43	62
28.	Tercer análisis de aceite bus #43	63
29.	Cuarto análisis de aceite bus #43	64
30.	Filtro de aceite bus #43	65
31.	Filtros de aceite bus #43	66
32.	Filtro de aire bus #43	67
33.	Incremento y decremento de partículas bus #43	73

TABLAS

I.	Pruebas en análisis de aceite	24
II.	Dosificaciones	29
III.	Especificaciones de motor bus #48	36
IV.	Primer rendimiento bus #48	37
V.	Segundo rendimiento bus #48	39
VI.	Tercer rendimiento bus #48	40
VII.	Cuarto rendimiento bus #48	41
VIII.	Quinto rendimiento bus #48	42
IX.	Especificaciones de motor bus #43	52
X.	Primer rendimiento bus #43	53
XI.	Segundo rendimiento bus #43	54
XII.	Tercer rendimiento bus #43	56
XIII.	Cuarto rendimiento bus #43	57
XIV.	Quinto rendimiento bus #43	58
XV.	Contenido de partículas bus #43	74

XVI.	Primer costo bus #43	75
XVII.	Segundo costo bus #43	76
XVIII.	Tercer costo bus #43	78
XIX.	Cuarto costo bus #43	80

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Porcentaje
%VAR	Porcentaje de variación
1 ^{ER} R	Primer rendimiento
C _{GAL}	Costo galones
Km/Gal	Kilómetro por galón
Q _{KM}	Costo por kilómetro
Q/Km	Quetzales por kilómetro
R	Rendimiento
R _{PROM}	Rendimiento promedio
R _{GEN}	Rendimiento general
T _{KM}	Total kilómetros
VAR ®	Variación del rendimiento
VAR (1R)	Variación del primer rendimiento
VAR (2R)	Variación del segundo rendimiento
VAR (3R)	Variación del tercer rendimiento
VAR (4R)	Variación del cuarto rendimiento
VAR (5R)	Variación del quinto rendimiento

GLOSARIO

Abrasivos	Son todos los materiales de dureza mayor que el material que rayan, por lo que lo desgastan.
Aditivo	Elemento que se agrega con el fin de mejorar o conseguir determinadas características.
Bujía	Elemento encargado de proporcionar una chispa dentro de la cámara de combustión para comenzar la explosión.
Catalizador	Es una sustancia que acelera o retarda un proceso químico.
Cojinetes	Elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a éste.
Combustión	Reacción química en la que un carburante se combina con un comburente desprendiendo calor y produciendo óxido.
Desgaste	Pérdida de material ocasionada por el roce entre dos superficies.
Diesel	Mezcla de hidrocarburos compuesta principalmente de parafinas y aromáticos.
Engranaje	Acción de acoplamiento de dos engranes.

Engrane	Rueda dentada que se utiliza para la transmisión de potencia de un eje a otro.
Filtro de derivación	Filtro que capta de diez a quince por ciento del aceite del sistema de circulación y lo manda a través de un filtro superfino.
Filtro de flujo total	Filtro que retiene los contaminantes más grandes y facilita el flujo continuo del aceite hacia el motor. Proporcionan una eficaz filtración hasta los veinticinco micrones.
Fricción	Fuerza que se opone al movimiento entre dos cuerpos con movimiento relativo.
Índice de cetano	Cantidad presente de cetano en una mezcla de referencia con igual punto de inflamación que el carburante sometido a prueba.
Inercia	Es una magnitud que refleja la distribución de masa de un cuerpo, y que solo depende de la geometría del cuerpo y la posición del eje de giro.
Inyectores	Elementos encargados de inyectar el diesel dentro de la cámara de combustión.

Mecanismo	
biela-manivela	Mecanismo que se utiliza para transformar movimiento de traslación en movimiento de rotación, o viceversa.
Lubricación	Técnica utilizada para reducir la fricción y desgaste entre dos superficies mediante la aplicación de un líquido.
Motor	Máquina capaz de transformar energía almacenada, en distintas fuentes, en energía mecánica capaz de realizar un trabajo.
Movimiento	
alternativo	Movimiento de traslación vertical u horizontalmente dirigido.
Movimiento	
oscilatorio	Movimiento en torno a un punto de equilibrio estable.
Movimiento	
rotativo	Movimiento circular generado por la aplicación de un torque.
PMS	Punto muerto superior por sus siglas. Es el punto en que el pistón alcanza su punto máximo dentro del cilindro.
PMI	Punto muerto inferior por sus siglas. Es el punto en que el pistón llega a su punto mínimo inferior dentro del cilindro.
Potencia	Es el trabajo realizado por unidad de tiempo.

Ralentí	Régimen mínimo de revoluciones por minuto a las que se ajusta un motor de combustión interna para permanecer encendido.
<i>Sprocket</i>	Rueda dentada a la cual se acopla una cadena para transmitir potencia.
TBN	Número de base total. Es la capacidad que tiene el aceite de neutralizar los ácidos sulfurosos y sulfúricos por el azufre que contiene el petróleo.
Viscosidad	Resistencia que un líquido opone al fluir.

RESUMEN

Los motores de combustión interna son máquinas utilizadas para producir energía mecánica, mediante la quema de un combustible dentro de una cámara de combustión. Para transformar la energía de la combustión en mecánica se utilizan una serie de elementos, como cigüeñal, bielas, pistones, anillos, etc., que se encuentran en continuo movimiento.

Los motores sujetos de estudio son los de los buses del transmetro. Estos son motores diesel, los cuales utilizan combustible diesel para su funcionamiento. El estudio comprende el análisis de los rendimientos y funcionamiento de los motores al utilizar un aditivo aplicado al combustible que dice “mejorar su rendimiento” sin perjudicar las partes internas del mismo.

El aditivo utilizado durante el estudio se llama ferox, y se aplica en dosis de 36ml por cada 15 galones de combustible. Este aditivo, además de mejorar el rendimiento, limpia las paredes de la cámara de combustión del hollín creado por la explosión del diesel, esto es, según el fabricante.

Para comprobar la efectividad del aditivo se tomaron kilometrajes y galones consumidos de un (1) bus durante trece (13) semanas y se comparó con el rendimiento de un bus sin el uso del aditivo. El bus que no utilizó aditivo en el combustible mantuvo un promedio de rendimiento fijo, pero el bus que utilizó aditivo tuvo una variación de $\pm 3.00\%$ en el rendimiento.

Además de controlar el rendimiento se realizaron análisis de aceite para controlar el funcionamiento interno del motor. Los análisis de aceite de ambos motores muestran que el desgaste interno del motor esta dentro de los rangos normales.

Al finalizar el estudio se concluyó que el aditivo no mejora el rendimiento del motor, pero si limpia las paredes internas de la cámara de combustión. Esta limpieza se pudo observar debido a que se levantó la culata del motor en tres ocasiones, mostrando una mejoría en la tercera levantada de culata.

Al realizar un beneficio-costo se concluye que no es rentable la compra del aditivo aplicado al combustible ya que la mejora en el rendimiento no es significativa, y además no muestra progresión continua sino más bien empeora en ciertas ocasiones.

El resultado final del estudio es que el aditivo aplicado al combustible tiene un efecto nulo en el rendimiento del motor después de trece (13) semanas de uso.

OBJETIVOS

Generales:

1. Estar consciente de los problemas que pueden surgir durante la realización del proyecto, así como las formas y pasos a seguir para evitarlos.
2. Realizar un estudio sobre la mejora del rendimiento del combustible mediante el uso de aditivos, así como los posibles efectos internos en el motor de combustión interna.
3. Proporcionar los resultados correctos al Director de Operaciones para que éste pueda tomar la decisión correcta acerca del uso de aditivos en los buses del Transmetro.

Específicos:

1. Conocer los materiales de los cuales están elaboradas las distintas partes del motor de combustión interna.
2. Conocer con detalle las piezas del motor que pueden ser afectadas por el uso de aditivos en el combustible.
3. Conocer los efectos del aditivo en los filtros que utiliza el motor para la limpieza de los distintos fluidos.
4. Obtener datos sobre el ahorro porcentual que puede representar el uso del aditivo aplicado al combustible.
5. Realizar un análisis beneficio-costos para comprobar su efecto monetario.

6. Tener conocimiento de los efectos internos en el motor de combustión interna por la aplicación del aditivo.

INTRODUCCIÓN

Los motores de combustión interna son máquinas que funcionan mediante la combustión de una mezcla de combustible gasificado y oxígeno. Existen motores de gasolina, en los cuales se utiliza una bujía para encender la mezcla aire-combustible; y motores diesel, en los cuales se utiliza el calor de la compresión para provocar la combustión al inyectar el diesel. Los motores de combustión interna se empezaron a desarrollar entre mediados y finales del siglo XIX. Estos motores han ido evolucionando con el pasar del tiempo ya que se han ideado nuevas formas de aprovechar la energía de la combustión, así como maneras de evitar la pérdida de energía.

Los motores de combustión interna poseen una serie de partes que hacen posible convertir la energía química de la combustión en energía mecánica transferida a las ruedas, posteriormente. Para este propósito los motores cuentan con un eje cigüeñal, bielas, pistones, eje de levas, válvulas, etc.

El presente trabajo pretende estudiar los efectos internos que tiene el uso de aditivos aplicados al combustible en un motor diesel. El aditivo a utilizar durante la realización del estudio tiene el nombre de “ferox” producido por *FEROX INTERNATIONAL, S.A.* Este aditivo dice mejorar el rendimiento del motor, esto es, aumenta los kilómetros recorridos por galón, además de limpiar los conductos y aumentar la vida útil de los filtros, especialmente filtro de aceite.

El estudio se llevará a cabo en un bus del transmetro de la ciudad de Guatemala durante 13 semanas, en el cual se monitoreará el estado de los filtros, aceite, culata y conductos del motor. Los resultados obtenidos se compararán con otro bus idéntico al cual no se le aplicará el aditivo. Los motores a utilizar son de 9.6 litros y 250HP.

La finalidad del estudio es comprobar si el uso de estos aditivos aplicados al combustible tiene un efecto positivo, negativo o neutral sobre el rendimiento del motor, además de analizar los efectos internos en el mismo.

Por último, se lleva a cabo un análisis beneficio-costos en donde se muestra si el uso del aditivo aplicado al combustible es benéfico o no para el propietario del bus.

Durante toda la realización del estudio se lleva el control de los análisis de aceite, filtros, kilometrajes, galones consumidos, estado de la cámara de combustión, limpieza de la culata y otros efectos positivos que dice tener el aditivo sobre el motor de combustión interna.

1. GENERALIDADES

El motor de combustión interna es una máquina que produce energía mecánica, mediante energía química generada por la quema de un combustible dentro del motor. La energía liberada durante la combustión del combustible se transmite a un émbolo o pistón, el cual posee movimiento alternativo, que posteriormente mediante el mecanismo biela-manivela se convierte en movimiento rotatorio.

1.1 Fundamentos del motor de combustión interna

Los motores de combustión interna pueden ser encendidos por chispa (gasolina) o por compresión (diesel). En los motores encendidos por chispa la combustión se debe a la explosión de una mezcla aire-gasolina ocasionada por la chispa originada por una bujía. En los motores encendidos por compresión la combustión se debe a que el diesel es inyectado en el cilindro cuando el aire dentro del mismo ya ha sido comprimido, por lo que al entrar en contacto el diesel con el aire a elevada temperatura se provoca la explosión.

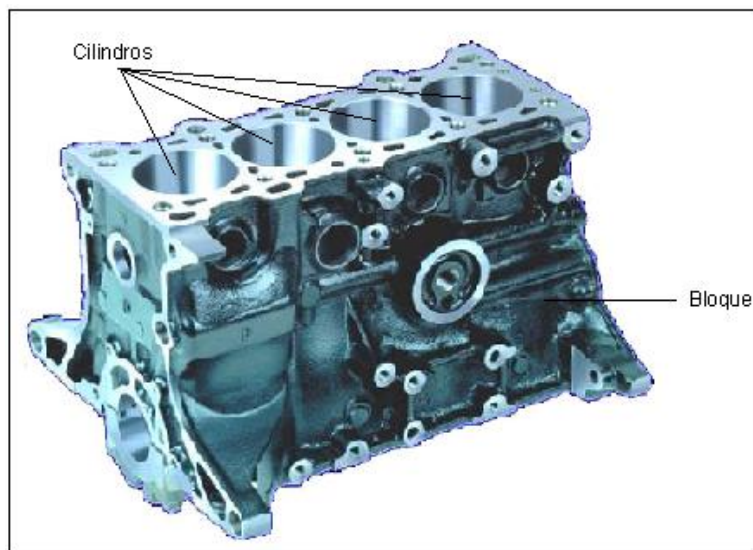
Los motores poseen varios elementos que le permiten realizar su trabajo. A continuación se describen las partes internas del mismo, así como el papel que juegan en el motor.

En lo que resta de este trabajo se hará referencia únicamente a los motores diesel, ya que en éstos se enfoca el estudio.

1.1.1 Bloque motor

Se puede decir que el bloque es el cuerpo del motor, que mediante una serie de componentes adicionales le dan vida al motor de combustión interna. Dentro del bloque se encuentran los cilindros del motor.

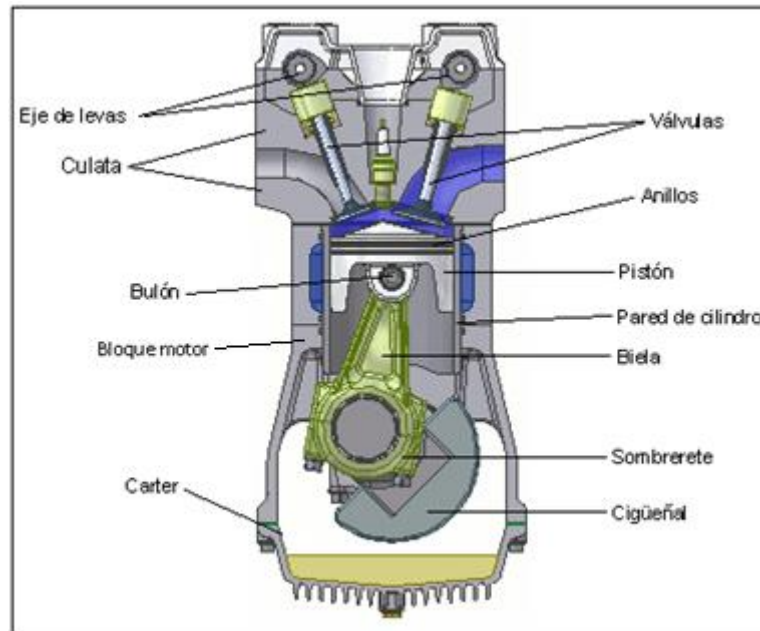
Figura 1. Bloque motor



Fuente: <http://rectasa.es/>

Dentro del cilindro se lleva a cabo la combustión que proporciona la energía necesaria para el movimiento del pistón. Este es conocido como la cámara de combustión, cerrado por un extremo y dentro del cual se desliza el pistón. El pistón está ajustado adecuadamente para que éste pueda realizar su movimiento alternativo, por lo que posee unas ranuras en la parte superior donde se alojan los anillos que se adosan fuertemente contra las paredes del cilindro proporcionando un cierre de manera que cuando el pistón asciende el aire atrapado es arrastrado y comprimido en la parte superior del cilindro. En la figura 2 se muestra un cilindro con su pistón seccionado en donde se pueden apreciar las partes del mismo.

Figura 2. Cilindro con pistón seccionado



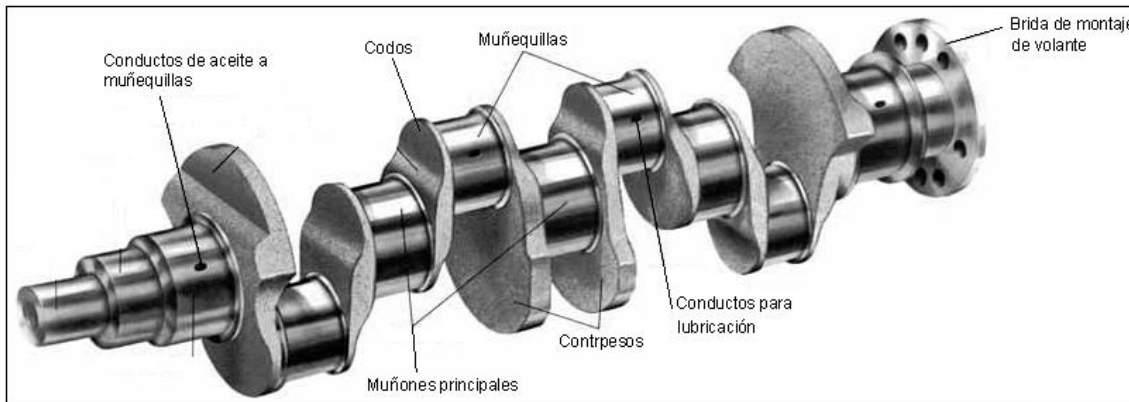
Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:4-Stroke-Engine.gif>

En realidad, dentro del cilindro entra cierta cantidad de aire que se comprime cuando el pistón asciende. Al estar el pistón en su punto más alto se inyecta diesel vaporizado, que al entrar en contacto con el aire caliente provoca la combustión que lanza el pistón hacia abajo.

1.1.2 Cigüeñal

El cigüeñal (figura 3) es un eje con codos o acodado y contrapesos que se coloca en la parte inferior del bloque motor. Este ayuda a transformar el movimiento alterativo de los pistones en movimiento rotativo.

Figura 3. Cigüeñal para cuatro cilindros

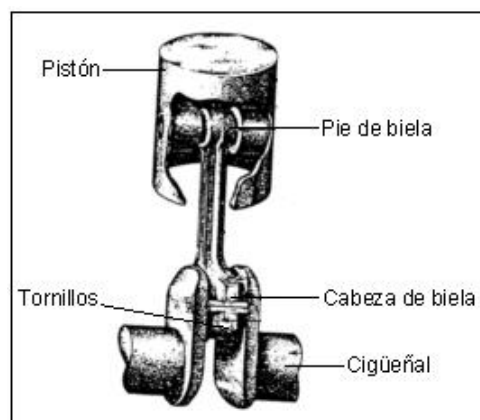


Fuente: <http://automecanico.com/auto2002/motor4.html>

El cigüeñal se coloca en el bloque motor en los muñones principales o de bancada y se agarra mediante casquetes en la parte inferior. Alrededor de los muñones principales se colocan dos cojinetes de medias lunas para permitir que el cigüeñal gire libremente. Como se verá posteriormente, las muñequillas del cigüeñal se unen a las bielas, las cuales están unidas a los pistones para transformar el movimiento.

1.1.3 Transformación del movimiento alternativo en rotativo

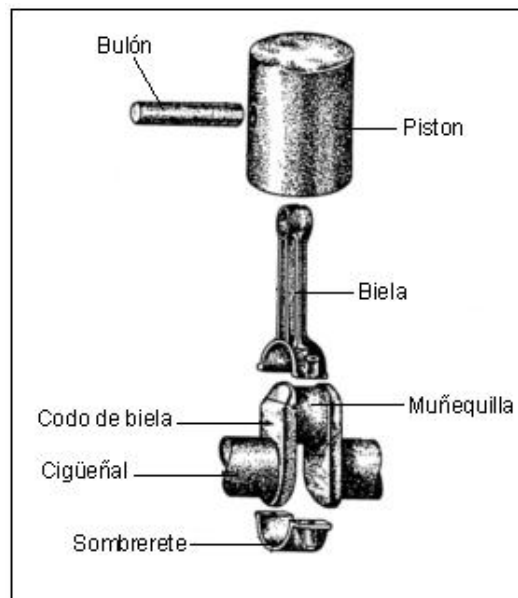
Figura 4. Corte de pistón



Fuente: Oberts, Edward. Motores de automóvil, página 39

El movimiento alternativo del pistón es en línea recta, de arriba hacia abajo y viceversa, el cual debe ser transformado en rotativo. Para este propósito se utiliza el mecanismo biela-manivela mostrado en las figuras 4 y 5. En la primera se aprecia el ensamblaje adecuado y en la segunda las piezas.

Figura 5. Pistón, biela y cigüeñal

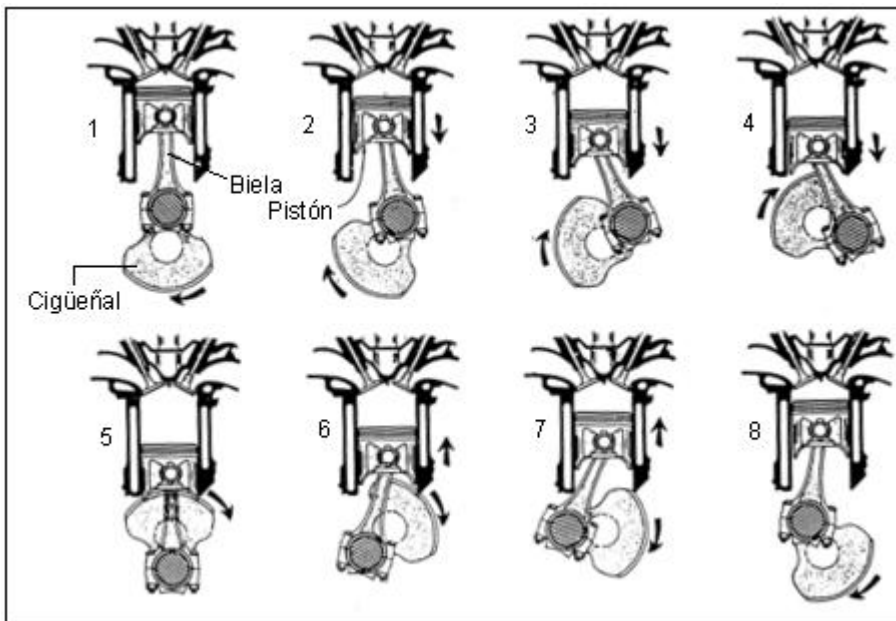


Fuente: Oberts, Edward. Motores de automóvil, página 38

El efecto de manivela lo realizan las partes acodadas del cigüeñal, las cuales describen un círculo cuando gira el eje. La parte del eje que se encuentra en la parte acodada del cigüeñal se conoce como muñequilla, y la biela es la encargada de unir el pistón con la muñequilla del cigüeñal. La cabeza de biela es la que se fija a la muñequilla mediante una pieza llamada sombrerete de biela o casquete. La cabeza de biela y el sombrerete poseen medios cojinetes para permitir que la muñequilla gire libremente. Además, el pie de biela se fija al pistón mediante una pieza cilíndrica llamada bulón, el cual posee cojinetes en sus extremos alojados en el pistón. El pie de biela también posee un cojinete para girar libremente sobre el bulón.

Cuando el pistón sube y baja dentro del cilindro se puede observar que el pie de biela describe un movimiento oscilatorio sobre el bulón, mientras que la cabeza de biela describe un movimiento circular sobre la muñequilla¹. En la figura 6 se puede observar la secuencia del movimiento.

Figura 6. Secuencia de movimiento de pistón

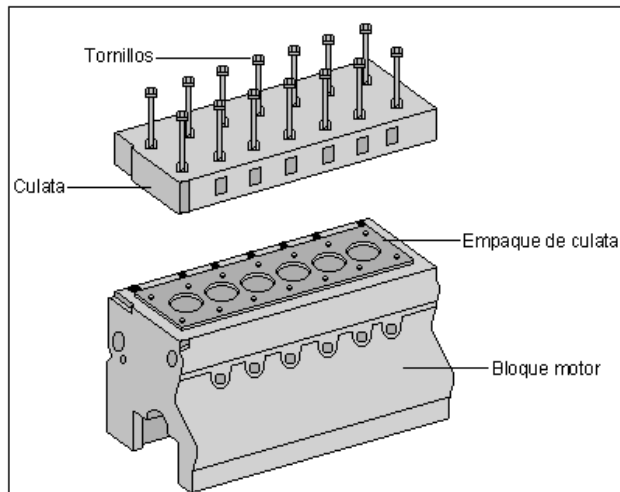


Fuente: Oberts, Edward. Motores de automóvil, página 39

1.1.4 Culata

La culata o tapa del bloque es la parte superior del motor que permite el cierre de las cámaras de combustión de los cilindros. Esta cuenta con orificios ya que aquí están ubicadas las válvulas que permiten la admisión y escape de los gases. La culata se une al motor mediante tornillos y una junta o empaque (figura 7).

Figura 7. Culata de motor



Fuente: <http://www.reycomotor.com/Reyco/Kitset/Document/Cylhead.htm>

1.1.5 Válvulas

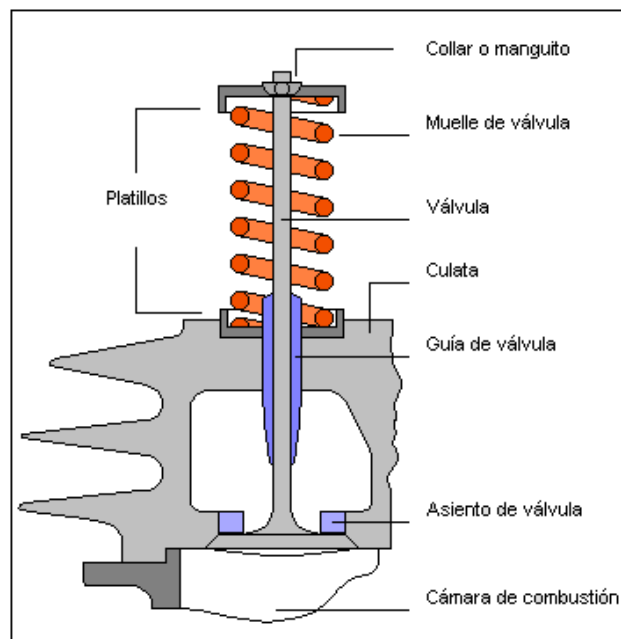
El motor posee dos o cuatro aberturas en el extremo cerrado del cilindro. Cuando posee dos aberturas, una es la que permite el ingreso del aire y la otra es la que deja salir los gases que resultan de la combustión, estos tiempos son conocidos como admisión y escape, respectivamente. Cuando el motor posee cuatro aberturas dos aberturas realizan cada tarea. En la figura 8 se puede observar una culata con los orificios y las válvulas.

Figura 8. Válvulas de motor



Las válvulas del motor están colocadas en estas aberturas, y son las encargadas de realizar los tiempos de admisión y escape al abrir y cerrar las aberturas. Las válvulas cuentan con una serie de elementos para su operación (figura 9), y se encuentran en la culata del motor como se menciona anteriormente.

Figura 9. Esquema de válvula

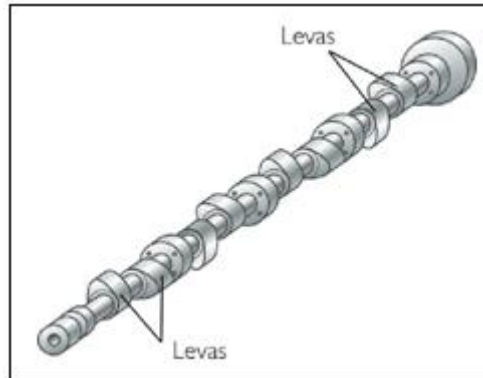


Fuente: <http://www.reycomotor.com/Reyco/Ksmotor/Valve1.htm>

El mecanismo que se utiliza para abrir y cerrar las válvulas es un eje de balancín gobernado por el eje de levas. La leva es la que le proporciona movimiento al balancín para abrir y cerrar las válvulas².

El eje de levas posee una leva por cada válvula o par de válvulas. Este eje es a su vez gobernado por el movimiento del cigüeñal, que realiza la transmisión de movimiento por medio de engranes o cadena. En la figura de abajo se puede observar un eje de levas. (Figura 10)

Figura 10. Eje de levas



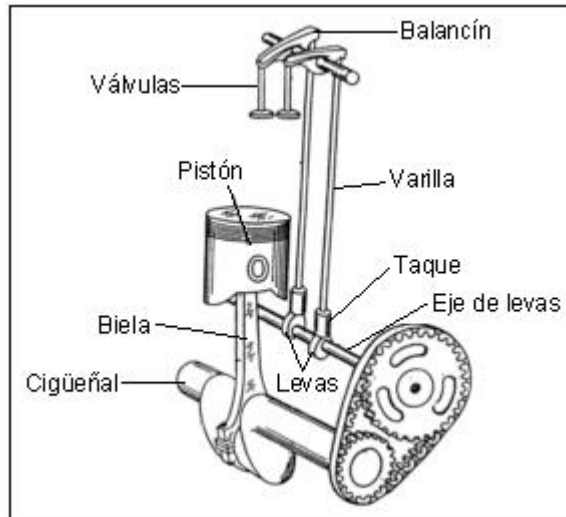
Fuente: <http://cl.kalipedia.com/>

El elemento que le transmite movimiento al eje de levas es el cigüeñal. Esto es debido a que el cigüeñal posee un *sprocket* o engrane en un extremo al igual que el eje de levas. Por lo tanto, el cigüeñal le transmite la potencia al eje de levas mediante cadenas o engranajes.

Es muy importante señalar que la relación de transmisión entre cigüeñal y eje de levas es de 1:2, esto quiere decir que el eje de levas da una vuelta por cada dos que da el cigüeñal.

El eje de levas puede estar colocado en el bloque. Con este tipo de disposición el mecanismo esta formado por el taqué, la varilla empujadora y un balancín. En la figura 11 se puede observar la disposición del mecanismo cuando el eje de levas esta colocado en el bloque.

Figura 11. Componentes eje de levas en el bloque



Fuente: Oberts, Edward. Motores de automóvil, página 41

Cuando el eje de levas está colocado a la cabeza del cilindro, la leva tiene contacto directo con el balancín, evitando el taqué y la varilla³. Es muy importante mencionar que esta es la disposición actual de la mayoría de los motores de combustión interna debido a que hay una mayor eficiencia en la transferencia de potencia.

Figura 12. Eje de levas a la cabeza



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rbol_de_levas

NOTA: Debido a la nueva disposición del eje de levas a la cabeza, los motores que tienen cuatro válvulas por cilindro suelen también utilizar dos ejes de levas, uno para las válvulas de admisión y otro para las de escape como se puede ver en la figura 12.

1.1.6 Cárter

El cárter es la parte inferior del motor en donde se encuentra todo el aceite lubricante necesario para evitar el desgaste entre las piezas del motor. Éste va unido al bloque motor en la parte de abajo con varios tornillos.

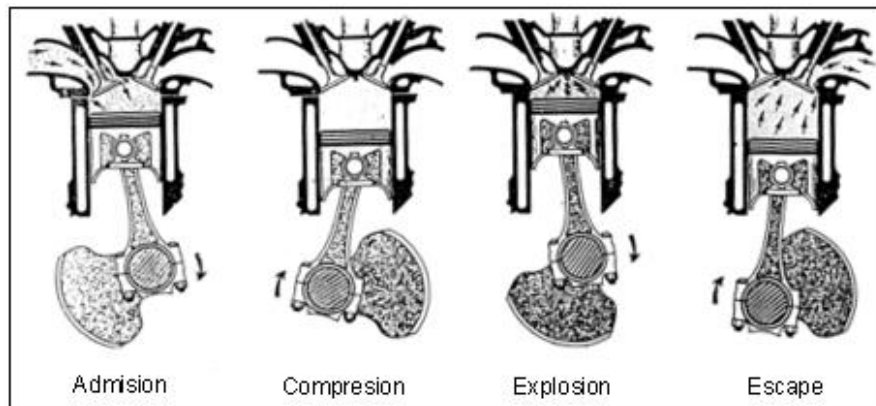
Es muy importante mencionar que el motor posee una serie de ductos internos por donde circula el aceite que evita la fricción entre piezas. Cada una de las partes internas del motor que esta en movimiento necesita estar siendo lubricada constantemente para que el motor no se dañe.

1.2 Funcionamiento del motor

Los fenómenos que tienen lugar en el cilindro se realizan en cuatro tiempos o carreras. La palabra carrera se refiere al movimiento del pistón de arriba-abajo o viceversa. Se dice que se ha realizado una carrera cuando el pistón ha ido de una a otra de las posiciones extremas que puede alcanzar en el cilindro. El límite superior se denomina punto muerto superior (PMS) y el inferior punto muerto inferior (PMI). Por lo tanto, una carrera es cuando el pistón va del PMS al PMI o viceversa.

Cuando los motores necesitan cuatro carreras (o sea, dos vueltas del cigüeñal) para completar un ciclo completo se denominan motores de cuatro tiempos. Las cuatro carreras del pistón se conocen como admisión, compresión, explosión y escape (figura 13)

Figura 13. Tiempos del motor



Fuente: Oberts, Edward. Motores de automóvil, página 42

NOTA: También existen motores de dos tiempos, es decir, que solo necesitan de dos carreras para completar un ciclo. Esto quiere decir que por cada vuelta del cigüeñal se completa un ciclo.

1.2.1 Admisión

Durante la carrera de admisión la válvula del mismo nombre esta abierta dejando fluir aire dentro del cilindro. En este momento el pistón se dirige del PMS al PMI. El aire ingresa al cilindro a causa de la presión atmosférica y no por aspiración del pistón. Cuando el pistón llega al PMI se cierra la válvula.

1.2.2 Compresión

En la carrera de compresión el cilindro se dirige del PMI al PMS comprimiendo el aire contenido dentro del cilindro ya que las dos válvulas se encuentran cerradas.

1.2.3 Explosión

Cuando el pistón se encuentra en el PMS se inyecta cierta cantidad de diesel vaporizado, que al entrar en contacto con el aire comprimido, a alta temperatura, explosiona mandando el pistón hacia el PMI. La carrera de explosión se conoce también como carrera o tiempo de potencia porque es la carrera que le proporciona el giro al cigüeñal.

1.2.4 Escape

Por último, en la carrera de escape se abre la válvula del mismo nombre y el pistón se dirige del PMI al PMS expulsando todos los gases producto de la combustión. Al final de la carrera de escape se cierra dicha válvula y se abre la de admisión para comenzar de nuevo el ciclo⁴.

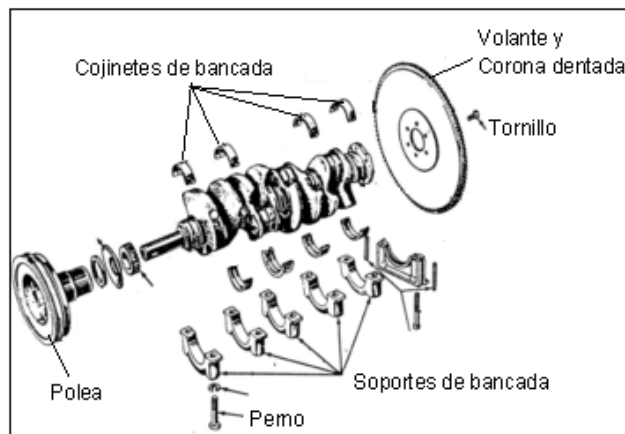
NOTA: En la explicación de los cuatro tiempos se considero que las válvulas abren y cierran en los puntos extremos del cilindro, así como la inyección del diesel. Esto se hizo para facilitar la explicación ya que en la realidad las válvulas abren y cierran momentos antes de los puntos extremos del cilindro. De la misma manera la inyección de diesel se da momentos antes de que el pistón llegue al PMS.

1.3 Volante

El volante es una rueda de acero que se utiliza para que el motor gire de manera uniforme. Este ayuda a que el motor no pierda velocidad, o mejor dicho mantenga su inercia durante los ciclos del motor que no son de potencia. Una forma muy simple de analizar el volante es diciendo que almacena energía durante los ciclos de potencia y la consume en los restantes. El volante va unido mediante una tuerca a un extremo del cigüeñal.

Durante la descripción del motor y su funcionamiento se tomo en cuenta únicamente un cilindro, pero es importante saber que existen motores multicilíndricos. Hay motores de dos, cuatro, seis, ocho, diez y doce cilindros armados en distintas configuraciones para darle una mayor potencia al motor.

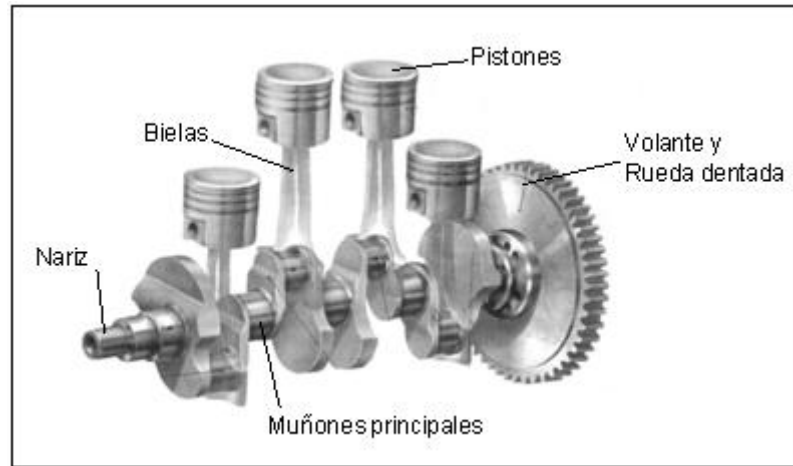
Figura 14. Volante de motor



Fuente: Oberts, Edward. Motores de automóvil, página 44

La figura 14 muestra un cigüeñal con sus piezas de armado desglosadas, y el volante que se le une en uno de sus extremos. Y la figura inferior (15) muestra un cigüeñal completamente armado, esto es, con sus pistones y volante, para un bloque motor de cuatro cilindros.

Figura 15. Cigüeñal armado



Fuente: Norton, Robert L. Diseño de maquinaria, página 599

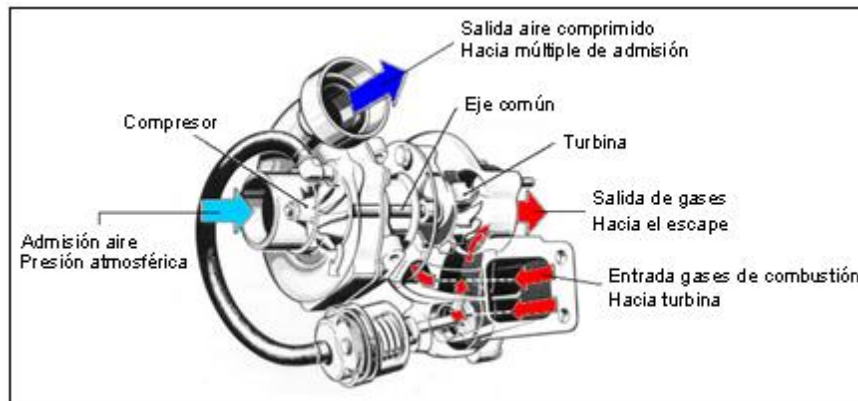
1.4 Motores turboalimentados

Cuando se requiere aumentar la potencia de los motores se puede recurrir a la instalación de un turbo. El turbo es un equipo que se instala en el motor de manera que aumente el flujo de aire que ingresa a los cilindros utilizando la energía contenida en los gases de escape. Es por esta razón que mejora la eficiencia del motor al utilizar energía que de otra manera se perdería.

El nombre correcto es turbocompresor, ya que está formado por dos secciones: una turbina y un compresor. Ambas secciones están conectadas por un eje común, en el cual en un extremo se encuentra el compresor y en el otro la turbina.

El turbocompresor es accionado por los gases de escape, los cuales hacen girar la turbina a grandes velocidades. Al girar la turbina también lo hace el compresor. El compresor es el encargado de comprimir el aire de admisión e introducirlo a los cilindros. Al estar el aire comprimido cabe una mayor cantidad del mismo dentro de los cilindros⁵. En la figura 16 se muestran las secciones de un turbocompresor.

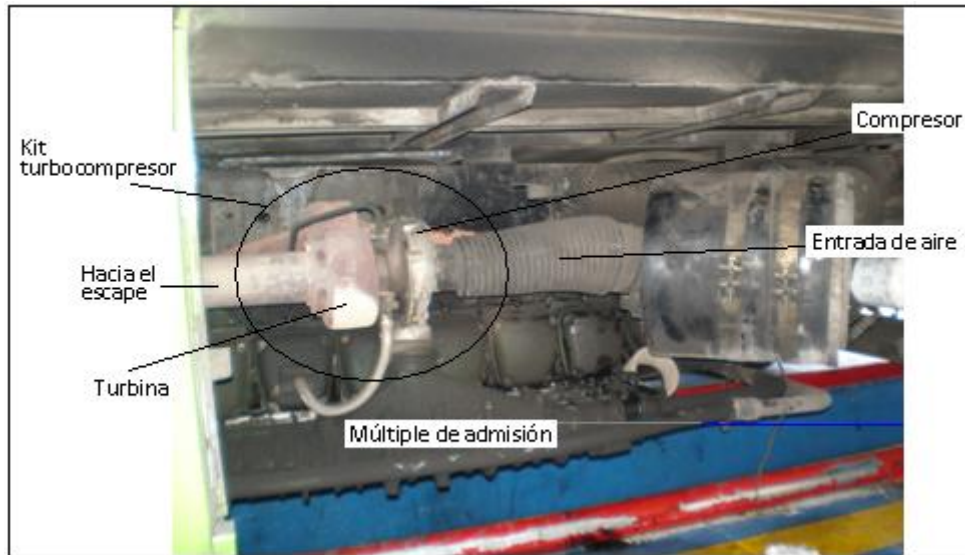
Figura 16. Secciones de turbocompresor



Fuente: <http://www.chihuasroad.com/autos/pagtdi.htm>

Generalmente el turbocompresor se instala en la parte posterior del motor, o de tal manera que quede cercano a ambos múltiplos, de escape y admisión (ver figura 17). Como se puede apreciar los gases de escape accionan el turbocompresor, dándole giro a la turbina, antes de ser expulsados al ambiente.

Figura 17. Disposición del turbocompresor



1.5 Filtros

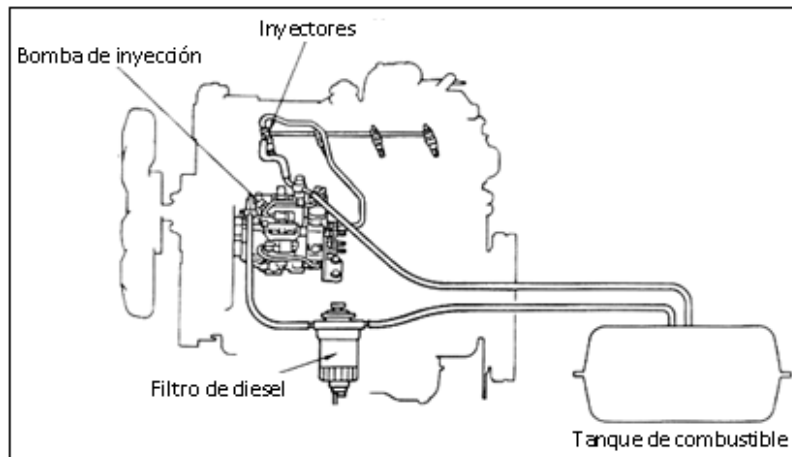
Los filtros en los motores de combustión interna son necesarios porque eliminan sustancias contaminantes que pueden llegar a causar daños en el motor o provocar un mal funcionamiento. Entre los filtros del motor se encuentra el de diesel, de aceite y de aire.

1.5.1 Filtro diesel

Los motores diesel contienen una bomba de inyección, que es la encargada de suministrar el diesel en el momento indicado. La bomba de inyección manda el diesel a los inyectores, que son los encargados de inyectar el diesel vaporizado dentro del cilindro. En la actualidad las bombas de inyección son controladas electrónicamente desde la computadora central.

El filtro diesel está ubicado en el conducto que conduce el combustible desde el tanque de combustible hasta la bomba de inyección. Este filtro tiene un sentido de instalación. Cuando el filtro no esta funcionando correctamente puede dejar pasar partículas de suciedad que pueden afectar el funcionamiento de la bomba de inyección o los propios inyectores. En la siguiente figura se muestran la disposición de los filtros.

Figura 18. Filtros de diesel



Fuente: <http://debates.coches.net/showthread.php?t=57611>

1.5.2 Filtro de aceite

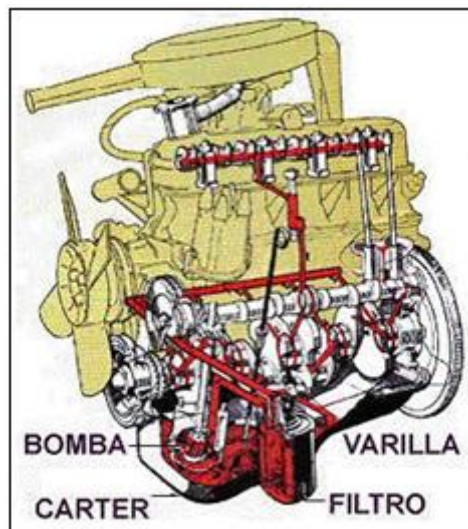
El aceite dentro de motor juega un papel muy importante. Este disminuye la fricción y desgaste entre las piezas internas del motor. Como ya se mencionó anteriormente, el aceite esta circulando constantemente dentro del motor por una serie de conductos disminuyendo el roce entre piezas, así como evitando el calentamiento del motor.

El filtro mantiene el aceite limpio y libre de sustancias, para que éste pueda realizar su función correctamente.

Aunque el aceite disminuye el roce entre piezas, no la evita por completo. Por esta razón, el lubricante se va llenando de pequeñas partículas, las cuales provienen del roce, todavía existente, entre las piezas. Debido a la circulación del aceite por el motor todas las partículas se depositan en el filtro. Por esta razón es muy importante cambiar filtro cuando se realiza cambio de aceite.

Para que el aceite circule por el motor es necesario una bomba de aceite, la cual se encuentra dentro del cárter del motor. En la figura 19 se puede observar la ubicación del filtro de aceite y la bomba.

Figura 19. Ubicación filtro y bomba de aceite



Fuente: www.menpal.cl/tsa.htm

1.5.3 Filtro de aire

El motor de combustión interna funciona con aire del ambiente por lo que es necesario que antes de que entre al motor esté lo más limpio posible para evitar daños internos durante el funcionamiento del mismo.

El filtro de aire es el encargado de evitar que las partículas de suciedad que se encuentran en el aire ingresen al motor. Si se deja pasar aire contaminado al motor se pueden llegar a dañar las válvulas, los anillos, pistones o cilindros. El filtro puede ser rectangular o circular y está ubicado en la entrada de aire al motor antes del múltiple de admisión. Se puede observar en la siguiente figura.

Figura 20. Filtro de aire



1.6 Fricción, desgaste y lubricación de motores

La fricción es una fuerza que actúa cuando dos superficies tienen movimiento relativo y están en contacto. Esta fuerza se opone al movimiento y ocasiona pérdidas en la transmisión de energía. De igual manera, al estar dos superficies en contacto se produce pérdida de material de las superficies, esta pérdida se conoce con el nombre de desgaste.

Existen varias definiciones de desgaste, las cuales dependen de la naturaleza física del proceso, pero para efectos del desarrollo de este trabajo es suficiente saber que el desgaste es la pérdida de material, debido al roce entre dos superficies. Dicho esto se puede concluir que el desgaste y la fricción van de la mano.

Como ya se analizó anteriormente, en el motor de combustión interna existe un roce constante entre piezas que ocasiona pérdida de potencia, y además desgasta las piezas del motor. La lubricación es la técnica utilizada para reducir la fricción y desgaste entre piezas.

En un motor de combustión interna se utiliza como agente lubricante el aceite. Este es el encargado de reducir la fricción y desgaste en el cigüeñal, los anillos de pistón, el eje de levas y todas las piezas que se encuentran en contacto dentro del motor. El aceite lubricante está circulando constantemente dentro del motor para mantener lubricadas todas las superficies; esta circulación también hace posible que la temperatura del motor se mantenga dentro del nivel de operación.

1.7 Materiales de construcción del motor

Como ya se señaló anteriormente, el motor está compuesto por distintas partes que al operar conjuntamente le dan vida al mismo. Ahora, cada una de las partes del motor está construida de un material específico que lo ayuda a cumplir su función.

El bloque motor está construido de hierro fundido. Este material resiste las grandes presiones y temperaturas que se alcanzan durante el funcionamiento del mismo.

Muchos motores poseen camisas de cilindros, éstas están colocadas dentro del cilindro y están construidas de hierro fundido.

La culata está construida de fundición de aluminio o fundición de hierro igualmente, y la junta de culata, o empaque de culata, es una placa de acero.

Los pistones están hechos de una aleación de aluminio, hierro, níquel, manganeso, cobre y magnesio para resistir las altas temperaturas y presiones de la cámara de combustión. Los anillos que ayudan a hermetizar la cámara de combustión están hechos de hierro fundido revestidos de cromo o molibdeno.

Una de las partes del motor que debe de resistir grandes esfuerzos es el cigüeñal, por esta razón se construyen de acero al carbono, aceros especiales como cromo-níquel o cromo-molibdeno-vanadio tratados térmicamente. Juntamente con el cigüeñal, las bielas están expuestas a grandes esfuerzos por lo que se construyen de aceros híper-aleados como acero forjado, acero al cromo-molibdeno o acero al cromo-manganeso. Además, el eje del pistón está construido de acero al cromo-molibdeno o acero al cromo-manganeso.

Una de las partes del motor que esta sometido a grandes esfuerzos y temperaturas de operación es el eje de levas. Por lo mismo, éste está construido de hierro aleado o acero aleado. Este material le permite evitar el excesivo desgaste y deformación.

Los cojinetes que se encuentran entre las partes movibles del motor son construidos de aleaciones de plomo y cobre con recubrimiento de babbit. Esto es debido a que son antifricción y el recubrimiento sirve para prevenir el desgaste y la corrosión.

Todas las partes del motor son construidas bajo procesos de fabricación muy rigurosos, sometidos a una serie de tratamientos térmicos estandarizados por varias normas internacionales que dictan las características que deben cumplir dichos materiales⁶.

1.7 Análisis de aceite

El análisis de aceite es una técnica que se utiliza para verificar el estado interno de un motor. Con este propósito, el aceite es sometido a varias pruebas que ayudan a detectar posibles fallas o problemas en el funcionamiento del motor de combustión interna.

Algunas de las posibles fallas o problemas que se pueden detectar mediante un análisis de aceite son los siguientes:

- Presencia de partículas abrasivas en el aceite
- Aceite contaminado con agua o combustible
- Presencia de oxígeno en el aceite
- Desgaste de piezas
- Agotamiento de aditivos

La siguiente tabla muestra algunas pruebas realizadas en el análisis de aceite, su objetivo y el resultado esperado.

Tabla I. Pruebas en análisis de aceite

Prueba	Objetivo	Resultado
Viscosidad	Salud de lubricante	Estable
Punto de inflamación	Contaminación	Estable
Análisis espectrográfico	Degradación de aditivos Contaminación Desgaste de metales	Decremento suave Negativo Negativo - tendencia suave
Análisis infrarrojo	Degradación de aditivos Contaminación	Decremento suave Negativo
Conteo de partículas	Contaminación y/o Desgaste	Estable en la meta establecida
Análisis de humedad	Contaminación	Negativo
Partículas ferrosas	Contaminación	Estable o decremento
Ferrografía analítica	Localización del tipo de desgaste presente	Identificación del tipo de desgaste, precedencia y causa
Resistencia a la oxidación	Salud de lubricante	Estable

NOTA: El análisis de aceite se puede utilizar en cualquier máquina que utilice aceite como lubricante.

Para interpretar los resultados de un análisis de aceite se deben de tener en cuenta los siguientes aspectos. Primero, en los análisis de aceite vienen representaciones gráficas de los niveles de partículas aceptables dentro del aceite, aquí se pueden observar los valores máximos de las distintas partículas que puede contener el aceite. Estas partículas provienen del roce de las piezas internas en el motor.

Segundo, en el análisis espectrográfico se lee la cantidad de partículas que contiene el aceite, esto es en ppm (partes por millón). A la par de estos valores aparece la designación normal, precaución o crítico, dependiendo de la cantidad de cada partícula. De esta manera se pueden tomar acciones correctivas en el motor.

Tercero, en las propiedades físicas se pueden observar aspectos como la apariencia, la viscosidad, la crepitación de agua, el TBN, etc.

Por último, los elementos aditivos del aceite indican que tan capaz es el aceite para realizar sus labores de antioxidante, detergente, anticorrosivo, dispersante, etc.

Debido a los aspectos anteriormente mencionados, es muy importante realizar análisis de aceite, ya que estos muestran como está trabajando el equipo y cómo se encuentran sus piezas internas.

1.8 Aditivo mejorador de rendimiento (ferox)

La mayor parte de la industria del mundo utiliza combustibles fósiles para llevar a cabo sus tareas. Ferox es un aditivo que se le añade al combustible para mejorar el rendimiento, de la máquina, como consecuencia de una mejor quema del combustible. En otras palabras, es un aditivo que mejora la combustión y la acerca más a su punto de perfección⁷.

1.8.1 Antecedentes

La producción y venta de catalizadores de combustibles multifuncionales empezó en 1986 por *Ferox*. Estos aditivos eran diseñados para su uso en motores de combustión interna y externa. Todos estos productos se desarrollaron debido a la necesidad de aumentar la velocidad de quema de combustibles sólidos en la propulsión de cohetes en la industria aeroespacial. Después de varios estudios y experimentos realizados en los distintos catalizadores creados en la *Parish Chemical Company*, se lanzaron al mercado aditivos para el uso comercial. En 2007 *FEROX Inc.* estableció una nueva rama de mercadeo conocida como *Ferox Internacional*, manejada por miembros creada para mercadear sus productos a través de una red de negocios basados en distribuidores regionales.

1.8.2 Descripción

Los catalizadores *ferox* influyen como modificadores de la temperatura de combustión y removedor de los depósitos de carbón. *Ferox* se puede utilizar en cualquier tipo de gasolina, en diesel y bunker.

Al utilizar ferox en un motor de combustión interna se obtienen los siguientes beneficios:

- Los depósitos de carbón acumulados en el cilindro del pistón y válvulas se limpian.
- La combustión más completa inhibe la formación de nuevos depósitos de carbón.
- Se ahorra combustible, lo cual se incrementa cuando han desaparecido los depósitos de carbón, debido a la mejor combustión. El ahorro se da debido a que existe una menor pérdida de energía en forma de calor por lo que la energía de la combustión se aprovecha más en forma de potencia.
- Los gases expelidos por el motor contienen menores contaminantes. Esto se debe en parte a que ya no existen partículas de carbón en la cámara de combustión, y porque la quema de combustible es más completa.
- La vida útil del aceite se extiende como consecuencia de la formación de partículas contaminantes más pequeñas y menos abrasivas, así como la disminución de las mismas.
- La fricción y desgaste son reducidos considerablemente como consecuencia de la disminución de partículas abrasivas. Esto ayuda, principalmente, a reducir el desgaste de pistones, anillos y cilindros.
- Por último, debido a los factores mencionados anteriormente se extiende la vida útil del motor.

Los beneficios de ferox comienzan inmediatamente, pero en ciertas ocasiones, que dependen del funcionamiento, mantenimiento y edad del motor, es necesario que transcurran 600 horas o 6,000 kilómetros.

El aditivo ferox tiene los mismos efectos en un motor nuevo como en uno usado, pero la diferencia está en la apreciación visual de cada uno de sus beneficios.

Si se utiliza ferox en un motor nuevo no se podrá apreciar la limpieza de los cilindros y distintas partes dentro de la cámara de combustión como en un motor sucio y kilometrado, pero debido a la mejor combustión no se formarán los depósitos de carbón, por lo que el motor no se degradará prematuramente y los cambios de aceite serán menores.

Como consecuencia del avance tecnológico todos los carros en la actualidad están equipados con una computadora central que controla todas las partes electrónicas del automóvil. La computadora es la encargada de controlar la inyección del diesel dentro de la cámara de combustión, por lo que al haber dentro de la misma una mezcla distinta con cierto contenido de ferox es necesario que la computadora re programe los tiempos de inyección.

La computadora re programa automáticamente los nuevos tiempos de inyección al detectar una nueva mezcla pero pueden tardar cierto tiempo, razón por la cual los beneficios tardan en ser apreciados. Para obtener los beneficios de forma más inmediata se puede hacer lo siguiente: llenar el tanque con su dosis específica de ferox y utilizar el carro normalmente; al finalizar el día desconectar la terminal negativa de la batería y esperar que el motor haya enfriado para conectarla de nuevo; una vez el motor frío, conectar la terminal y encender el automóvil dejándolo un minuto en ralentí (esto es sin acelerarlo). Este proceso ayuda a que la computadora reconozca la nueva mezcla y re programe los tiempos de inyección rápidamente.

Los beneficios más importantes de ferox son la disminución de los residuos tóxicos del proceso de combustión y el ahorro de combustible. Con el uso del aditivo las emisiones tóxicas pueden disminuir de un 5 a 90%, y el ahorro de combustible puede llegar a ser de 5 a 20%.

Cuando se quiere utilizar ferox es necesario conocer la cantidad de aditivo que se debe de agregar por galón de combustible. En la siguiente tabla se muestran las diferentes dosificaciones.

Tabla II. Dosificaciones

	Presentación	
	Pastillas	Líquido
Dosificación	1 pastillas de 10 - 15 Gal	12 mililitros de 12 - 16 Gal

La presentación en pastillas se puede encontrar en blíster de 2, 4 y 10 pastillas. El blíster de 2 pastillas dosifica de 20 a 30 galones y representa un ahorro de 2 a 3 galones; el de 4 pastillas, dosifica 60 y ahorra 6; y el de 10 pastillas, dosifica 150 y ahorra 15. Y la presentación en envases son de 2 y 8 onzas y 1 galón. El envase de 2 onzas dosifica 80 galones y representa un ahorro de 10 galones; el de 8 onzas, dosifica 350 y ahorra 40; y el de 1 galón dosifica 5,000 galones y ahorra 400.

1.8.3 Modo de operación

Cuando ferox se mezcla con el combustible modifica las moléculas del mismo logrando la combustión a temperaturas más bajas. Esto beneficia la operación del motor, ya que este no alcanza la misma temperatura en toda la cámara de combustión.

Cuando se analiza un motor de combustión interna se puede observar que la curva de temperatura dentro de la cámara de combustión va de los 200°C a los 1200°C; y los combustibles necesitan una temperatura mayor a los 600°C para lograr una combustión óptima. Los compuestos del combustible que son expuestos entre el rango de temperatura de 200-600°C no se queman en su totalidad, lo cual contribuye a la formación de la película de carbón alrededor del cilindro. Posteriormente estas partículas de carbón provocan un desgaste prematuro en los anillos del pistón ocasionando dos problemas; primero, existen partículas de carbón que contaminan el aceite que lubrica los anillos, y por la circulación del aceite dentro del motor todas estas partículas provocan desgaste en otras partes del motor; segundo, pequeñas partículas de aceite se cuelean en la cámara de combustión generando mayor contaminación expelida al ambiente. Además, las partículas de carbón provocan desgaste en las válvulas disminuyendo su eficiencia.

El aditivo ferox permite una combustión más completa al lograr la quema del combustible hasta temperaturas de 200°C. Esto también ayuda a eliminar partículas de carbón y evitar nuevas formaciones de depósitos. Con una mejor combustión se consigue que haya menores emisiones tóxicas al ambiente, un menor consumo de combustible, un mayor rendimiento del motor y cambios de aceite y filtros de aceite con menor regularidad.

2. ANÁLISIS DE RIESGOS

Durante el estudio de los motores de los buses de transmetro se deben considerar todos los aspectos que pueden ocasionar daños al personal o afectar los resultados finales. Debido a que el estudio es la aplicación de un aditivo en el combustible es necesario evaluar los riesgos que conlleva el mismo, así como maneras de evitarlos. En el desarrollo se van a necesitar ciertos procedimientos para la realización de determinadas tareas, así como ciertas normas para obtener resultados reales y no dañar las partes del motor que son objeto de análisis.

2.1 Identificación de riesgos y análisis de consecuencias

Durante la realización del proyecto es muy importante analizar todos los aspectos que pueden afectar el desarrollo del mismo, por lo que es muy importante identificar lo que puede salir mal y sus consecuencias.

Como primer punto se debe tomar en cuenta que el manejo de un aditivo aplicado a combustibles puede ocasionar algunos problemas debido a su composición química. A continuación se detalla una lista de posibles repercusiones, en el personal, por el mal uso del aditivo:

- Irritación de la piel
- Incendios o explosiones
- Daños en la vista
- Problemas de respiración
- Mareo
- Muerte

En el párrafo anterior se mencionan los daños al personal por el mal uso del aditivo, pero de igual manera, si el aditivo se usa en dosis incorrectas se pueden ver afectados los resultados, así como componentes del motor involucrados en el proceso.

Riesgos que se corren al utilizar dosis incorrectas del aditivo:

- Alteración de los resultados
- Daños de los filtros diesel y aceite
- Daños de los inyectores
- Mala combustión
- Desgaste de piezas del motor

Para obtener los datos requeridos, durante la realización del estudio es necesario realizar operaciones en el motor que pueden llegar a ocasionar:

- Daño de la tapadera de válvulas
- Daño de la culata
- Daño de empaques
- Alteración de las muestras de aceite por suciedad
- Deposición de suciedad en el aceite del motor
- Daño en los anillos del pistón

2.2 Medidas a tomar

Para poder evitar todos los riesgos que conlleva la realización del proyecto es necesario establecer ciertas normas o procedimientos que se deben seguir o cumplir. Estas son las medidas a tomar para disminuir los sucesos no deseados.

Para que la persona encargada de añadir el aditivo en el combustible no sufra daños es necesario seguir las siguientes recomendaciones:

- No cargar el aditivo en la bolsa del pantalón
- No fumar o provocar chispa cuando se añade el aditivo al combustible
- Eliminar la estática de la ropa
- Lavarse las manos después de manipular el aditivo
- No tocarse los ojos antes de lavarse las manos
- No oler el aditivo muy de cerca, ni por un largo periodo de tiempo
- Por ninguna razón se debe consumir el aditivo

Durante la realización del estudio es necesario estar tomando muestras de aceite para realizar los respectivos análisis, por lo que es muy importante tomar en cuenta los siguientes pasos:

- 1) Seleccionar un bote de plástico limpio
- 2) Enroscarlo en el extractor de aceite
- 3) Colocar la manguera del extractor en la aceitera
- 4) Extraer la cantidad adecuada de aceite
- 5) Remover la manguera de la aceitera
- 6) Desenroscar el bote del extractor
- 7) Tapar el bote plástico con su tapadera
- 8) Etiquetar correctamente la muestra de aceite

Cuando se estén tomando las muestras de aceite es muy importante no contaminar la muestra con sustancias externas y ni con suciedad del ambiente para no alterar los resultados.

Para llevar un registro de la efectividad del aditivo aplicado al combustible se tendrá que levantar culata cuando se tomen las muestras de aceite, por lo que se tienen que tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Utilizar la herramienta adecuada
- No dañar la tapadera de válvulas
- No golpear la culata una vez removida
- No contaminar el aceite del motor
- Sustituir el empaque de culata al remover la misma
- Lubricar los tornillos cuando se arme de nuevo

Como último aspecto se debe tener en cuenta la medida exacta de aditivo a añadir al combustible para no afectar los resultados del estudio. La cantidad de aditivo que se añade esta en función de la cantidad de galones diesel, por esta razón se tienen que tener en cuenta los siguientes puntos:

- Añadir 12 ml de aditivo por cada 15 galones
- Añadir el aditivo antes del combustible

3. FASE TÉCNICO – PROSEFIONAL

Durante el desarrollo de este capítulo se pueden apreciar los análisis de los motores de ambos buses y cada uno de los aspectos que se van a evaluar. Esta fase comprende el estudio de los motores, los resultados del mismo, y la comparación de ambos resultados, así como, finalmente, un costo – beneficio comprobando el ahorro que significa, o no, el uso del aditivo ferox.

3.1 Análisis del motor de combustión interna sin el uso del aditivo ferox

En esta sección se describe y analiza el comportamiento, estado y rendimiento del motor cuando se utiliza solamente diesel para la operación del mismo; se presenta el análisis de las partes involucradas y distintos aspectos que se ven afectados en el motor de combustión interna.

3.1.1. Características y detalles del motor a utilizar

El motor pertenece al bus No. 48 del sistema de transporte “transmetro”; es un bus con caja automática de cinco velocidades con tracción en el eje de en medio y eje trasero libre; cuenta con una transmisión ZF modelo HP500. El eje trasero es un RA EV 80 versión 4X2. El bus está diseñado para transportar 160 pasajeros, pero debido a la demanda transportan hasta 220 y 230 pasajeros.

El bus posee un motor turboalimentado, por lo que cuenta con dos radiadores; uno para enfriar el agua del motor y el segundo es el inter-enfriador que sirve para enfriar el aire que sale del turbo e ingresa a los cilindros. Para la limpieza del diesel y aceite utiliza cuatro filtros, dos para cada propósito.

Los filtros de aceite están colocados en serie y son de flujo total y de derivación; los de diesel están colocados en paralelo y son tipo desechable y roscado a soporte. Debido a que el flujo de aceite en el filtro de derivación es muy lento es necesario utilizar una de flujo total.

Este motor utiliza 38 litros de aceite SAE 15W40, el cual se cambia cada 5,000 kilómetros. En la siguiente tabla se encuentran los datos técnicos del motor y del turbocompresor.

Tabla III. Especificaciones de motor bus #48

Especificaciones del motor	
Tipo	THD 102 KF
Potencia	250 Hp a 2200 rpm
Torque máximo	1060 Nm a 1250 rpm
Cilindros	6 en línea
Diámetro cilindro	0.12065 m
Carrera cilindro	0.140 m
Cilindrada	0.0096 m ³
Relación de compresión	16:1
Presión de compresión	2549.73 KPa a 220 rpm
Orden de inyección	1 - 5 - 3 - 6 - 2 - 4
Turbocompresor	
Tipo	Holset H2D
Máxima velocidad	81000 – 108000 rpm
Máxima presión	130 KPa a 2200 rpm

El estudio con el bus #48 se empezó a realizar el 12 de abril de 2009 y éste contaba ya con 79,108.3 kilómetros recorridos.

3.1.2. Rendimiento del motor

Para determinar el rendimiento del bus se tomó nota de la cantidad de kilómetros que recorría diariamente y cual era su consumo de combustible. Se tomaron rangos de tres (3) semanas para obtener un dato real del rendimiento, esto quiere decir que cada tres (3) semanas se sacaba el promedio de kilómetros recorridos por galón. La primer muestra de rendimiento se baso únicamente en dos semanas de monitoreo, ya que este tiempo fue considerado justo para obtener un rendimiento real del bus #48.

A continuación se muestran los kilómetros recorridos y galones consumidos durante las primeras 2 semanas.

Tabla IV. Primer rendimiento bus #48

BUS #48					
TABLA DE RENDIMIENTO #1					
FECHA	KILOMETRAJE INICIAL	KILOMETRAJE FINAL	KILOMETROS RECORIDOS	GALONES CONSUMIDOS	RENDIMIENTO
13-Apr-2009	79108.3	79393.7	285.4	41	6.96
14-Apr-2009	79393.7	79677.3	283.6	44	6.44
15-Apr-2009	79677.3	79963.8	286.5	48	5.97
16-Apr-2009	79963.8	80226.7	262.9	41	6.41
17-Apr-2009	80226.7	80511.1	284.4	35	8.12
18-Apr-2009	80511.1	80795.5	284.4	41	6.94
19-Apr-2009	80795.5	81031	235.5	24	9.81
20-Apr-2009	81031	81266	235	47	5.00
21-Apr-2009	81266	81528	262	32	8.18
22-Apr-2009	81528	81812	284	40	7.10
23-Apr-2009	81812	82003	191	25	7.64
24-Apr-2009	82003	82228	225	40	5.62
25-Apr-2009	82228	82573	345	55	6.27
26-Apr-2009	82573	82823	250	53	4.72

Para calcular el rendimiento promedio del bus durante las primeras dos (2) semanas se utiliza la siguiente fórmula:

$$\bullet R_{\text{PROM}} = \frac{\sum R}{\# R}$$

Al utilizar esta fórmula matemática se obtiene que el rendimiento promedio es igual a:

- $R_{\text{PROM}} = \frac{95.20 \text{ Km/Gal}}{14}$
- $R_{\text{PROM}} = 6.80 \text{ Km/Gal}$

Esto indica que el bus rinde 6.80 kilómetros por galón. Ahora, continuamos midiendo el consumo de combustible durante otras tres (3) semanas para comprobar si este valor se mantiene.

Con el consumo de combustible del bus #48 se quiere establecer un aproximado del rendimiento de los buses, y llevar una comparación con el bus #43, el cual es el objeto de estudio.

Tabla V. Segundo rendimiento bus #48

BUS #48					
TABLA DE RENDIMIENTO #2					
FECHA	KILOMETRAJE INICIAL	KILOMETRAJE FINAL	KILOMETROS RECORIDOS	GALONES CONSUMIDOS	RENDIMIENTO
4-May-2009	84446.8	84699.1	252.3	38	6.64
5-May-2009	84699.1	84951.4	252.3	34	7.42
6-May-2009	84951.4	85203.8	252.4	35	7.21
7-May-2009	85203.8	85442	238.2	34	7.00
8-May-2009	85442	85742	300	34	8.82
9-May-2009	85742	86013	271	33	8.21

10-May-2009	86013	86250.2	237.2	35	6.77
11-May-2009	86250.2	86512.5	262.3	48	5.46
12-May-2009	86512.5	86796.8	284.3	42	6.77
13-May-2009	86796.8	87058.1	261.3	36	7.26
14-May-2009	87058.1	87394.4	336.3	42	8.01
15-May-2009	87394.4	87675.5	281.1	40	7.03
16-May-2009	87675.5	87925.8	250.3	38	6.59
17-May-2009	87925.8	88175.8	250	42	5.95
18-May-2009	88175.8	88450.7	274.9	45	6.11
19-May-2009	88450.7	88635.6	184.9	22	8.40
20-May-2009	88635.6	88873.3	237.7	42	5.65
21-May-2009	88873.3	89157.6	284.3	39	7.29
22-May-2009	89157.6	89410.9	253.3	39	6.49
23-May-2009	89410.9	89695.3	284.4	40	7.11
24-May-2009	89695.3	89971.7	276.4	36	7.68

De la misma manera, se calcula el rendimiento promedio:

- $R_{\text{PROM}} = \frac{147.90 \text{ Km/Gal}}{21}$
- $R_{\text{PROM}} = 7.04 \text{ Km/Gal}$

Se puede apreciar que el rendimiento del bus se ha mantenido dentro de un rango aceptable. Se continua sacando el promedio de las siguientes tres (3) semanas.

Tabla VI. Tercer rendimiento bus #48

BUS #48					
TABLA DE RENDIMIENTO #3					
FECHA	KILOMETRAJE INICIAL	KILOMETRAJE FINAL	KILOMETROS RECORIDOS	GALONES CONSUMIDOS	RENDIMIENTO
25-May-2009	89971.7	90232.7	261	36	7.25
26-May-2009	90232.7	90459	226.3	42	5.39
27-May-2009	90375	90495	120	25	4.8
28-May-2009	90495	90545	50	40	1.25

29-May-2009	90545	91252	707	41	17.24
30-May-2009	91252	91536.6	284.6	44	6.46
31-May-2009	91536.6	91731.3	194.7	21	9.27
1-Jun-2009	91731.3	91917.9	186.6	25	7.46
2-Jun-2009	91917.9	92200	282.1	46	6.13
3-Jun-2009	92200	92509.5	309.5	43	7.19
4-Jun-2009	92509.5	92789	279.5	39	7.17
5-Jun-2009	92789	93031.3	242.3	40	6.06
6-Jun-2009	93031.3	93316.5	285.2	40	7.13
7-Jun-2009	93316.5	93554.5	238	43	5.53
8-Jun-2009	93554.5	93806.5	252	46	5.48
9-Jun-2009	93806.5	94077.5	271	48	5.64
10-Jun-2009	94077.5	94315.5	238	43	5.53
11-Jun-2009	94315.5	94610.2	294.7	46	6.41
12-Jun-2009	94610.2	94906.9	296.7	48	6.18
13-Jun-2009	94906.9	95201.6	294.7	46	6.41
14-Jun-2009	95201.6	95469.3	267.7	46	5.82

El consumo de combustible promedio es el siguiente:

- $R_{PROM} = \frac{139.83}{21} \text{ Km/Gal}$

21

- $R_{PROM} = 6.66 \text{ Km/Gal}$

Hasta el momento el consumo de combustible del bus #48 se mantiene, la pequeña variación de rendimiento se debe a la forma de conducir y a la cantidad de personas que transporte diariamente el bus. El peso de las personas afecta en gran manera el rendimiento del autobús, ya que mientras mayor sea el peso mayor es el esfuerzo realizado por el motor.

Tabla VII. Cuarto rendimiento bus #48

BUS #48					
TABLA DE RENDIMIENTO #4					
FECHA	KILOMETRAJE INICIAL	KILOMETRAJE FINAL	KILOMETROS RECORIDOS	GALONES CONSUMIDOS	RENDIMIENTO
15-Jun-2009	95496.3	95789	292.7	50	5.85
16-Jun-2009	95789	96092.3	303.3	36	8.42
17-Jun-2009	96092.3	96401.3	309	48	6.44
18-Jun-2009	96401.3	96568.2	166.9	25	6.68
19-Jun-2009	96568.2	96774.2	206	28	7.36
20-Jun-2009	96774.2	96949.2	175	23	7.61
21-Jun-2009	96949.2	97135.2	186	30	6.20
22-Jun-2009	97135.2	97345.2	210	32	6.56
23-Jun-2009	97345.2	97575.2	230	36	6.39
24-Jun-2009	97575.2	97831	255.8	40	6.39
25-Jun-2009	97831	98163	332	42	7.90
26-Jun-2009	98163	98448	285	44	6.48
27-Jun-2009	98448	98730	282	42	6.71
28-Jun-2009	98730	99093.4	363.4	43	8.45
29-Jun-2009	99093.4	99354.3	260.9	35	7.45
30-Jun-2009	99354.3	99591.5	237.2	40	5.93
1-Jul-2009	99591.5	99877.6	286.1	37	7.73

El consumo de combustible promedio es el siguiente:

- $R_{PROM} = \underline{118.56}$ Km/Gal

17

- $R_{PROM} = 6.97$ Km/Gal

Tabla VIII. Quinto rendimiento bus #48

BUS #48					
TABLA DE RENDIMIENTO #5					
FECHA	KILOMETRAJE INICIAL	KILOMETRAJE FINAL	KILOMETROS RECORIDOS	GALONES CONSUMIDOS	RENDIMIENTO
2-Jul-2009	99877.6	100127.6	250	38	6.58
3-Jul-2009	100127.6	100379.8	252.2	36	7.00
4-Jul-2009	100379.8	100619.8	240	35	6.86

5-Jul-2009	100619.8	100892	272.2	45	6.05
6-Jul-2009	100892	101384	492	40	12.30
7-Jul-2009	101384	101676.2	292.2	40	7.30
8-Jul-2009	101676.2	101914.5	238.3	35	6.81
9-Jul-2009	101914.5	102200.4	285.9	39	7.33
10-Jul-2009	102200.4	102341.4	141	30	4.70
11-Jul-2009	102341.4	102646.5	305.1	39	7.82
12-Jul-2009	102646.5	102877.9	231.4	47	4.92
13-Jul-2009	102877.9	103285.8	407.9	39	10.46
14-Jul-2009	103285.8	103516.8	231	40	5.78
15-Jul-2009	103516.8	103747.8	231	37	6.24
16-Jul-2009	103747.8	103978.8	231	40	5.77
17-Jul-2009	103978.8	104209.8	231	39	5.92
18-Jul-2009	104209.8	104440.8	231	41	5.63
19-Jul-2009	104440.8	104671.8	231	39	5.92
20-Jul-2009	104671.8	104902.8	231	38	6.08
21-Jul-2009	104902.8	105133.8	231	40	5.78
22-Jul-2009	105133.8	105597.2	463.4	40	11.58
23-Jul-2009	105597.2	105958.7	361.5	44	8.22
24-Jul-2009	105958.7	106267.5	308.8	45	6.86
25-Jul-2009	106267.5	106575.8	308.3	38	8.11

Para determinar el rendimiento promedio se utiliza la fórmula descrita anteriormente, por lo mismo el rendimiento es:

- $R_{PROM} = \frac{170.04 \text{ Km/Gal}}{24}$
- $R_{PROM} = 7.08 \text{ Km/Gal}$

Ya con cada uno de los rendimientos se puede proceder a calcular el rendimiento general de los 97 días de prueba. Para este propósito se utiliza la siguiente fórmula:

- $R_{GEN} = \frac{\sum R_{PROM}}{\# R}$

Al meter datos en la fórmula anterior se obtiene el siguiente resultado:

- $R_{GEN} = \frac{34.56}{5} \text{ Km/Gal}$
- $R_{GEN} = 6.91 \text{ Km/Gal}$

Con este resultado se concluye que el bus #48 promedio 6.91 Km/Gal durante los 97 días de estudio, teniendo poca variación durante cada intervalo de cálculo.

3.1.3 Resultados de los análisis de aceite

El aceite del bus #48 se analizó cuando se le realizaba servicio, por lo que a continuación se pueden apreciar los resultados del análisis correspondientes al primer servicio.

Se van apreciar los resultados de análisis de aceite correspondientes únicamente a dos kilometrajes, esto es debido a que este bus únicamente se está tomando como referencia y no es el enfoque del estudio.

El primer análisis de aceite se realizó 8,000 kilómetros después de comenzado el estudio debido a que el bus acababa de pasar por servicio.

Figura 21. Primer Análisis de aceite bus #48

Información Cliente		ULTIMO ANALISIS	
CLIENTE: TECUN, S.A. DIVISION: CHEVRON GUATEMAL INC. EQUIPO: BUS 48 B58 VOLVO COMPONENTE: MOTOR PROGRAMA: MOTOR			
Información Muestra			
No DE CONTROL FECHA MUESTREO FECHA RECIBIDA HORAS MAQUINA HORAS SERVICIO: FECHA REPORTE PRODUCTO:		1130 05/04/09 05/06/09 87524.2 Km N/A 05/26/09	TD 15W40
Propiedades Físicas			
APARIENCIA, Visual: VISCOSIDAD @ 100C, cSt SETA FLASH @190C TBN, mg KOH/g AGUA CREPITACION AGUA POR KARL FISCHER%		OSCURA 10.96 > 190 7.03 NEG N/A	
Análisis Espectrografico			
HIERRO (Fe) PPM PLOMO (Pb) PPM COBRE (Cu) PPM CROMO (Cr) PPM ALUMINIO (Al) PPM SILICE (Si) PPM ESTAÑO (Sn) PPM NICKEL (Ni) PPM PLATA (Ag) PPM VANADIO (V) PPM		56.2 3.5 5.3 3.6 5.4 7.0 0.0 2.1 0.0 1.8	NORMAL NORMAL NORMAL NORMAL NORMAL NORMAL NORMAL NORMAL NORMAL
ELEMENTOS ADITIVOS ASTM			
CALCIO (Ca) PPM ZINC (Zn) PPM FOSFORO (P) PPM		3020 1423 1171	
COMENTARIOS:		V3	
Comentarios			
Ultimo(s) Comentario(s):	Atención debe prestarse a la disminución de Viscosidad		
Comentario(s) AD-HOC:			

TENDENCIA

✓ NORMAL
⚠ PRECAUCION
⚡ CRITICO

Viscosidad a 40 C

ESTAÑO PPM

TBN ASTM D 2896

ALUMINIO PPM

HIERRO PPM

NICKEL PPM

CROMO PPM

SILICE PPM

PLOMO PPM

VANADIO PPM

COBRE PPM

PLATA PPM

Fuente: Programa de monitoreo, Chevron

Como se puede observar en la figura anterior todos los niveles de partículas presentes en el aceite están dentro de lo aceptable. De la misma manera las propiedades físicas del aceite como sus elementos aditivos están correctos, por esta razón se puede concluir que el motor está funcionando correctamente sin desgaste excesivo de sus partes.

El único aspecto que hay que tomar en cuenta es la disminución de viscosidad del aceite. Esto se puede deber a la temperatura de operación del motor, por lo que es necesario un chequeo en el siguiente servicio.

Las graficas (dentro de la figura) muestran los niveles aceptables dentro de los cuales se deben encontrar las cantidades de partículas, y debido a que el análisis espectrográfico muestra que el contenido de partículas metálicas en el aceite es adecuado se designa como 'normal'.

En caso de haber una anomalía en los resultados, en el espacio de 'observaciones' o 'comentarios' se detalla el problema, además en la última columna en lugar de aparecer 'normal' aparece la designación 'precaución' o 'crítico', dependiendo del desgaste o gravedad.

Figura 22. Segundo análisis de aceite bus #48

Información Cliente		ULTIMO ANALISIS	
CLIENTE: TECUN, S.A. DIVISION: CHEVRON GUATEMAL INC. EQUIPO: AUTOBUS ARTICULADO COMPONENTE: UNIDAD - 48 PROGRAMA: MOTOR			
Información Muestra			
No DE CONTROL FECHA MUESTREO FECHA RECIBIDA HORAS MAQUINA HORAS SERVICIO: FECHA REPORTE PRODUCTO:		1097 07/09/09 07/31/09 N/A N/A 08/07/09	15W40
Propiedades Físicas			
APARIENCIA, Visual: VISCOSIDAD @ 100C, cSt SETA FLASH @190C TBN, mg KOH/g AGUA, CREPITACION AGUA POR KARL FISCHER%		OSCURA 10.77 >190 5.35 NEG N/A	
Análisis Espectrografico			
HIERRO (Fe) PPM PLOMO (Pb) PPM COBRE (Cu) PPM CROMO (Cr) PPM ALUMINIO (Al) PPM SILICE (Si) PPM ESTAÑO (Sn) PPM NICKEL (Ni) PPM PLATA (Ag) PPM VANADIO (V) PPM		118.0 10.6 12.7 5.4 9.3 11.3 0.0 3.8 0.0 1.0	CRITICO NORMAL NORMAL NORMAL NORMAL NORMAL NORMAL NORMAL NORMAL
ELEMENTOS ADITIVOS ASTM			
CALCIO (Ca) PPM ZINC (Zn) PPM FOSFORO (P) PPM		3147 1317 1138	
COMENTARIOS:		M11 V3	
Comentarios			
Ultimo(s) Comentario(s):	Excesivo contenido de Hierro, realizar chequeo mecánico Atención debe prestarse a la disminución de Viscosidad		
Comentario(s) AD-HOC:			

TENDENCIA

✓ NORMAL
⚠ PRECAUCION
🔥 CRITICO

Viscosidad a 40 C

ESTAÑO PPM

TBN ASTM D 2896

ALUMINIO PPM

HIERRO PPM

NICKEL PPM

CROMO PPM

SILICE PPM

PLOMO PPM

VANADIO PPM

COBRE PPM

PLATA PPM

Fuente: Programa de monitoreo, Chevron

En este segundo análisis se puede apreciar como el contenido de hierro en el aceite ha aumentado drásticamente. De igual manera se puede observar que el contenido de las otras partículas es mayor, aunque siempre dentro de lo normal, por lo que no es considerado como 'precaución' o 'crítico', con excepción del contenido de hierro.

3.1.4 Evaluación de filtros diesel, aceite y aire

Al observar los filtros del bus #48 se puede determinar que tanto el aceite como diesel están bajo un régimen de funcionamiento normal. Los filtros no presentan grandes partículas depositadas en su interior, y los panales de los filtros de aceite se encuentran libres de partículas.

Los filtros diesel están libres de suciedad, esto significa que el combustible no estaba siendo contaminado con ninguna partícula externa.

A continuación se puede apreciar una foto del filtro de aceite que se acaba de remover inmediatamente después de haberle realizado servicio al autobús. En esta figura se puede observar el buen estado del filtro.

Figura 23. Filtro de aceite bus #48



En esta figura se puede observar que el material filtrante que compone el filtro no está rajado ni quebrado en ninguna parte. Cuando el aceite que circula dentro del motor transporta partículas abrasivas, el material filtrante del filtro se daña, y dependiendo del tamaño de las partículas, el daño puede variar de parcial a severo. Cuando este es el caso, en el filtro se pueden observar pequeñas fisuras o cortes causados por dichas partículas.

Abajo se observa una foto que muestra los dos (2) filtros que utiliza el bus #48, los cuales se encuentran sin ningún problema.

Figura 24. Filtros de aceite bus #48



El filtro de aire es muy importante en los motores de combustión interna, ya que este impide la entrada de las partículas contaminantes que se encuentran en el aire atmosférico. Dentro del análisis de aceite están contempladas las partículas de sílice, mientras menor sea el contenido de las mismas, mejor es el estado del filtro. A continuación se puede apreciar el filtro de aire del bus.

Figura 25. Filtro de aire bus #48



Como se puede apreciar en la figura el filtro se encuentra un poco sucio, lo cual se refleja en el contenido de partículas de sílice correspondientes al primer análisis de aceite.

3.1.5 Evaluación del desgaste de sus partes

En los resultados del análisis de aceite a los 87,524.2 kilómetros se puede observar que el desgaste de las piezas del motor esta dentro del rango normal, por lo que no debe realizarse ninguna acción correctiva, esto quiere decir que el motor esta operando dentro de su régimen de funcionamiento regular.

Si hubieran problemas de desgaste dentro del aceite se encontrarían partículas de hierro, plomo, cobre, aluminio, etc. correspondientes a los materiales de los anillos, válvulas, cojinetes, etc., y distintas partes internas el motor.

Las partes del motor sometidas a desgaste, como anillos, pistones, válvulas, cojinetes, eje de levas, cigüeñal, etc., se están desgastando normalmente, por lo que el contenido de partículas dentro del aceite es aceptable o bueno.

En el segundo análisis de aceite, correspondiente a los 102341 kilómetros, se puede observar como el contenido de hierro se eleva excesivamente. Esto puede ser por muchas razones; primero, el motor se esta forzando demasiado; segundo, el filtro de aire esta dejando pasar muchas partículas contaminantes que ensucian el aceite; y tercero, el filtro de aceite no esta realizando limpieza de aceite.

3.2 Análisis del motor de combustión interna con el uso del aditivo ferox

Durante la realización del proyecto es muy importante efectuar los estudios correspondientes para demostrar la efectividad, negatividad o neutralidad del uso de aditivos aplicados al combustible, por esta razón en el siguiente capítulo se aprecian los estudios realizados en el motor, así como los resultados obtenidos al utilizar el aditivo ferox.

3.2.1 Características y detalles del motor a utilizar

El motor pertenece al bus No. 43 del sistema de transporte “transmetro”; es un bus con caja automática de cinco velocidades con tracción en el eje de en medio y eje trasero libre; cuenta con una transmisión ZF modelo HP500. El eje trasero es un RA EV 80 versión 4X2. El bus esta diseñado para transportar 160 pasajeros, pero debido a la demanda transportan hasta 220 y 230 pasajeros.

El bus posee un motor turboalimentado, por lo que cuenta con dos radiadores; uno para enfriar el agua del motor y el segundo es el inter-enfriador que sirve para enfriar el aire que sale del turbo e ingresa a los cilindros. Para la limpieza del diesel y aceite utiliza cuatro filtros, dos para cada propósito.

Los filtros de aceite están colocados en serie y son de flujo total y de derivación; los de gasolina están colocados en paralelo y son tipo desechable y roscado a soporte. Debido a que el flujo de aceite en el filtro de derivación es muy lento es necesario utilizar una de flujo total.

Este motor utiliza 38 litros de aceite SAE 15W40, el cual se cambia cada 5,000 kilómetros. En la siguiente tabla se encuentran los datos técnicos del motor y del turbocompresor.

Tabla IX. Especificaciones de motor bus #43

Especificaciones del motor	
Tipo	THD 102 KF
Potencia	250 Hp a 2200 rpm
Torque máximo	1060 Nm a 1250 rpm
Cilindros	6 en línea
Diámetro cilindro	0.12065 m
Carrera cilindro	0.140 m
Cilindrada	0.0096 m ³
Relación de compresión	16:1
Presión de compresión	2549.73 KPa a 220 rpm
Orden de inyección	1 - 5 - 3 - 6 - 2 - 4
Turbocompresor	
Tipo	Holset H2D
Máxima velocidad	81000 – 108000 rpm
Máxima presión	130 KPa a 2200 rpm

El estudio con el bus #43 se empezó a realizar el 12 de abril de 2009 y éste contaba ya con 95,619.4 kilómetros recorridos.

3.2.2 Rendimiento del motor

Debido a que este bus se escogió para realizar el estudio, es muy importante conocer el rendimiento inicial del mismo sin utilizar el aditivo aplicado al combustible. Por lo mismo se procedió a sacar un rendimiento promedio durante las primeras dos (2) semanas de operación.

Esto se hace para comprobar si el uso del aditivo tiene algún efecto en el rendimiento del bus, ya sea positivo, negativo o neutral.

Tabla X. Primer rendimiento bus #43

BUS #43					
TABLA DE RENDIMIENTO #1					
FECHA	KILOMETRAJE INICIAL	KILOMETRAJE FINAL	KILOMETROS RECORRIDOS	GALONES CONSUMIDOS	RENDIMIENTO
13-Abr-09	95619.4	95870.7	251.3	43	5.844
14-Abr-09	95870.7	96120.9	250.2	43	5.82
15-Abr-09	96120.9	96370.5	249.6	43	5.80
16-Abr-09	96370.5	96665.2	294.7	46	6.41
17-Abr-09	96665.2	96960.9	295.7	45	6.57
18-Abr-09	96960.9	97258.6	297.7	40	7.44
19-Abr-09	97258.6	97529.6	271	42	6.45
20-Abr-09	97529.6	97800	270.4	46	5.88
21-Abr-09	97800	98073	273	45	6.07
22-Abr-09	98073	98367	294	46	6.39
23-Abr-09	98367	98685	318	48	6.62
24-Abr-09	98685	98935	250	45	5.56
25-Abr-09	98935	99229	294	50	5.88
26-Abr-09	99229	99479	250	48	5.21

Para determinar el rendimiento del bus #43 se utilizó la siguiente fórmula:

- $R_{\text{PROM}} = \frac{\sum R}{\# R}$

Al meter los datos de la tabla anterior el rendimiento que queda de la siguiente manera:

- $R_{\text{PROM}} = \frac{85.94}{14} \text{ Km/Gal}$
- $R_{\text{PROM}} = 6.14 \text{ Km/Gal}$

Después de haber establecido el rendimiento del bus #43 sin el uso del aditivo ferox, se procede a evaluar el consumo de combustible con el uso del aditivo. A continuación se muestra el rendimiento del bus durante las primeras tres (3) semanas aplicándole el aditivo al combustible.

Tabla XI. Segundo rendimiento del bus #43

BUS #43					
TABLA DE RENDIMIENTO #2					
FECHA	KILOMETRAJE INICIAL	KILOMETRAJE FINAL	KILOMETROS RECORIDOS	GALONES CONSUMIDOS	RENDIMIENTO
4-May-2009	101254	101456	202	37	5.46
5-May-2009	101456	101731	275	30	9.17
6-May-2009	101731	101981.8	250.8	46	5.45
7-May-2009	101981.8	102164	182.2	42	4.34
8-May-2009	102164	102439	275	30	9.17
9-May-2009	102439	102673	234	41	5.71
10-May-2009	102673	102923.9	250.9	35	7.17
11-May-2009	102923.9	103151.4	227.5	43	5.29
12-May-2009	103151.4	103425.5	274.1	35	7.83
13-May-2009	103425.5	103675.3	249.8	45	5.55
14-May-2009	103675.3	103926	250.7	39	6.42
15-May-2009	103926	104154	228	41	5.56
16-May-2009	104154	104427	273	40	6.82
17-May-2009	104427	104743	316	44	7.18
18-May-2009	104743	104810	67	14	4.78
19-May-2009	104810	105060	250	42	5.95
20-May-2009	105060	105356	296	39	7.59
21-May-2009	105356	105628.6	272.6	46	5.93

22-May-2009	105628.6	105922.5	293.9	44	6.68
23-May-2009	105922.5	106173.2	250.7	47	5.33
24-May-2009	106173.2	106363.8	190.6	37	5.15

Para obtener el consumo de combustible por kilómetro se utiliza la misma fórmula:

- $R_{PROM} = \frac{132.55}{21} \text{ Km/Gal}$
- $R_{PROM} = 6.31 \text{ Km/Gal}$

Con este promedio de consumo se puede observar que el rendimiento promedio ha mejorado en un pequeño porcentaje. Para saber cual fue la mejora porcentual en el rendimiento se utiliza la siguiente fórmula:

- $\%VAR = \frac{6.31}{6.14} \times 100 = 102.82$

Esto significa que el rendimiento del combustible mejoró un 2.82%. Por lo mismo se procede a realizar una tercera recopilación de datos.

Para obtener el porcentaje de variación se debe de multiplicar por 100 el rendimiento a evaluar y dividir dentro del rendimiento anterior, o sea con el que se quiere comparar.

Tabla XII. Tercer rendimiento del bus #43

BUS #43					
TABLA DE RENDIMIENTO #3					
FECHA	KILOMETRAJE INICIAL	KILOMETRAJE FINAL	KILOMETROS RECORIDOS	GALONES CONSUMIDOS	RENDIMIENTO
25-May-2009	106363.8	106614.3	250.5	41	6.11
26-May-2009	106614.3	106886	271.7	42	6.47
27-May-2009	106886	107171	285	41	6.95
28-May-2009	107171	107410	239	43	5.56
29-May-2009	107410	107689	279	45	6.20
30-May-2009	107689	107956.3	267.3	38	7.03
31-May-2009	107956.3	108137.5	181.2	28	6.47
1-Jun-2009	108137.5	108388.1	250.6	44	5.69
2-Jun-2009	108388.1	108638	249.9	39	6.41
3-Jun-2009	108638	108934.5	296.5	46	6.44
4-Jun-2009	108934.5	109206.6	272.1	43	6.33
5-Jun-2009	109206.6	109456.3	249.7	41	6.09
6-Jun-2009	109456.3	109723.1	266.8	45	5.93
7-Jun-2009	109723.1	109925.1	202	40	5.05
8-Jun-2009	109925.1	110175.1	250	45	5.56
9-Jun-2009	110175.1	110409.5	234.4	43	5.45
10-Jun-2009	110409.5	110681.5	272	48	5.67
11-Jun-2009	110681.5	110977.5	296	49	6.04
12-Jun-2009	110977.5	111273	295.5	49	6.03
13-Jun-2009	111273	111569	296	48	6.17
14-Jun-2009	111569	111865	296	46	6.43

Seguidamente se obtiene el rendimiento promedio:

- $R_{PROM} = \underline{128.08}$ Km/Gal

21

- $R_{PROM} = 6.09$ Km/Gal

Este resultado contradice el resultado anterior debido a que ahora el rendimiento ha empeorado en un 3.36%, respecto al rendimiento anterior. Este valor se obtuvo utilizando la fórmula de porcentaje de variación. El resultado obliga a seguir recopilando datos para obtener un valor consistente en el rendimiento. A continuación se muestra la tabla con los resultados de la siguientes dos (2) semanas de prueba.

Tabla XIII. Cuarto rendimiento del bus #43

BUS #43					
TABLA DE RENDIMIENTO #4					
FECHA	KILOMETRAJE INICIAL	KILOMETRAJE FINAL	KILOMETROS RECORIDOS	GALONES CONSUMIDOS	RENDIMIENTO
15-Jun-2009	111865	112162.9	297.9	46	6.48
16-Jun-2009	112162.9	112414	251.1	39	6.44
17-Jun-2009	112414	112641.5	227.5	40	5.69
18-Jun-2009	112641.5	112849.9	208.4	34	6.13
19-Jun-2009	112849.9	112969	119.1	28	4.25
20-Jun-2009	112969	113069	100	28	3.57
21-Jun-2009	113069	113229	160	32	5.00
22-Jun-2009	113229	113375	146	30	4.87
23-Jun-2009	113375	113626	251	36	6.97
24-Jun-2009	113626	113877	251	46	5.46
25-Jun-2009	113877	114142	265	41	6.46
26-Jun-2009	114142	114393	251	37	6.78
27-Jun-2009	114393	114684	291	46	6.33
28-Jun-2009	114684	114945	261	42	6.21
29-Jun-2009	114945	115128.1	183.1	29	6.31
30-Jun-2009	115128.1	115385.4	257.3	51	5.04
1-Jul-2009	115385.4	115617.8	232.4	41	5.66

Se procede a calcular el rendimiento promedio de lo datos anteriores:

- $R_{PROM} = \underline{97.67}$ Km/Gal

17

- $R_{PROM} = 5.74$ Km/Gal

Con este resultado se puede empezar a concluir que el aditivo no mejora el rendimiento del bus, ya que este ha empeorado en un 5.81%, respecto al anterior, y en total ha disminuido en un 6.86%.

Para poder dar una conclusión apropiada es necesario analizar otro grupo de datos.

Tabla XIV. Quinto rendimiento del bus #43

BUS #43					
TABLA DE RENDIMIENTO #5					
FECHA	KILOMETRAJE INICIAL	KILOMETRAJE FINAL	KILOMETROS RECORIDOS	GALONES CONSUMIDOS	RENDIMIENTO
2-Jul-2009	115617.8	115817.8	200	36	5.56
3-Jul-2009	115817.8	116050.2	232.4	41	5.67
4-Jul-2009	116050.2	116275.2	225	39	5.77
5-Jul-2009	116275.2	116505.2	230	42	5.48
6-Jul-2009	116505.2	116703	197.8	46	4.30
7-Jul-2009	116703	116974.5	271.5	45	6.03
8-Jul-2009	116974.5	117202.9	228.4	38	6.01
9-Jul-2009	117202.9	117351.5	148.6	18	8.26
10-Jul-2009	117351.5	117640.5	289	42	6.88
11-Jul-2009	117640.5	117830.7	190.2	30	6.34
12-Jul-2009	117830.7	118058.7	228	36	6.33
13-Jul-2009	118058.7	118308.9	250.2	40	6.26
14-Jul-2009	118308.9	118516.6	207.7	37	5.61
15-Jul-2009	118516.6	118723.3	206.7	39	5.30
16-Jul-2009	118723.3	118930.5	207.2	41	5.05
17-Jul-2009	118930.5	119137.7	207.2	38	5.45
18-Jul-2009	119137.7	119344.9	207.2	40	5.18
19-Jul-2009	119344.9	119552.1	207.2	39	5.31
20-Jul-2009	119552.1	119759.3	207.2	42	4.93
21-Jul-2009	119759.3	119966.5	207.2	40	5.18
22-Jul-2009	119966.5	120381.2	414.7	40	10.37
23-Jul-2009	120381.2	120609.1	227.9	42	5.43
24-Jul-2009	120609.1	120838.2	229.1	34	6.74
25-Jul-2009	120838.2	121043.7	205.5	32	6.42

Se obtiene el rendimiento promedio de la misma manera:

- $R_{\text{PROM}} = \frac{143.86 \text{ Km/Gal}}{24}$
- $R_{\text{PROM}} = 5.99 \text{ Km/Gal}$

Seguidamente se procede a calcular el porcentaje de variación respecto al rendimiento anterior. Por lo mismo se obtiene:

- $\% \text{VAR} = \frac{5.99}{5.74} \times 100 = 104.33$

Este resultado indica que el bus a incrementado su rendimiento en un 4.33% con respecto al rendimiento anterior.

Teniendo ya todos los rendimientos se puede proceder a calcular el rendimiento general del bus #43 durante los 97 días de estudio. Se calcula de la siguiente manera:

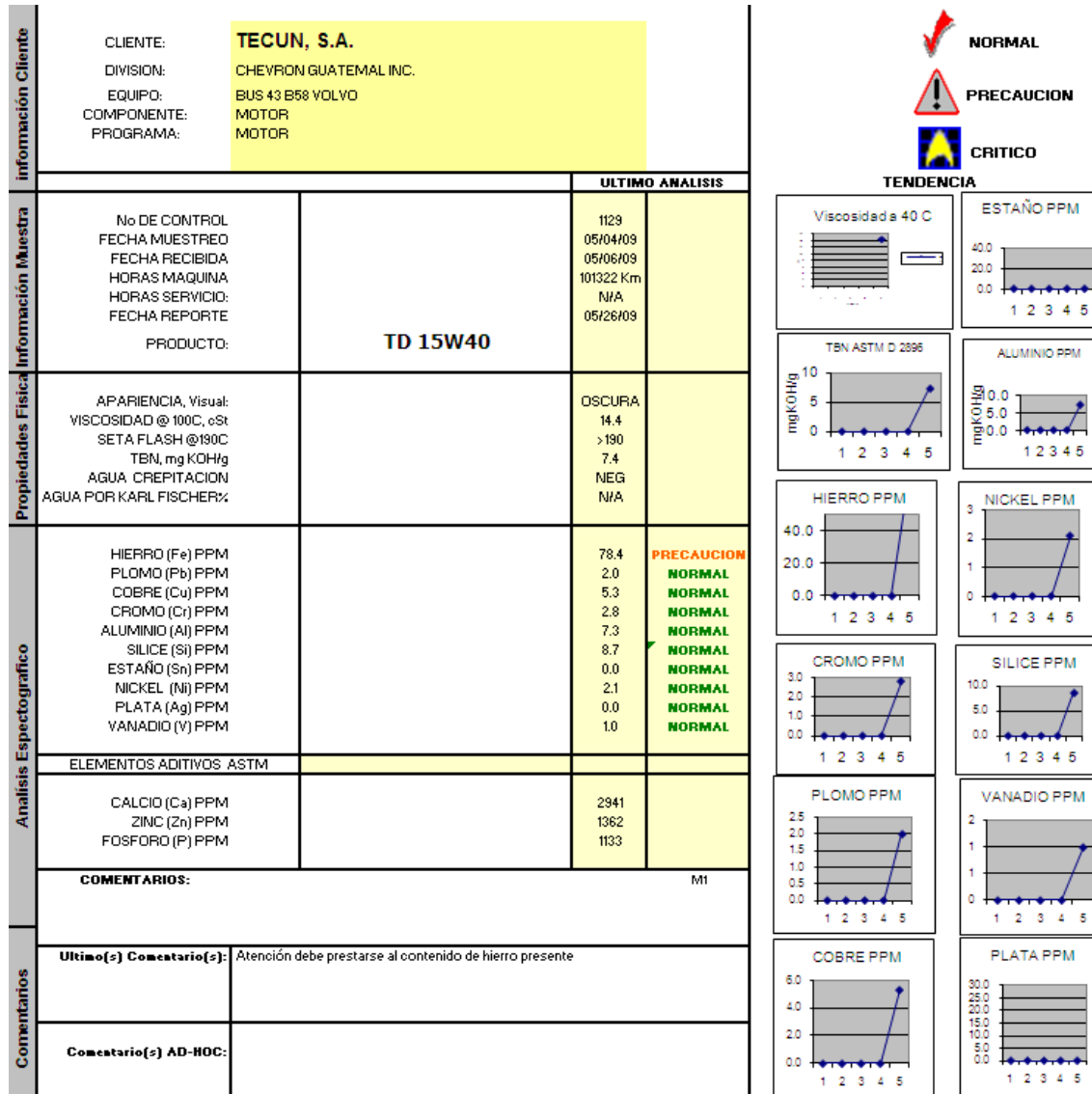
- $R_{\text{GEN}} = \frac{\sum R}{\# R}$
- $R_{\text{GEN}} = \frac{30.29 \text{ Km/Gal}}{5}$
- $R_{\text{GEN}} = 6.06 \text{ Km/Gal}$

Esto indica que el rendimiento promedio del bus #43 fue de 6.06 Km/Gal, por tal razón se puede empezar a concluir que el aditivo no mejora el rendimiento del motor, únicamente limpia la culata, además, no favorece la economía del conductor.

3.2.3 Resultados del análisis de aceite

El uso del aditivo ferox, aplicado al combustible, debe de mejorar las condiciones de operación del motor (esto según el fabricante), por lo que a continuación se muestran los análisis de aceite correspondientes a los servicios del bus #43. Cuando se realizó el primer servicio el bus contaba con 101,322 kilómetros recorridos. A continuación se muestran los resultados correspondientes.

Figura 26. Primer análisis de aceite bus #43



Fuente: Programa de monitoreo, Chevron

Al observar los resultados de este análisis se puede apreciar que se encuentran demasiadas partículas de hierro en el aceite, por lo que esta señalado con letras rojas la palabra “precaución”. Esto significa que los anillos del pistón, el propio eje cigüeñal, eje de levas o cilindros del motor se están desgastando excesivamente.

Figura 27. Segundo análisis de aceite bus #43

Información Cliente		ULTIMO ANALISIS	
CLIENTE: TECUN, S.A. DIVISION: CHEVRON GUATEMAL INC. EQUIPO: BUS 43 - UO/JO B58 COMPONENTE: CONTROL PROGRAMA: MOTOR			
Información Muestra			
No DE CONTROL FECHA MUESTREO FECHA RECIBIDA HORAS MAQUINA HORAS SERVICIO: FECHA REPORTE PRODUCTO: 15W40		1116 N/A 06/09/09 104744.1Km N/A 06/10/09	
Propiedades Fisica			
APARIENCIA, Visual: VISCOSIDAD @ 100C, cSt SETA FLASH @190C TBN, mg KOH/g AGUA CREPITACION AGUA POR KARL FISCHER%		OSCURA 13.85 >190 7.96 NEG N/A	
Analisis Espectrografico			
HIERRO (Fe) PPM PLOMO (Pb) PPM COBRE (Cu) PPM CROMO (Cr) PPM ALUMINIO (Al) PPM SILICE (Si) PPM ESTAÑO (Sn) PPM NICKEL (Ni) PPM PLATA (Ag) PPM VANADIO (V) PPM		127.0 2.9 8.3 4.1 11.0 13.4 0.0 4.0 0.0 1.7	
ELEMENTOS ADITIVOS ASTM			
CALCIO (Ca) PPM ZINC (Zn) PPM FOSFORO (P) PPM		3091 1532 1315	
COMENTARIOS:		M11	
Comentarios			
Ultimo(s) Comentario(s):	Excesivo contenido de Hierro, realizar chequeo mecánico		
Comentario(s) AD-HOC:			

TENDENCIA

Viscosidad a 40 C

ESTAÑO PPM

TBN ASTM D 2896

ALUMINIO PPM

HIERRO PPM

NICKEL PPM

CROMO PPM

SILICE PPM

PLOMO PPM

VANADIO PPM

COBRE PPM

PLATA PPM

Fuente: Programa de monitoreo, Chevron

Este análisis de aceite muestra que el contenido de hierro en el aceite es crítico, por lo mismo está señalado con la palabra en rojo “crítico”. Con estos resultados es necesario ponerle atención al motor ya que ciertas partes están sufriendo serio desgaste, lo cual provoca que el motor se dañe seriamente.

De igual manera que en el análisis de aceite anterior, las mismas piezas mencionadas pueden estar desgastándose ó, puede ser que no se haya limpiado bien la superficie del motor y todavía se encuentran partículas del desgaste anterior dentro del motor, por lo que el aceite las está acarreado produciendo un mayor desgaste.

Figura 28. Tercer análisis de aceite bus #43

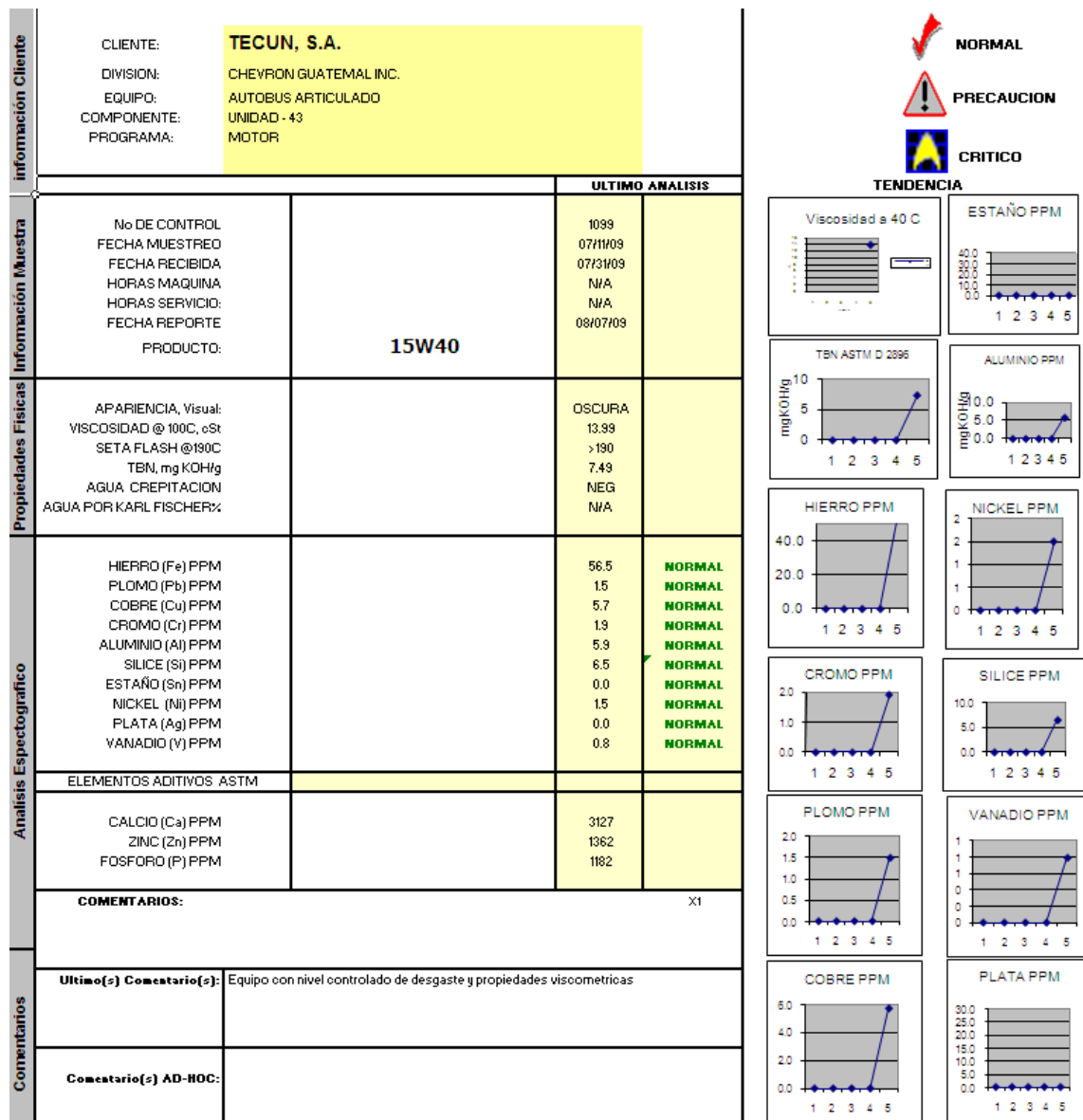
Información Cliente		ULTIMO ANALISIS	
CLIENTE: TECUN, S.A. DIVISION: CHEVRON GUATEMAL INC. EQUIPO: VOLVO CENTRA 13-58 COMPONENTE: UNIDAD - 43 PROGRAMA: MOTOR			
Información Muestra			
No DE CONTROL FECHA MUESTREO FECHA RECIBIDA HORAS MAQUINA HORAS SERVICIO: FECHA REPORTE PRODUCTO: 15W40		1096 06/18/09 07/31/09 N/A N/A 08/07/09	
Propiedades Físicas			
APARIENCIA, Visual: VISCOSIDAD @ 100C, cSt SETA FLASH @190C TBN, mg KOH/g AGUA CREPITACION AGUA POR KARL FISCHER%		OSCURA 14.47 >190 8.66 NEG N/A	
Análisis Espectrografico			
HIERRO (Fe) PPM PLOMO (Pb) PPM COBRE (Cu) PPM CROMO (Cr) PPM ALUMINIO (Al) PPM SILICE (Si) PPM ESTAÑO (Sn) PPM NICKEL (Ni) PPM PLATA (Ag) PPM VANADIO (V) PPM		26.7 0.5 2.1 0.8 2.9 3.5 0.0 0.3 0.0 0.7	NORMAL NORMAL NORMAL NORMAL NORMAL NORMAL NORMAL NORMAL NORMAL
ELEMENTOS ADITIVOS ASTM			
CALCIO (Ca) PPM ZINC (Zn) PPM FOSFORO (P) PPM		2952 1308 1210	
COMENTARIOS:		X1	
Comentarios			
Ultimo(s) Comentario(s):	Equipo con nivel controlado de desgaste y propiedades viscosimetricas		
Comentario(s) AD-HOC:			

TENDENCIA

Fuente: Programa de monitoreo, Chevron

El tercer análisis de aceite corresponde a los 112849 kilómetros recorridos. Aquí se puede apreciar que el contenido de partículas metálicas se ha normalizado. Es importante realizar un cuarto análisis para determinar la continuidad de la limpieza del aditivo.

Figura 29. Cuarto análisis de aceite bus #43



Fuente: Programa de monitoreo, Chevron

El resultado anterior corresponde a los 118058 kilómetros recorridos. Se observa que el contenido de partículas metálicas se ha conservado en el rango 'normal'.

Estos últimos dos resultados indican que el aditivo realizó limpieza de la cámara de combustión durante 15,000 kilómetros recorridos. Esto es debido a que al limpiar la cámara toda la suciedad se mezclaba con el aceite provocando un mayor desgaste de piezas, pero, una vez limpia la cámara el aceite se mantuvo limpio evitando desgaste.

3.2.4 Evaluación de filtros diesel, aceite y aire

La evaluación de los filtros durante el estudio es muy importante ya que ayuda a determinar el comportamiento interno del motor. En este caso en particular el estudio y análisis más importante se debe de llevar a cabo en el filtro de aceite debido a que el principal objeto de estudio, además del rendimiento, es el desgaste del motor, así como el aumento de vida útil del aceite.

Figura 30. Filtro de aceite bus #43



En la figura anterior se puede apreciar el estado del filtro diesel de bus #43. Este filtro no presentaba ninguna fisura o fractura en su material filtrante. Como se puede apreciar en la figura, el filtro se encuentra en buen estado y además no contenía grumos formados por la acumulación de partículas.

La siguiente foto muestra los dos filtros de aceite que utiliza el bus #43 para la filtración y limpieza del mismo.

Figura 31. Filtros de aceite bus #43



Cuando se extrajeron los filtros diesel no presentaban ninguna suciedad que pudiera ocasionar la disminución de rendimiento, esto significa que la inyección de combustible no se vio afectada por el uso del aditivo ferox. La circulación de los fluidos no varió, y lo más importante es que el aceite no cambió su composición, esto quiere decir que no se espesó ni arraló durante la utilización del aditivo.

Por último, se puede apreciar una foto del filtro de aire de bus #43. El filtro se encuentra limpio, sin muestras de suciedad excesiva, por lo que se puede concluir que la cantidad de hierro en el aceite no se debe a la cantidad de partículas de sílice.

Figura 32. Filtro de aire bus #43



3.2.5 Evaluación del desgaste de sus partes

El análisis de aceite de los 101,322 kilómetros muestra que el contenido de hierro dentro del aceite está muy alto. Esto puede significar que las paredes del cilindro se están desgastando excesivamente, que los anillos del pistón, la biela, la junta de culata, el mismo pistón o la culata están sufriendo un desgaste fuera de la común. Con un alto contenido de hierro es necesario evaluar todos los aspectos, ya que todas las piezas del motor contienen hierro en cantidades limitadas.

En el análisis de aceite de los 104,744.1 kilómetros se tiene el mismo problema, alto contenido de hierro en el aceite. Esto se puede deber a las mismas causas mencionadas anteriormente.

Los últimos dos análisis muestran un contenido de partículas metálicas 'normal'. Por esta razón es válido afirmar que el desgaste provocado en los primeros análisis era debido a la limpieza de cámara que provocó el aditivo. Esto es válido ya que todo el hollín depositado en las paredes de la cámara se transfirió al aceite, provocando un mayor desgaste.

3.3 Comparación de los resultados de ambos análisis

Durante el desarrollo de esta sección se lleva a cabo la comparación de los resultados obtenidos en el bus #48 y el bus #43. Se analizan los resultados y se determinan posibles causas para la variación de los mismos.

3.3.1 Rendimiento de los motores

Cuando se evalúa el rendimiento general del bus #48 se determina que la variación que tuvo en cada intervalo de prueba es la siguiente:

Variación del primer rendimiento respecto del rendimiento general:

- $R_{GEN} = 6.91 \text{ Km/Gal}$
- $1^{ER} R = 6.80 \text{ Km/Gal}$
- $VAR \text{ \%} = \frac{6.80}{6.91} \times 100 = 98.34$

Esto significa que el primer rendimiento disminuyó un 1.62% respecto del rendimiento general. De la misma manera se calculan el resto de variaciones del rendimiento, por lo que se obtiene:

- VAR (2R) = + 1.89%
- VAR (3R) = - 3.67%
- VAR (4R) = + 0.90%
- VAR (5R) = + 2.50%

El signo negativo (-) significa que el rendimiento disminuyó y el signo positivo (+) significa que aumentó, siempre tomando como parámetro el rendimiento general.

A continuación se procede a calcular las variaciones de cada rendimiento del bus #43. Se calculan de igual forma, por lo que se obtiene:

- VAR (1R) = + 1.34%
- VAR (2R) = + 4.19%
- VAR (3R) = + 0.68%
- VAR (4R) = - 5.16%
- VAR (5R) = - 1.05%

Igualmente estas variaciones están medidas respecto del rendimiento general.

Ahora bien al comparar los rendimientos generales de los dos buses se puede observar que el rendimiento del bus #48 es mayor que el del bus #43 en un 12.36%. Además, también es notable que se mantuvo más estable, Esto puede ser causa de las siguientes razones:

- Cantidad de personas que se transportaban en el bus
- Modo de conducción de los pilotos
- Tiempo de encendido en ralentí

3.3.2 Análisis de los resultados de aceite

Al analizar el aceite de ambos motores se puede observar que los resultados fueron satisfactorios, ya que el aceite no presenta grandes anomalías en ninguno de los casos, con excepción del alto contenido de hierro en los primeros dos análisis del bus #43 y en el segundo del bus #48.

Uno de los aspectos que es necesario mencionar es el alto contenido de hierro en el aceite. Esto puede ser debido al desgaste de varias piezas internas del motor.

El alto contenido de hierro en el aceite puede ser causado por la presencia de partículas de sílice, lo cual puede ser consecuencia de un filtro de aire deteriorado, pero como los filtros se encontraban en buen estado, en todos los casos, es necesario buscar otra explicación. Además, un alto contenido de sílice no provoca un aumento tan drástico en el contenido de hierro.

Al observar la cámara de combustión al final del estudio se puede decir que el aceite de los dos primeros análisis salió con un alto contenido de hierro ocasionado por desgaste de piezas. Esto se debió a todo el hollín, proveniente de la limpieza de la cámara de combustión, depositado en el aceite.

Esta limpieza se traduce en un incremento de todas las partículas, esto significa que el motor tuvo un mayor desgaste cuando comenzó a aplicarse el aditivo.

Durante los siguientes análisis de aceite el contenido de partículas en el mismo se normalizó, esto es debido a que la computadora que controla el motor necesita un tiempo de ajuste para la nueva mezcla que se encuentra en la cámara de combustión. Esto significa que fue necesario, por parte de la computadora, reprogramar los tiempos de inyección. De tal manera que el desgaste durante los primeros días pudo ser causado por un trabajo del motor forzado.

Un de los resultados más importantes en el análisis de aceite es el TBN, ya que el TBN residual en el aceite indica el tiempo (en horas) que se pueden prolongar los cambios de aceite en el motor.

En el primer análisis de aceite del bus #43 el TBN es de 7.4, el cual se ve incrementado a 7.96 en el segundo análisis cuando ya se estaba utilizando el aditivo aplicado al combustible. Esto significa un incremento del 7%, lo cual aumenta la vida útil del aceite, o sea se puede prolongar el cambio de aceite.

Es muy importante notar que a pesar de que el TBN aumenta, también lo hacen los contenidos de partículas en el aceite. Esto es posible ya que el aditivo, como ya se menciono, realizó limpieza de cámara, lo cual significa que gran parte del hollín depositado en las paredes de los cilindros se mezcló con el aceite que lubrica las mismas. Este aceite más contaminado causó un mayor desgaste de piezas.

3.3.3 Comparación de los filtros diesel, aceite y aire

En los filtros que utilizan los motores de los buses se realizaron únicamente análisis visuales de partículas y estado interno de los mismos. En los filtros diesel y aceite no se encuentran diferencias.

Al retirar los filtros diesel, se vació el diesel dentro de los mismos en busca de partículas contaminantes depositadas dentro del combustible diesel, pero afortunadamente en ninguno de los casos se dio este problema. El diesel que se retiró del filtro del bus #43 se comparó con el del bus #48 en busca de diferencias, pero en todos los casos el diesel se encontraba limpio.

Con los filtros de aceite se realizó un procedimiento similar en busca de defectos en el material filtrante, pero en todos los casos no se encontró nada, a pesar del alto contenido de hierro en el aceite del bus #43.

Los filtros de aire de la unidad #48 se encontraron en mejor estado que los de la unidad #43, razón por la cual el desgaste de las piezas del bus #48 se mantiene siempre en el mismo nivel y la cantidad de partículas en el aceite del bus #43 aumenta en los análisis. Esto se debe a que la cantidad de sílice en el aceite es mayor, lo cual genera un mayor desgaste entre las piezas.

3.3.4 Análisis de los desgastes

El incremento del desgaste en las piezas del motor que estaba utilizando el aditivo aplicado al combustible se debe a un aceite mas contaminado que ya no disminuye, como debería, la fricción entre las piezas, si no que al contrario, deposita suciedad entre las piezas que genera mayor roce entre las mismas.

En la gráfica que se muestra a continuación se puede apreciar el incremento y decremento de partículas en el aceite del bus #43. Como ya se menciono anteriormente, el desgaste de piezas aumento mientras el aditivo realizaba su respectiva limpieza, una vez limpia la cámara de combustión el desgaste de las piezas disminuyó, y la vida útil del aceite aumento.

Figura 33. Incremento y decremento partículas bus #43

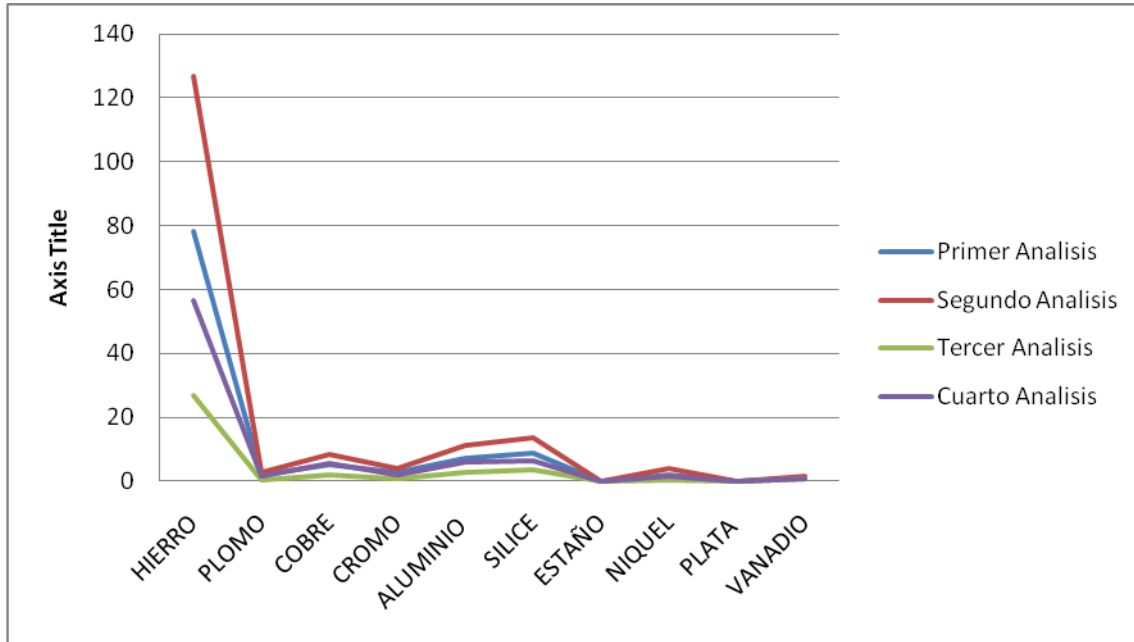


Tabla XV. Contenido de partículas bus #43

	Primer Análisis	Segundo Análisis	Tercer Análisis	Cuarto Análisis
HIERRO	78.4	127	26.7	56.5
PLOMO	2	2.9	0.5	1.5
COBRE	5.3	8.3	2.1	5.7
CROMO	2.8	4.1	0.8	1.9
ALUMINIO	7.3	11	2.9	5.9
SILICE	8.7	13.4	3.5	6.5
ESTAÑO	0	0	0	0
NIQUEL	2.1	4	0.3	1.5
PLATA	0	0	0	0
VANADIO	1	1.7	0.7	0.8

La mayor cantidad de partículas en el aceite es provocada por un mayor desgaste de piezas. Ahora bien, ¿Cuáles son estas piezas?, la respuesta es muy sencilla. El aumento de plomo, cobre y estaño se debe al desgaste de las tejas y casquillos de biela. El cromo puede ser por un desgaste de bulón o biela, pero es más probable que se deba a desgaste de los anillos del pistón. El aluminio puede ser por desgaste del pistón o la culata, y el níquel por desgaste de pistón. El aumento de sílice es causado por un incremento de tierra que ingreso por el filtro de aire.

Se puede observar que la cantidad de partículas en el aceite es mayor en los dos primeros análisis de aceite, y como disminuye en los últimos dos.

La figura y tabla de los dos análisis de aceite del bus #48 no se muestran ya que no era el bus objeto de estudio, pero el desgaste sigue su curso normal. Esto significa que en cada análisis, el desgaste de las piezas permanecerá normal sin presentar grandes variaciones, y principalmente sin aumentar el TBN del aceite

3.4 Costo – beneficio

El análisis costo – beneficio se realiza para comprobar si el uso del aditivo aplicado al combustible significa un ahorro monetario. A continuación se presenta la tabla del costo, por combustible, que representa el bus #43 sin el uso del aditivo ferox. Este costo es representativo de los primeros 14 días de uso. Se toma un valor promedio de Q. 20.00 para el galón diesel ya que durante este tiempo este era el precio aproximado del diesel.

Tabla XVI. Primer costo bus #43

PRIMER COSTO BUS #43				
FECHA	KILOMETROS RECORRIDOS	GALONES CONSUMIDOS	PRECIO POR GALON	COSTO GALONES
13-Abr-09	251.3	43	Q 20.00	Q 860.00
14-Abr-09	250.2	43	Q 20.00	Q 860.00
15-Abr-09	249.6	43	Q 20.00	Q 860.00
16-Abr-09	294.7	46	Q 20.00	Q 920.00
17-Abr-09	295.7	45	Q 20.00	Q 900.00
18-Abr-09	297.7	40	Q 20.00	Q 800.00
19-Abr-09	271	42	Q 20.00	Q 840.00
20-Abr-09	270.4	46	Q 20.00	Q 920.00
21-Abr-09	273	45	Q 20.00	Q 900.00
22-Abr-09	294	46	Q 20.00	Q 920.00
23-Abr-09	318	48	Q 20.00	Q 960.00
24-Abr-09	250	45	Q 20.00	Q 900.00
25-Abr-09	294	50	Q 20.00	Q 1,000.00
26-Abr-09	250	48	Q 20.00	Q 960.00
TOTAL KILOMETROS	3859.6		TOTAL	Q 12,600.00

Seguidamente se calcula el costo que representa el bus por kilómetro recorrido. Esto se hace de la siguiente manera:

- $$Q_{KM} = \frac{C_{GAL}}{T_{KM}}$$

Ingresando datos en la fórmula anterior se obtiene lo siguiente:

- $$Q_{KM} = \frac{Q. 12,600.00}{3859.6 \text{ Km}} = 3.26 \text{ Q/Km}$$

Esto significa que el bus #43 está representando un costo de 3.26 quetzales por cada kilómetro recorrido, en lo que respecta a consumo de combustible.

A continuación se procede a calcular el costo del mismo bus durante los primeros treinta días con el uso del aditivo ferox. Se muestra la tabla respectiva a continuación.

Tabla XVII. Segundo costo bus #43

SEGUNDO COSTO BUS #43						
FECHA	KILOMETROS RECORRIDOS	GALONES CONSUMIDOS	PRECIO POR GALON	COSTO GALONES	ADITIVO	COSTO ADITIVO
4-May-2009	202	37	Q 20.00	Q 740.00	36ml	Q 7.50
5-May-2009	275	30	Q 20.00	Q 600.00	36ml	Q 7.50
6-May-2009	250.8	46	Q 20.00	Q 920.00	36ml	Q 7.50
7-May-2009	182.2	42	Q 20.00	Q 840.00	36ml	Q 7.50
8-May-2009	275	30	Q 20.00	Q 600.00	36ml	Q 7.50
9-May-2009	234	41	Q 20.00	Q 820.00	36ml	Q 7.50
10-May-2009	250.9	35	Q 20.00	Q 700.00	36ml	Q 7.50
11-May-2009	227.5	43	Q 20.00	Q 860.00	36ml	Q 7.50
12-May-2009	274.1	35	Q 20.00	Q 700.00	36ml	Q 7.50
13-May-2009	249.8	45	Q 20.00	Q 900.00	36ml	Q 7.50
14-May-2009	250.7	39	Q 20.00	Q 780.00	36ml	Q 7.50
15-May-2009	228	41	Q 20.00	Q 820.00	36ml	Q 7.50
16-May-2009	273	40	Q 20.00	Q 800.00	36ml	Q 7.50
17-May-2009	316	44	Q 20.00	Q 880.00	36ml	Q 7.50
18-May-2009	67	14	Q 20.00	Q 280.00	36ml	Q 7.50
19-May-2009	250	42	Q 20.00	Q 840.00	36ml	Q 7.50
20-May-2009	296	39	Q 20.00	Q 780.00	36ml	Q 7.50

21-May-2009	272.6	46	Q 20.00	Q 920.00	36ml	Q 7.50
22-May-2009	293.9	44	Q 20.00	Q 880.00	36ml	Q 7.50
23-May-2009	250.7	47	Q 20.00	Q 940.00	36ml	Q 7.50
24-May-2009	190.6	37	Q 20.00	Q 740.00	36ml	Q 7.50
25-May-2009	250.5	41	Q 20.00	Q 820.00	36ml	Q 7.50
26-May-2009	271.7	42	Q 20.00	Q 840.00	36ml	Q 7.50
27-May-2009	285	41	Q 20.00	Q 820.00	36ml	Q 7.50
28-May-2009	239	43	Q 20.00	Q 860.00	36ml	Q 7.50
29-May-2009	279	45	Q 20.00	Q 900.00	36ml	Q 7.50
30-May-2009	267.3	38	Q 20.00	Q 760.00	36ml	Q 7.50
31-May-2009	181.2	28	Q 20.00	Q 560.00	36ml	Q 7.50
1-Jun-2009	250.6	44	Q 20.00	Q 880.00	36ml	Q 7.50
2-Jun-2009	249.9	39	Q 20.00	Q 780.00	36ml	Q 7.50
TOTAL KILOMETROS	7384		TOTAL	Q 23,560.00	TOTAL	Q 225.00

Ahora se procede a calcular el costo por kilómetro recorrido de igual forma, pero al costo total se le agrega el costo de la compra del aditivo, de manera que resulta lo siguiente:

- $Q_{KM} = \frac{Q. 23,785.00}{7384 \text{ Km}} = 3.22 \text{ Q/Km}$

Durante el primer mes de aplicación del aditivo el costo por kilómetro recorrido disminuyó en un 1.23%. Para obtener un dato real del beneficio es necesario hacer un segundo análisis de costos. A continuación se muestra la tabla correspondiente.

Tabla XVIII. Tercer costo bus #43

SEGUNDO COSTO BUS #43						
FECHA	KILOMETROS RECORIDOS	GALONES CONSUMIDOS	PRECIO POR GALON	COSTO GALONES	ADITIVO	COSTO ADITIVO
3-Jun-2009	296.5	46	Q 20.00	Q 920.00	36ml	Q 7.50
4-Jun-2009	272.1	43	Q 20.00	Q 860.00	36ml	Q 7.50
5-Jun-2009	249.7	41	Q 20.00	Q 820.00	36ml	Q 7.50
6-Jun-2009	266.8	45	Q 20.00	Q 900.00	36ml	Q 7.50
7-Jun-2009	202	40	Q 20.00	Q 800.00	36ml	Q 7.50
8-Jun-2009	250	45	Q 20.00	Q 900.00	36ml	Q 7.50
9-Jun-2009	234.4	43	Q 20.00	Q 860.00	36ml	Q 7.50
10-Jun-2009	272	48	Q 20.00	Q 960.00	36ml	Q 7.50
11-Jun-2009	296	49	Q 20.00	Q 980.00	36ml	Q 7.50
12-Jun-2009	295.5	49	Q 20.00	Q 980.00	36ml	Q 7.50
13-Jun-2009	296	48	Q 20.00	Q 960.00	36ml	Q 7.50
14-Jun-2009	296	46	Q 20.00	Q 920.00	36ml	Q 7.50
15-Jun-2009	297.9	46	Q 20.00	Q 920.00	36ml	Q 7.50
16-Jun-2009	251.1	39	Q 20.00	Q 780.00	36ml	Q 7.50
17-Jun-2009	227.5	40	Q 20.00	Q 800.00	36ml	Q 7.50
18-Jun-2009	208.4	34	Q 20.00	Q 680.00	36ml	Q 7.50
19-Jun-2009	119.1	28	Q 20.00	Q 560.00	36ml	Q 7.50
20-Jun-2009	100	28	Q 20.00	Q 560.00	36ml	Q 7.50
21-Jun-2009	160	32	Q 20.00	Q 640.00	36ml	Q 7.50
22-Jun-2009	146	30	Q 20.00	Q 600.00	36ml	Q 7.50
23-Jun-2009	251	36	Q 20.00	Q 720.00	36ml	Q 7.50
24-Jun-2009	251	46	Q 20.00	Q 920.00	36ml	Q 7.50
25-Jun-2009	265	41	Q 20.00	Q 820.00	36ml	Q 7.50
26-Jun-2009	251	37	Q 20.00	Q 740.00	36ml	Q 7.50
27-Jun-2009	291	46	Q 20.00	Q 920.00	36ml	Q 7.50

28-Jun-2009	261	42	Q 20.00	Q 840.00	36ml	Q 7.50
29-Jun-2009	183.1	29	Q 20.00	Q 580.00	36ml	Q 7.50
30-Jun-2009	257.3	51	Q 20.00	Q 1,020.00	36ml	Q 7.50
1-Jul-2009	232.4	41	Q 20.00	Q 820.00	36ml	Q 7.50
2-Jul-2009	200	36	Q 20.00	Q 720.00	36ml	Q 7.50
TOTAL KILOMETROS	7179.8		TOTAL	Q 24,500.00	TOTAL	Q 225.00

Seguidamente se procede a calcular el costo por kilómetros recorrido, por lo que al ingresar datos en la fórmula el costo resulta ser de 3.44 Q/Km, lo cual significa que el costo a aumentado en un 6.83% tomando como referencia el costo anterior.

Por último, se procede a calcular el costo por kilómetro recorrido de los días restantes. Con este resultado se espera obtener una respuesta que muestre cierta tendencia, ya sea al ahorro o gasto monetario. Se muestra a continuación la tabla respectiva.

Tabla XIX. Cuarto costo bus #43

SEGUNDO COSTO BUS #43						
FECHA	KILOMETROS RECORIDOS	GALONES CONSUMIDOS	PRECIO POR GALON	COSTO GALONES	ADITIVO	COSTO ADITIVO
3-Jul-2009	232.4	41	Q 20.00	Q 820.00	36ml	Q 7.50
4-Jul-2009	225	39	Q 20.00	Q 780.00	36ml	Q 7.50
5-Jul-2009	230	42	Q 20.00	Q 840.00	36ml	Q 7.50
6-Jul-2009	197.8	46	Q 20.00	Q 920.00	36ml	Q 7.50
7-Jul-2009	271.5	45	Q 20.00	Q 900.00	36ml	Q 7.50
8-Jul-2009	228.4	38	Q 20.00	Q 760.00	36ml	Q 7.50
9-Jul-2009	148.6	18	Q 20.00	Q 360.00	36ml	Q 7.50
10-Jul-2009	289	42	Q 20.00	Q 840.00	36ml	Q 7.50

11-Jul-2009	190.2	30	Q 20.00	Q 600.00	36ml	Q 7.50
12-Jul-2009	228	36	Q 20.00	Q 720.00	36ml	Q 7.50
13-Jul-2009	250.2	40	Q 20.00	Q 800.00	36ml	Q 7.50
14-Jul-2009	207.7	37	Q 20.00	Q 740.00	36ml	Q 7.50
15-Jul-2009	206.7	39	Q 20.00	Q 780.00	36ml	Q 7.50
16-Jul-2009	207.2	41	Q 20.00	Q 820.00	36ml	Q 7.50
17-Jul-2009	207.2	38	Q 20.00	Q 760.00	36ml	Q 7.50
18-Jul-2009	207.2	40	Q 20.00	Q 800.00	36ml	Q 7.50
19-Jul-2009	207.2	39	Q 20.00	Q 780.00	36ml	Q 7.50
20-Jul-2009	207.2	42	Q 20.00	Q 840.00	36ml	Q 7.50
21-Jul-2009	207.2	40	Q 20.00	Q 800.00	36ml	Q 7.50
22-Jul-2009	414.7	40	Q 20.00	Q 800.00	36ml	Q 7.50
23-Jul-2009	227.9	42	Q 20.00	Q 840.00	36ml	Q 7.50
24-Jul-2009	229.1	34	Q 20.00	Q 680.00	36ml	Q 7.50
25-Jul-2009	205.5	32	Q 20.00	Q 640.00	36ml	Q 7.50
TOTAL	5225.9		TOTAL	Q 17,620.00	TOTAL	Q 172.50

Al proceder a obtener el costo por kilómetro se obtiene lo siguiente:

- $$Q_{KM} = \frac{Q. 17,792.50}{5225.9 \text{ Km}} = 3.41 \text{ Q/Km}$$

El resultado anterior muestra que el costo ha disminuido en un 0.87% respecto al costo anterior, pero a aumentado un 4.60% respecto al primer costo, o sea el costo sin la aplicación del aditivo.

CONCLUSIONES

1. El motor de combustión interna está elaborado por distintas piezas construidas de plomo, cobre, bronce, acero, aluminio, cromo, hierro fundido, etc. y muchos otros metales que le proporcionan un correcto funcionamiento.
2. Al aplicar el aditivo al combustible se pueden ver afectadas cada una de las partes internas del motor, como lo son las bielas, culata, bulones, pistones, etc., pero principalmente las tejas, cojinetes y anillos.
3. El uso del aditivo ferox no es perjudicial para el motor ni sus componentes, incluyendo filtros, conductos y mangueras.
4. El aditivo aplicado al combustible no tiene ningún efecto negativo en los filtros que utiliza el motor de combustión interna; al contrario, aumenta la vida útil del filtro de aceite mejorando el TBN del aceite.
5. Durante la realización del estudio, la aplicación del aditivo al combustible no conllevó a una mejora en el rendimiento ni a un ahorro monetario.
6. El uso del aditivo no conlleva a un ahorro monetario a corto plazo, pero si proporciona una limpieza interna del motor, que podría significar una mejor combustión

7. Si el motor se encuentra demasiado sucio no se va a apreciar un ahorro monetario en los primeros cuatro o cinco meses de uso, pero una vez realizada la limpieza por parte del aditivo ferox, es posible encontrar una mejora en el rendimiento, o simplemente una estabilidad en el mismo.
8. Posiblemente después de 150 ó 200 días de la aplicación del aditivo, el rendimiento de los buses puede llegar a mejorar, esto es debido a que las cámaras de combustión están demasiado sucias.
9. La limpieza de la cámara de combustión podría ser resultado de un elemento detergente en el aditivo ferox.
10. La aplicación del aditivo ferox no tiene ninguna incidencia en el funcionamiento y operación del turbocompresor.

RECOMENDACIONES

Al jefe de taller del Transmetro:

1. Tomar en cuenta todas las variables que pueden llevar a distintos resultados al realizar estudios sobre motores, estudiar los mismos y determinar las posibles causas.

Al jefe de taller y mecánicos de los buses de Transmetro:

2. Utilizar el aditivo ferox aplicado al combustible si la cámara de combustión del motor está demasiado sucia para realizar una limpieza de la misma, y prolongar los cambios de aceite.
3. Desconectar la batería durante 15 minutos cuando se empieza a utilizar el aditivo ferox, y después proceder a arrancar el vehículo. Esto ayuda a que la computadora se re programe para la nueva mezcla de encendido.
4. Realizar el cambio de aceite y filtro antes del kilometraje indicado por el fabricante, después de haber utilizado por primera vez el aditivo ferox aplicado al combustible.
5. Una vez aplicado el aditivo, dejar escurrir todo el aceite del motor al realizar el primer servicio, para que las partículas de desgaste se evacuen totalmente.

Al Director de operaciones del Transmetro:

6. Determinar el costo que representa cada kilómetro recorrido y la cantidad que se ahorra al aplicar el aditivo, para obtener un buen análisis de costo-beneficio en la aplicación de aditivos al combustible.
7. Velar porque los buses trabajen el menor tiempo en ralentí, para que el aditivo tenga un efecto positivo en el rendimiento.

REFERENCIAS

1. Obert, Edward Frederict. **Motores de combustión interna.** (3ª edición; Estados Unidos: Editorial CECSA, 1968) pp. 38-40.
2. Bazini, César. Jefe de Taller División Volvo. Tecun, S.A., 20 de abril de 2009. Comunicación personal.
3. Obert, op. cit., p. 41
4. Ibid., p. 42-43
5. Palacios, Byron. Catedrático curso motores. Universidad de San Carlos de Guatemala, 15 de abril de 2008. Comunicación personal.
6. Bazini, César. Jefe de Taller División Volvo. Tecun, S.A., 5 de junio de 2009. Comunicación personal.
7. Maldonado, Hugo. Distribuidor de Ferox. Ferox Internacional, S.A., 20 de mayo de 2009. Comunicación personal.

BIBLIOGRAFÍA

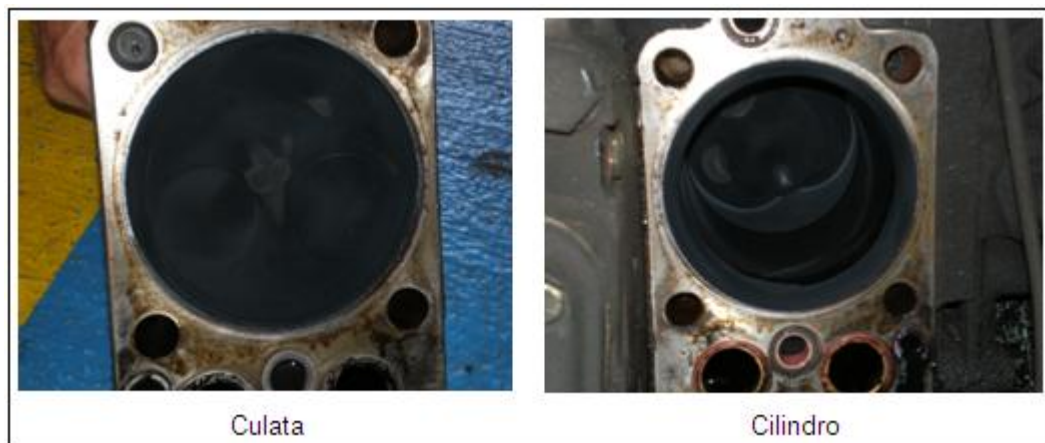
1. Crouse, William H. **Motores de automóvil.** s.l.: Editorial Alfa y Omega. S.A.
2. Hamrock, Bernard J. **Elementos de máquinas.** México: Editorial McGraw-Hill. 2000. 926pp.
3. Norton, Robert L. **Diseño de maquinaria.** 3ª edición. México: Editorial McGraw-Hill. 2006. 749pp.
4. Obert, F. Edward. **Motores de combustión interna.** 3ª Edición. Estados Unidos: Editorial CECSA. 1968.

APÉNDICE

El hecho de aplicar el aditivo ferox al combustible trae efectos positivos internos en el motor, ya que realiza una limpieza de la cámara de combustión y prolonga la vida útil del aceite y su filtro.

Durante el estudio se llevó un control del estado de la cámara del bus #43 para determinar si, en efecto, ocurría una limpieza. Para poder establecer un proceso de limpieza del aditivo se levantó culata en tres ocasiones. A continuación se muestran las fotos de la culata y paredes del cilindro antes de comenzar a aplicar el aditivo. Estas fotos corresponden al 26 de abril de 2009.

Figura 34. Primera levantada de culata



En esta figura se puede observar que tanto la culata como el cilindro están llenos de hollín. Ahora bien, este fenómeno se da por los residuos de la combustión que se depositan en las paredes del cilindro y culata.

Seguidamente, se montó culata de nuevo y se empezó a utilizar el bus #43 con la aplicación del aditivo ferox al combustible. Después de haber utilizado el bus durante dos meses, aproximadamente, se volvió a levantar culata para verificar el nivel de limpieza de la cámara. Se levantó culata el 20 de junio de 2009 y se observó lo siguiente.

Figura 35. Segunda levantada de culata



Esta segunda vez ya se pudo observar que la culata y cilindro estaban más limpios, lo cual se puede apreciar en las fotos anteriores, principalmente en la culata. Esto significa que el aditivo si está realizando una limpieza interna del motor.

La limpieza que muestra la culata es muy importante ya que esto demuestra la calidad de la combustión que se está llevando a cabo dentro de la cámara de combustión. Esto significa que una cámara más limpia representa una mejor combustión, y una mejor combustión se traduce en más potencia y mejor aprovechamiento de la energía.

Antes de terminar el estudio se levantó culata por última vez, al hacerlo se encontró lo siguiente.

Figura 36. Tercera levantada de culata



Esta última foto demuestra que el aditivo no es nada perjudicial para el motor, ya que la limpieza de la cámara es evidente.

Estos resultados son muy positivos ya que al encontrarse limpia la cámara de combustión significa que el bus desarrollo una mayor potencia durante la utilización del aditivo ferox, lo cual eventualmente puede llegar a significar un ahorro monetario.

ANEXO

Durante la realización del estudio se comprobó que el aditivo tiene efectos positivos en el motor, por lo menos en lo que respecta a limpieza interna del mismo, y aunque no se obtuvieron resultados positivos en el ahorro monetario, a continuación se presentan los resultados obtenidos por un estudio realizado por una industria de Estados Unidos.

El aditivo ferox es reconocido internacionalmente y elaborado por la compañía Ferox Internacional. Varios estudios han sido elaborados por distintas compañías para determinar la eficiencia del aditivo, y a continuación se muestran los resultados obtenidos en un estudio realizado en los Estados Unidos por *LUBETRAK THIS CHANGES EVERYTHING*, una industria dedicada al análisis de fluidos.

Figura 37. Resultados de Lubetrak

<u>Not Treated</u>			
Test	Method	Result	Condition
Gravity, A.P.I. Hydrometer on Fuels		37.2	NORMAL
Initial Boiling Point	D-86	344	NORMAL
10PCT		376	NORMAL
50PCT		470	NORMAL
90PCT		586	NORMAL
ENDPNT		642	NORMAL
RETPCT		98	NORMAL
Cetane Index, Calculated		45.1	NORMAL
Water	D-1796	<.05	NORMAL
Sediment	D-1796	<.05	NORMAL
Sulfur Determination		.031	NORMAL
BTU		137480	NORMAL
<u>Treated Fuel with Ferox 230</u>			
Test	Method	Result	Condition
Gravity, A.P.I. Hydrometer on Fuels		36.7	NORMAL
Initial Boiling Point	D-86	350	NORMAL
10PCT		378	NORMAL
50PCT		468	NORMAL
90PCT		582	NORMAL
ENDPNT		640	NORMAL
RETPCT		98	NORMAL
Cetane Index, Calculated		43.9	NORMAL
Water	D-1796	<.05	NORMAL
Sediment	D-1796	<.05	NORMAL
Sulfur Determination		.035	NORMAL
BTU		139770	NORMAL

Conclusion:

- Treated fuel has an API Gravity result of .5% allowing the fuel to burn more clean and complete.
- BTU rating increased 2290 parts, allowing a more complete burn of the fuel in the combustion chamber and a possible decrease in Exhaust Temperature.
- No increase in Cetane rating, in fact a decrease was noted.

Fuente: Lubetrak

Estos resultados indican lo siguiente:

- La combustión se realiza de una manera más limpia y completa.
- El combustible es quemado casi en su 100%, y es posible que haya una disminución de la temperatura de escape.
- Se noto un decremento en el índice de cetano.

Los resultados anteriores concuerdan con los resultados obtenidos en este estudio, por lo que es necesario decir que el aditivo si realiza una limpieza interna del motor y no es perjudicial para el mismo.

El único resultado contradictorio es el índice de cetano ya que mientras más elevado es el número, menor es el retraso de la inyección y mejor es la calidad de combustión.