



**ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO
ESPE - SEDE LATACUNGA**

CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ

**PROYECTO DE GRADO PREVIA LA OBTENCION
DEL TITULO DE INGENIERO DE EJECUCION EN
MECANICA AUTOMOTRIZ**

**“ ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO
DE LOS ADITIVOS PARA
LUBRICANTES Y COMBUSTIBLES ”**

JOSE FABIAN MORA SAONA

LATACUNGA – ECUADOR

2007

CERTIFICACION

Certificamos que el presente trabajo ha sido desarrollado en su totalidad por el Señor: José Mora bajo nuestra dirección y codirección.

Ing. Luís Mena
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Oswaldo Jácome
CO – DIRECTOR DEL PROYECTO

Dedicatoria

Gracias al apoyo incondicional de mi familia en logrado culminar con éxito esta etapa de mi formación profesional, debido a ello les dedico este trabajo como muestra de amor y gratitud por ser para mi la principal fuente de inspiración en cada proyecto de mi vida.

José Fabián

Agradecimiento

Alcanzar este logro en mi vida es fruto de esfuerzo y dedicación , es por ello que quiero agradecer a Dios que me ah dado la fuerza y paciencia necesarias para cumplir con esta meta.

A mis padres y abuelos por inspirar e inculcar en mi los mas puros valores.

A mi hermana por todo el apoyo y cariño que de ella eh recibido.

A mis tíos por todo el esfuerzo y confianza que me han brindado.

A mis profesores quienes con sus valiosas enseñanzas, me han transmitido el conocimiento.

A mis amigos por su leal y desinteresado apoyo.

José Fabián

ÍNDICE

CAPITULO 1

1.LUBRICACIÓN	9
1.1.TEORÍA DE LA LUBRICACIÓN	9
1.2. FRICCIÓN O ROZAMIENTO	11
1.3. NATURALEZAS DE ROZAMIENTO	11
1.4. LEYES SOBRE FRICCIÓN	12

CAPITULO 2

2.LUBRICANTES	14
2.1.BASES DE ACEITE	14
2.1.1.OLEFINAS OLIGOMERICAS ó POLIALFAOLEFINAS (PAO)	15
2.1.2.ESTEROL BIBÁSICO	15
2.1.3.POLIOLES DE ESTEROL	16
2.1.4.ALQUILATOS	17
2.2.OBTENCIÓN DEL ACEITE MINERAL	17
2.3.ACEITES SINTÉTICOS	18
2.4.LAS CARACTER ÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS LUBRICANTES	20
2.4.1.CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	20
2.4.2.CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS	23
2.4.3.CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	26
2.5.ASPECTOS GENERALES DE LOS LUBRICANTES	27
2.6.FUNCIONES DE UN LUBRICANTE	28
2.7.TIPOS DE LUBRICANTES	30

2.8.ESPECIFICACIONES DE LOS LUBRICANTES	31
2.9.CATEGORÍAS PARA LOS LUBRICANTES	33
CAPITULO 3	
3.COMBUSTIBLES	41
3.1.CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS COMBUSTIBLES	41
3.1.1.PODER CALORÍFICO	41
3.1.2.OCTANAJE	42
3.1.2.1.RON	43
3.1.2.2.MON	43
3.1.2.3.ALTITUD Y OCTANOS	43
3.1.3.CURVA DE DESTILACIÓN	44
3.1.4.VOLATILIDAD	44
3.1.5.CONTENIDO DE AZUFRE	45
3.1.6.DETONACIÓN DE LA GASOLINA	45
3.1.7.ÍNDICE CETANO	47
3.2.ASPECTOS GENERALES DE LOS COMBUSTIBLES	48
3.2.1.HIDROCARBUROS	48
3.2.2.UTILIZACIÓN GLOBAL DEL PETRÓLEO	49
3.2.3.FRACCIONES DEL PETRÓLEO	51
3.3.TIPOS DE COMBUSTIBLES	53
3.3.1.GAS LICUADO DE PETRÓLEO (LPG)	53
3.3.2.NAFTAS	54
3.3.3.GASOLINAS	54
3.3.4.GASOLINA SÚPER	55
3.3.5.GASOLINA BIOPLUS (REGULAR)	55
3.3.6.GASOLINA DE AVIACIÓN (AV-GAS)	55

3.3.7.QUEROSENO (CANFÍN)	56
3.3.8.COMBUSTIBLE PARA AVIÓN DE TURBINA (JET A-1)	56
3.3.9.DIESEL	56
3.3.10.GASÓLEO (DIESEL PESADO)	57
3.3.11.FUEL OIL NO.6 (BUNKER C)	57
3.3.12.FUEL OIL INTERMEDIOS (IFOS)	57
3.3.13.NAFTAS REFORMULADAS	58
3.3.14.GAS OIL REFORMULADA	59
3.3.15.EL GAS NATURAL COMPRIMIDO	60
3.3.16.EL BIODIESEL	61
3.4.ESPECIFICACIONES PARA COMBUSTIBLES	62
3.4.1.ESPECIFICACIONES PARA LA GASOLINA	62
3.4.2.ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE DIESEL	65
CAPITULO 4	
4.ADITIVOS	68
4.1.PROPIEDADES GENERALES DE LOS ADITIVOS	68
4.2.CLASIFICACIÓN DE ADITIVOS	69
4.3.PROPIEDADES FÍSICAS	69
4.4.PROPIEDADES QUÍMICAS	72
4.5.PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	76
CAPITULO 5	
5.PRUEBAS	84
5.1.PRUEBA CON EL ADITIVO ANTI ESPUMANTE	84
5.2.PRUEBA CON EL ADITIVO ANTI DESGASTE	89
5.3.PRUEBA CON EL ADITIVO ELEVADOR DE OCTANAJE	92

CAPITULO 6

6.ANÁLISIS DE RESULTADOS	96
6.1CON EL ADITIVO ANTI ESPUMANTE	96
6.2.CON EL ADITIVO ANTI DESGASTE	97
6.3.CON EL ADITIVO ELEVADOR DE OCTANAJE	99

CAPITULO 1

1.LUBRICACIÓN

1.1.TEORÍA DE LA LUBRICACIÓN

La lubricación es básica y necesaria para la operación de la mayoría de maquinarias. Sin lubricación, la maquinaria no funciona, o si funciona lo hace por poco [tiempo](#) antes de arruinarse. Varios estudios concluyeron que si la [tecnología](#) actual de lubricación fuera accesible a toda la [población](#), se mejoraría el [producto](#) bruto interno un 7%.

La [industria](#) de lubricantes constantemente mejora y cambia sus [productos](#) a medida que los requerimientos de las maquinarias nuevas cambian y nuevos [procesos](#) químicos y de [destilación](#) son descubiertos. Un [conocimiento](#) básico de la tecnología de lubricación te ayudará a elegir los mejores lubricantes para cada necesidad.

La finalidad principal que se persigue con la lubricación es reducir al mínimo el desgaste de las piezas móviles del motor, que se produce por su rozamiento, y evitar su agarrotamiento por el exceso de calor. Esta finalidad se consigue por la interposición de una fina película de lubricante entre las piezas o superficies metálicas que pudieran llegar a entrar en contacto, bien sea a presión o por deslizamiento.

La lubricación de los motores, además de la función principal de evitar el roce o deslizamiento directo entre las diferentes superficies metálicas en movimiento, cumple muchos otros cometidos; de la unión de todos ellos, dependerá la vida, la fiabilidad y el rendimiento del motor. Con la lubricación óptima de un motor, se obtiene, además de la finalidad principal:

- Refrigerar las partes móviles y aquellas a las que no tiene acceso el circuito de refrigeración.
- Colaborar en asegurar la estanqueidad necesaria del cilindro.
- Reducir el coeficiente de rozamiento dinámico.
- Amortiguar y absorber choques entre elementos sometidos a presión.
- Efectuar una limpieza de los órganos lubricados mediante el arrastre de impurezas.

Aun disponiendo de un buen lubricante, existen una serie de factores que determinan una buena lubricación y por tanto que posibilitan o impiden la consecución de los objetivos propuestos. Estos condicionantes son básicamente:

- Las presiones a que se someta la película de lubricante.
- La calidad superficial de las superficies en contacto.
- La calidad y naturaleza del material en contacto.
- La holgura existente entre los elementos móviles.
- El ángulo de ataque (la forma) de las piezas en movimiento.
- La velocidad de rozamiento relativa entre las piezas lubricadas.¹

¹ Manual del automóvil/Ediciones Culturales/Edición 1999

www.elpetroleoysusquimiderivados.htm

1.2.FRICCION O ROZAMIENTO

Es la resistencia al movimiento de dos cuerpos que se deslizan entre sí.

1.2.1. Rozamiento Estático:

Fuerza necesaria para iniciar el movimiento.

1.2.2. Rozamiento Dinámico:

Fuerza que se requiere para mantener el movimiento.

1.3.NATURALEZAS DE ROZAMIENTO

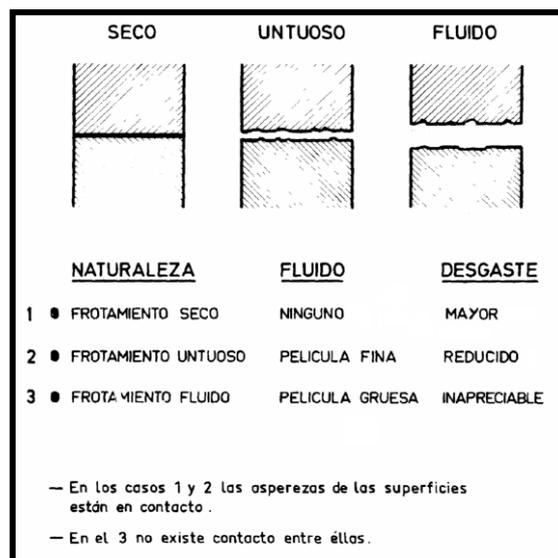


Figura 1

1.4.LEYES SOBRE FRICCION

1.4.1.Primera

La fuerza de fricción es directamente proporcional a la carga.

1.4.2.Segunda

Es independiente del área de contacto de las superficies. O sea que el coeficiente de fricción no depende de los tamaños.

1.4.3.Tercera

Varía según la naturaleza de las superficies. Principales coeficientes de rozamiento

Hierro fundido/Hierro fundido	0,15-0,20
Hierro fundido/Cobre	0,18-0,20
Hierro fundido/Acero	0,20 - 0,30
Acero/Metal	0,15-0,17

1.4.4.Cuarta

La fricción no es afectada por velocidad de deslizamiento, ya que el coeficiente de fricción estático es mayor que el dinámico, el rozamiento produce desgaste y la severidad de éste depende de la naturaleza de las superficies.²

² Lubricantes y lubricación aplicada/José Benlloch Maria/Ediciones Ceac 1984

CAPITULO 2

2.LUBRICANTES

2.1.Bases de aceite

Existen las bases minerales y las bases sintéticas, también existen las bases vegetales. Las bases minerales son obtenidas mediante la destilación del crudo parafínico, las bases sintéticas se hacen mediante procesos sintéticos preparando las moléculas de sustancias simples para tener propiedades de precisión requerida. Las principales clases de material sintético usado son:

Tipos	Aplicación Principal
Polialfaolefinas	Automotriz e Industrial
Esterol dibásico	Aviación y Automotriz
Poliolios de esteroles	Aviación y Automotriz
Alquilatos	Automotriz e Industrial

Tabla 1

2.1.1.OLEFINAS OLIGOMERICAS ó POLIALFAOLEFINAS (PAO)

Estos productos están conformados por materiales de bajo peso molecular, por lo regular etileno, soluble en una olefina específica, la cual se oligomeriza en un aceite lubricante y luego se estabiliza, hidrogenándola. Las PAO se pueden considerar como un aceite mineral de tipo parafínico súper refinado.

Propiedades

- * Índices de viscosidad por encima de 135.
- * Excelente fluidez a bajas temperaturas.
- * Buena estabilidad térmica.
- * Excelente resistencia a la oxidación.
- * Son compatibles con los aceites minerales.
- * No forman gomas ni barnices y el residuo de Carbón es bajo.
- * Su solubilidad con el Freón 22 es baja.

2.1.2.ESTEROL BIBÁSICO

Se formulan a partir de la reacción de un ácido dibásico con un alcohol, que posea un grupo hidróxilo reactivo. Las propiedades finales del producto pueden variar utilizando diferentes alcoholes como el etilhexil, isodecil, trimetilhexil y tridecil, y los ácidos, como los azelaicos, adípicos, y sebásicos obtenidos a partir del fenol, ciclohexanol y cresol.

Propiedades

- * Excelente fluidez a bajas temperaturas.
- * Altos índices de viscosidad, alrededor de 140.
- * Baja volatilidad.
- * Buena estabilidad a la oxidación.
- * Causan mayor ablandamiento en los cauchos que los aceites minerales
- * Son limpiadores de las partes lubricadas.
- * Son compatibles con los aceites minerales.

2.1.3.POLIOLES DE ESTEROL

Se forman por la reacción de un alcohol de dos ó más grupos de hidróxilo, ó de un alcohol polihídrico, con un ácido monobásico, el cual se obtiene generalmente de un aceite animal ó vegetal, seleccionando los que contienen entre 5 y 20 átomos de carbono. Al igual que los diésteres, las propiedades finales se pueden variar usando diferentes alcoholes ó ácidos. Los de los polioles, que se utilizan con mayor frecuencia, son el propano trimetilol y el pentaerithritol.

Propiedades

- * Excelente estabilidad a la oxidación a altas temperaturas.
- * Buena fluidez a bajas temperaturas.
- * Índices de viscosidad mayores de 130.
- * Baja volatilidad.
- * Causan un ataque moderado al ablandamiento de los cauchos.

2.1.4.ALQUILATOS

Están conformados por la alquilación de un compuesto aromático, usualmente benceno. El proceso de alquilación involucra la adición de un radical alquilo, a la molécula del aromático, conteniendo el grupo alquilo de 10 a 14 carbonos, con una configuración parafínica normal. Las propiedades del producto final, se pueden alterar cambiando la estructura y posición de los grupos alquilos. Productos aromáticos típicos son el benceno dialkilatado y el alquilbenceno.

Propiedades

- * El IV es similar ó más alto que el de los aceites minerales.
- * Son menos volátiles que los aceites minerales.
- * Son muy estables a la oxidación a elevadas temperaturas.
- * Presentan una buena estabilidad a la hidrólisis.
- * Son compatibles con los aceites minerales.³

2.2.Obtención del aceite mineral:

2.2.1.Destilación a presión atmosférica: Se separa del [petróleo](#) todas aquellas fracciones de baja volatilidad, que constituyen los combustibles conocidos como [nafta](#), queroseno y [gas oil](#).

³ www.ingenierosdelubricacion.com

2.2.2. Destilación al vacío: [El petróleo](#) crudo es reducido, siendo destilado al vacío. Se generan distintas fracciones de [destilación](#) conocidas como "cortes" de características diferentes.

2.2.3. Refinación I: La refinación constituye la primera etapa del proceso y tiene por objeto el extraer mediante este solvente los hidrocarburos aromáticos que no poseen propiedades lubricantes.

2.2.4. Desparafinado: Este proceso elimina los componentes parafínicos para que los lubricantes sean líquidos a temperaturas bajas (hasta aproximadamente $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$). Esto se realiza mediante la extracción con una mezcla de solventes, enfriamiento y filtración de las parafinas cristalizadas.

2.2.5. Hidrotratamiento catalítico: también denominado hidrocracked, se lleva a cabo mediante el tratamiento de los aceites desaromatizados y desparafinados con el objeto de aumentar la resistencia a la oxidación y estabilidad de los mismos (esto último se consigue eliminando los compuestos nitrogenados). Una medida de la calidad y el grado de refinación es el [color](#) de aceite mineral base. Se puede afirmar que para aceites de la misma viscosidad, cuanto menor el color mejor es su refinación. Si la destilación no ha sido buena, el grado de parafinicidad, naftenicidad y aromaticidad modifican las propiedades del lubricante.

2.3. ACEITES SINTETICOS

Los aceites obtienen su base sintética mediante la transformación por síntesis química de distintos tipos de materias primas y no por destilación como lo hacen los aceites minerales.

Estos aceites forman cadenas de hidrocarburos más fuertes, más resistentes a la oxidación y poseen mayores propiedades lubricantes. Son casi insensibles al desgaste de aditivos, lo que motiva su mayor prolongación funcional, haciéndose su sustitución necesaria, únicamente por ensuciamiento y/o absorción de humedad, combustible, etc.

Es de destacar que comercialmente se consideran sintéticos todos aquellos que tienen parte de base mineral y parte de sintética, aproximadamente en una proporción 60-40% aunque en realidad deberían denominarse semisintéticos.

Los aceites sintéticos puros sólo se emplean en competición, donde su precio queda plenamente justificado. El uso de aceites denominados sintéticos tampoco exime de su cambio, pues como ya se ha dicho, no podemos evitar que se ensucie mediante la mezcla de partículas procedentes de la combustión y/o del desgaste del motor.

Habrà de tener especial cuidado en la limpieza del circuito de lubricación en el supuesto de querer sustituir el aceite mineral del motor por uno sintético ya que comporta riesgos de incompatibilidad considerables y muy a tener en cuenta en la causa de graves averías.

Las materias primas, entre otras, son elementos como los poliglicoles, polialfaolefinas (PAO), siliconas (metil y fenil), poliéteres aromáticos y alifáticos y esterres (principalmente esterres de ácidos grasos y derivados del silícico fosfórico, entre otros).⁴

⁴ Manual del Automóvil/Ediciones Culturales/Edición 1999

2.4.LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS LUBRICANTES

2.4.1.Características Físicas

2.4.1.1.Viscosidad

Es la propiedad más importante que tienen los aceites y se define como la resistencia de un fluido a fluir. Es un factor determinante en la formación de la película lubricante.

Como medida de la fricción interna actúa como resistencia contra la modificación de la posición de las moléculas al actuar sobre ellas una tensión de cizallamiento. La viscosidad es una propiedad que depende de la presión y temperatura y se define como el cociente resultante de la división de la tensión de cizallamiento (τ) por el gradiente de velocidad (D).

$$\mu = \tau / D$$

Ecuación 1

Con flujo lineal y siendo constante la presión, la velocidad y la temperatura. Afecta la generación de calor entre superficies giratorias (cojinetes, cilindros, engranajes).

Tiene que ver con el efecto sellante del aceite. Determina la facilidad con que la maquinaria arranca bajo condiciones de baja temperatura [ambiente](#).

La viscosidad puede ser determinada midiendo la fuerza requerida para contrarrestar la fricción fluida en una película de dimensiones conocidas. La viscosidad determinada de esta manera se llama viscosidad [dinámica](#) o absoluta. Su unidad de medida es el poise (p) o centipoise (cp) o en unidades de SI en [pascal](#) segundos (Pas); $1 \text{ Pas} = 10 \text{ p}$. Viscosidades dinámicas son [función](#) solamente de la fricción interna del fluido. La viscosidad [cinemática](#) de un fluido es el cociente entre su viscosidad dinámica y su [densidad](#), ambas medidas a la misma temperatura. Sus unidades son Stokes (st) o centistokes (cst), o en unidades del SI milímetros cuadrados por segundos. ($1 \text{ mm}^2/\text{s} = 1 \text{ cst}$)

La viscosidad de cualquier fluido cambia con la temperatura, incrementa a medida que la temperatura disminuye y disminuye a medida que la temperatura aumenta, por consiguiente, es necesario determinar las viscosidades de un aceite lubricante a temperaturas diferentes.

Esto se logra midiendo la viscosidad a dos temperaturas de referencia y utilizando una gráfica de viscosidad. Una vez indicadas las viscosidades medidas se unen los puntos. De esta manera, puede determinarse con gran precisión las viscosidades a otras temperaturas.

Las dos temperaturas de referencia son 40°C y 100°C . Una vez seleccionado el aceite para la aplicación, la viscosidad debe ser lo suficientemente alta para garantizar una película lubricante pero no tan alta que la fricción fluida sea excesiva.

2.4.1.2.Densidad

Es la relación entre la masa y el volumen o lo que se conoce como peso específico. Es conocido que el aceite tiene una densidad inferior a la del agua. Los aceites aromáticos son los que tienen mayor densidad, los nafténicos se consideran de densidad media y los de origen parafínico poseen la menor densidad.

2.4.1.3.Fluides

Es la propiedad opuesta a la viscosidad. Vulgarmente se denomina aceite grueso a uno que sea denso, es decir viscoso y le cuesta fluir y llamamos aceite fino a aquel que es menos denso, es decir fluido.

2.4.1.4.Color y Fluorescencia

En la actualidad esta característica carece de valor crítico de evaluación ya que los aditivos enmascaran estas propiedades. Por otro lado, no existe ninguna relación entre el color y la calidad de un lubricante.

2.4.1.5.Untuosidad

Es la capacidad del lubricante de llegar a formar una película de adherencia y espesor entre dos superficies deslizantes, quedando suprimido el rozamiento

entre ellas. Esta propiedad se analiza de diferentes maneras; mediante el estudio de la tensión superficial, la capilaridad, los ángulos [límites](#), las mediciones de absorción y de adhesión, etc.

2.4.2.Características Térmicas

2.4.2.1.Punto de Anilina

Es la temperatura mínima a la que una mezcla a partes iguales de aceite y de anilina llegan a solubilizarse totalmente. Este punto es importante a fin de proteger los sistemas de estanqueidad constituidos por caucho o elastómeros.

2.4.2.2.Índice de Viscosidad

El índice de viscosidad (IV) es un [método](#) que adjudica un [valor](#) numérico al [cambio](#) de la viscosidad de temperatura. Un alto índice de viscosidad indica un rango relativamente bajo de viscosidad con cambios de temperatura y un bajo índice de viscosidad indica un alto rango de cambio de viscosidad con la temperatura.

En otras palabras, si un aceite de alto índice de viscosidad y un aceite de bajo índice de viscosidad tienen la misma viscosidad a temperatura ambiente, a medida que la temperatura aumenta el aceite de alto IV se adelgazará menos, y por consiguiente, tendrá una viscosidad mayor que el aceite de bajo IV a temperaturas altas.

En varias aplicaciones donde la temperatura de operación permanece más o menos constante, el IV es de relativa importancia. Sin embargo, en aplicaciones donde la temperatura de operación varía sobre un amplio rango como es el caso de los [motores](#) de [combustión](#) interna esta adquiere una importancia fundamental. Al obtener la relación de la modificación de la viscosidad a las dos temperaturas basándose en [el conocimiento](#) de que cuanto menor sea la modificación de la viscosidad, tanto mejor será, en general, la [calidad](#) del lubricante.

2.4.2.3. Punto de Inflamación y Fuego

El punto de inflamación es la temperatura a la cual el aceite despiden suficientes vapores que se inflaman cuando una llama abierta es aplicable. Cuando la concentración de vapores en la superficie es lo suficientemente grande a la [exposición](#) de una llama, resultará fuego tan pronto como los vapores se enciendan.

Cuando una prueba de este tipo es realizada bajo ciertas condiciones específicas, la temperatura a la cual esto sucede se denomina punto de inflamación. La [producción](#) de vapores a esta temperatura no son lo suficiente para causar una combustión sostenida y por ende, la llama desaparece.

Si el calentamiento continúa se obtendrá una temperatura a la cual los vapores serán liberados lo suficientemente rápido para soportar la combustión, esta temperatura se denomina punto de fuego o combustión. El punto de inflamación de aceites nuevos varía con viscosidad – aceites de alta viscosidad tienen altos puntos de inflamación. Estos puntos están también afectados por el tipo de crudo. Aceites nafténicos tienen menores puntos de inflamación que aceites parafínicos de viscosidad similar.

2.4.2.4.Punto de Congelación

El punto de congelación de un aceite lubricante es la mínima temperatura a la cual este fluye sin ser perturbado bajo la condición específica de la prueba. Los aceites contienen ceras disueltas que cuando son enfriados se separan y forman cristales que se encadenan formando una [estructura](#) rígida atrapando al aceite entre la [red](#). Cuando la estructura de la cera esta lo suficientemente completa el aceite no fluye bajo las condiciones de la prueba. La agitación [mecánica](#) puede romper la estructura cerosa, y de este modo tener un aceite que fluye a temperaturas menores a su punto de congelación.

En ciertos aceites sin ceras, el punto de congelación esta relacionado con la viscosidad. En estos aceites la viscosidad aumenta progresivamente a medida que la temperatura disminuye hasta llegar a un punto en que no se observa ningún flujo existente. Desde el punto de vista del [consumidor](#) la importancia del punto de congelación de un aceite depende enteramente del uso que va a dársele al aceite. Por ejemplo, el punto de congelación de un aceite de [motor](#) a utilizarse en invierno debe ser lo suficientemente bajo para que el aceite pueda fluir fácilmente a las menores temperaturas ambientes previstas. Por otro lado, no existe necesidad de utilizar aceites con bajos puntos de congelación cuando estos van a ser utilizados en las [plantas](#) con altas temperaturas ambiente o en [servicio](#) continuo tal como turbinas de vapor u otras aplicaciones.

2.4.2.5.Punto de Enturbiamiento

Es la temperatura a las que las parafinas y otras sustancias empiezan a separarse en forma de cristales aumentando notablemente el riesgo de obstrucciones en el circuito de lubricación

2.4.3. Características Químicas

2.4.3.1. Índice de Neutralización y Saponificación

El índice de neutralización de un lubricante es la cantidad en miligramos de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar el ácido libre contenido en gramo de aceite a la temperatura ambiente. El índice de saponificación (Is) indica la cantidad en miligramos de hidróxido de potasio necesarios para la saturación de los [ácidos](#) libres y combinados obtenidos en un gramo de aceite, es decir para la neutralización de los ácidos y la saturación de los ésteres.

2.4.3.2. Índice de Alquitrán y de Alquitrانización

Índice de alquitrán es la cantidad de sustancias alquitranosas en [valores](#) porcentuales de un aceite. El índice de alquitrانización se usa en [procesos](#) de envejecimiento artificial para establecer la predisposición del aceite a forma sustancias alquitranosas a temperaturas elevadas y en contacto con el [aire](#). En aceites en uso, se comprueba con ello su grado de desgaste o envejecimiento.

2.4.3.3. Emulsibilidad del Aceite

Una de las propiedades más importantes de los lubricantes para cilindros y turbinas a vapor, es la de su tendencia a formar emulsiones o [mezclas](#) intensas y duraderas con [el agua](#).

2.4.3.4. Aeroemulsión del Aceite

Es la emulsión de pequeñísimas burbujas de aire en el aceite, inferiores a las que forman la espuma.

2.4.3.5. Formación de Espumas

Un aceite produce espuma superficial por agitación energética con el aire u otro gas, estando dicha espuma constituida por la agrupación de burbujas de distintos tamaños. Si esto llega a producirse en un grado elevado, tendremos pérdidas de aceite, una lubricación ineficaz y un consumo elevado de aceite.

2.5. ASPECTOS GENERALES DE LOS LUBRICANTES

2.5.1. Cómo está compuesto un lubricante

Un lubricante está compuesto esencialmente por una base y aditivos. Las bases lubricantes determinan la mayor parte de las características del aceite, tales como: Viscosidad, Resistencia a la oxidación, Punto de fluidez.

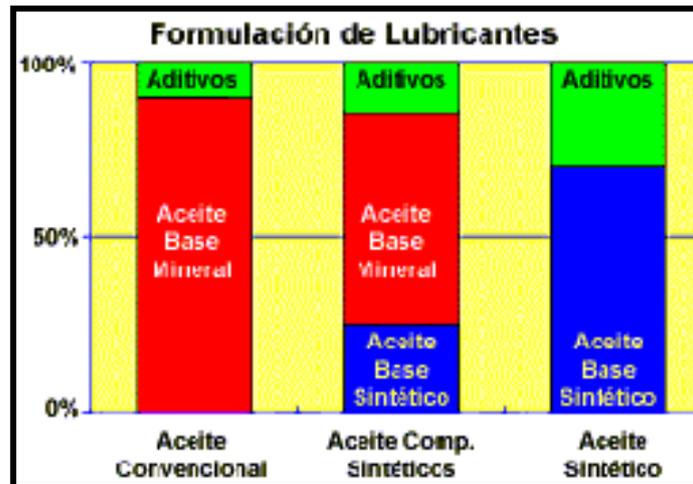


Figura 2

2.6.FUNCIONES DE UN LUBRICANTE

Los lubricantes son materiales puestos en medio de partes en movimiento con el propósito de brindar enfriamiento (transferencia de calor), reducir la fricción, limpiar los componentes, sellar el espacio entre los componentes, aislar contaminantes y mejorar la [eficiencia](#) de operación.

Los lubricantes desempeñan también la función de "selladores" ya que todas las superficies metálicas son irregulares vistas bajo [microscopio](#) se ven llenas de poros y ralladuras. El lubricante "llena" los espacios irregulares de la superficie del metal para hacerlo "liso", además sellando así la "[potencia](#)" transferida entre los componentes.

Si el aceite es muy ligero (baja viscosidad), no va a tener suficiente resistencia y la potencia se va a escapar, si el aceite es muy pesado o grueso (alta viscosidad), la potencia se va a perder en fricción excesiva (y calor).

En general cuando los anillos de un motor empiezan a fallar, se dice que el motor "quema aceite", ya que el aceite se escapa entre los anillos y la camisa del pistón, perdiendo así también potencia. Si el aceite se ensucia actuará como abrasivo entre los componentes gastándolos. Los lubricantes también trabajan como limpiadores ya que ayudan a quitar y limpiar las partículas de material que se desprenden en el [proceso](#) de fricción, ya que de otra forma estos actuarían como abrasivos en la superficie del material.

Otro uso de los lubricantes es para impartir o transferir potencia de una parte de la maquinaria a otra, por ejemplo en el caso de [sistemas](#) hidráulicos. No todos los lubricantes sirven para esto y no todos los lubricantes deben cumplir esta función. Los lubricantes también contribuyen al enfriamiento de la maquinaria ya que acarrean calor de las zonas de alta fricción hacia otros lados (radiadores, etc.) enfriándola antes de la próxima pasada. En resumen, las principales [funciones](#) de los aceites lubricantes son:

- Disminuir el rozamiento.
- Reducir el desgaste.
- Evacuar el calor (refrigerar).
- Facilitar el lavado (detergencia) y la dispersancia de las impurezas.
- Minimizar la herrumbre y la [corrosión](#).
- Transmitir potencia.
- Reducir la formación de depósitos duros ([carbono](#), barnices, lacas).
- Sellar.

2.7.TIPOS DE LUBRICANTES

2.7.1.Según su naturaleza se clasifican en:

2.7.1.1.Parafínicos:

Alto índice de viscosidad.
Baja volatilidad.
Bajo poder disolvente.
Alto punto de congelación.

2.7.1.2.Nafténicos:

Bajo índice de viscosidad.
Densidad más alta.
Mayor volatilidad.
Bajo punto de congelación.

2.7.1.3.Aromáticos:

Índice de viscosidad muy bajo.
Alta volatilidad.
Fácil oxidación.
Tendencia a formar resinas.
Emulsionan fácilmente con el agua.

2.7.2.Según su Composición pueden ser:

De base mineral.

De base semisintética.

De base sintética

2.7.3.Según su estado se clasifican en:

Sólidos

Semisólidos

Líquidos

2.8.ESPECIFICACIONES DE LOS LUBRICANTES

2.8.1.Especificaciones de los lubricantes en motores de automóviles.

- Necesitan alcalinidad para neutralizar la formación de recubrimientos por los productos de combustión.
- Proteger en gran medida de los altos niveles de azufre.
- Tener dispersión a altas temperaturas como evitar las incrustaciones y resistencia a oxidación.
- Contener aditivos que suspendan los contaminantes y que ayude a mantener el motor limpio.
- Fluir a bajas temperaturas, en el arranque.

2.8.2. Especificaciones de los lubricantes en los engranes.

- Tener repelentes de agua.
- Resistencia a la pérdida del lubricante por el derrape con agentes de adhesividad.
- Contienen aditivos de azufre y fósforo para la capacidad de carga.
- Debe ser estable y no permitir la corrosión.
- Contiene inhibidores de desgaste.

2.8.3. Especificaciones de los lubricantes de transmisión los engranes.

- Características antifriccionantes.
- Estabilidad a altas temperaturas.
- Alta dispersión.
- Cualidades antiespumantes excelentes.
- Viscosidad correcta a temperatura de operación.

2.8.4. Especificaciones de los lubricantes de propósitos marinos.

- Alta dispersión y excelente alcalinidad.
- Previene la formación de carbón duro en las áreas de los anillos del pistón.
- Los aditivos son libres de zinc y cloro para proveer una mejor limpieza.
- Reducir el consumo de aceite y proveer una mejor economía del combustible.⁵

⁵ www.firm.utp.ac.pa/biblioteca/cursos/Aditivos-UniversidadTecnologicaPanama

2.9.CATEGORÍAS PARA LOS LUBRICANTES

2.9.1.Clasificación de calidad según API

La clasificación de calidad API, si bien es americana, la encontramos en prácticamente todos los productos del mercado; por tanto se hace referencia a ella aunque sólo sea por comparación y ayuda a la comprensión del tema de clasificaciones.

Las especificaciones API utilizan la letra S ("service") para los motores de gasolina y la letra C ("comercial") para los motores Diesel industriales. A esa primera letra les sigue otra que definirá su grado de utilización. Así:

SA. - Aceites minerales sin aditivos. Obsoleto.

SB. - Aceite sólo con inhibidores de oxidación. Utilizado desde 1930. Obsoleto.

SC. - Aceite para motores de gasolina a partir de 1964. Utilizado en turismos y camiones ligeros hasta 1967. Obsoleto.

SD. - Aceite para motores de gasolina a partir de 1968. Sustituto del SC. Utilizado en turismos y camiones ligeros hasta 1970. Obsoleto.

SE. - Aceite para motores de gasolina a partir de 1972. Sustituto del SC y del SD. Utilizado en turismos y camiones ligeros. Obsoleto.

SF. - Aceite para motores de gasolina a partir de 1980. Sustituto del SC, SD y del SE. Utilizado en turismos y algunos camiones ligeros. Obsoleto.

SG. - Aceite para motores de gasolina actuales. Sustituye a todas las anteriores especificaciones. Utilizado en el servicio típico de motores de gasolina para turismos, evita la formación de lodos negros además de proteger contra la oxidación, la corrosión, la formación de depósitos y un mejor comportamiento antidesgaste.

SH. - Aceite para motores de gasolina actuales. De similares características que el SG pero ha sido homologado según el código de la CMA (Chemical Manufacturers Association), lo que de hecho supone una mayor calidad.

SJ. - Aceite para motores de gasolina actuales. Clasificación introducida en octubre de 1996 y de utilización en cualquier motor actual de gasolina.

Las clasificaciones API que se indican como obsoleto, lo son porque ya no se homologan.

Para las clasificaciones API SG, SH Y SJ, se estiman períodos de cambio de aceite de hasta 15.000 Km.

Con las especificaciones SH y SJ, además, se consigue reducir los consumos de combustible por su adición de mejoradores de la fricción y por ser productos de baja viscosidad.

En la actualidad, las especificaciones API no utilizan productos que puedan envenenar los catalizadores, utilizando metales de aditamento compatibles con éstos.

La clasificación API para vehículos Diesel

CA. - Aceite para motores Diesel en condiciones de trabajo suaves o moderadas. Utilizado entre los años 1940 y 1950. Utilizando gas-oil de alta calidad, protege contra la corrosión de cojinetes y depósitos en los segmentos. Obsoleto.

CB. - Aceite para motores Diesel en condiciones de trabajo suaves o moderadas. Utilizado a partir de 1949. Utilizando gas-oil de baja calidad, protege contra el desgaste y en la formación de depósitos por el alto contenido de azufre del combustible. Obsoleto.

CC. - Aceite para motores Diesel en condiciones de trabajo suaves o moderadas, aspirados o sobrealimentados y para motores de gasolina en condiciones severas. Utilizado a partir de 1961. Protege eficazmente a altas temperaturas

contra la corrosión y la formación de depósitos a los motores Diesel y a bajas temperaturas a los motores de gasolina. Obsoleto.

CD. - Aceite para motores Diesel aspirados o sobrealimentados. Utilizado a partir de 1965. Especialmente indicado para el control de desgastes y formación de depósitos utilizando todo tipo de gas-oil y especialmente aquellos con alto contenido de azufre. Obsoleto.

CE. - Aceite para motores Diesel sobrealimentados. De similares características que el aceite CD pero con mayor protección frente al pulido de camisas.

CF. - Aceite para motores Diesel de inyección indirecta. De similares características que el aceite CD, mejora el control de depósitos, el desgaste y la corrosión de las aleaciones de cobre incluso con combustibles con alto contenido de azufre.

CF-2. - Aceite para motores diesel de dos tiempos. Especialmente eficaces contra la formación de depósitos en segmentos y cilindros. A pesar de su '8 nomenclatura, no cumplen necesariamente los requerimientos de los otros aceites CE.

CF-4. - Aceite de similares características a la especificación CE. Esta especificación está especialmente dirigida a la reducción de emisiones de partículas en los motores Diesel.

CG-4. - Aceite para motores Diesel de alta velocidad en trabajos de largo recorrido y obras públicas. Indicado para combustibles con bajo contenido de azufre (entre el 0'05% y el 0'5%). Protege contra la formación de depósitos de alta temperatura, el desgaste, la corrosión, la oxidación y la acumulación de carbón. Especialmente indicado para los requisitos de emisión a partir de 1994.

Las clasificaciones API que se indican como obsoleto, lo son porque ya no se homologan.

2.9.2. Clasificación SAE

Viscosidad Núm. SAE	Viscosidad máxima s.c.c.		Temperatura bombeabilidad	límite máxima en	de	Viscosidad mínima a 100 °C
	°C	cPoises	°C			cSt
0W	-30	3250	-35			3,8
5W	-25	3500	-30			3,8
10W	-20	3500	-25			4,1
15W	-15	3500	-20			5,6
20W	-10	4500	-15			5,6
25W	-5	6000	-10			9,3
20						5,6
30						9,3
40						12,5
50 '						16,3

Tabla 2

Nota:

- (cSt) o centistokes, unidad de medida de la viscosidad en pruebas de laboratorio
- cPois, unidad de medida de la viscosidad
- W, letra indicativa de su utilización para temperatura ambiente inferior a 0 grados, dos

Abreviatura de "winter" (invierno en inglés).

La tabla refleja la clasificación de aceites monogrado. Por combinación de dos o más aceites monogrado, se obtienen los llamados aceites multigrado. Así por ejemplo un aceite SAE 20W40 satisface las exigencias de un aceite., grado SAE 20W y de un SAE 40, lo que supone una utilización eficaz del lubricante en temperaturas ambiente comprendidas entre -10 y 40 grados centígrados.

La clasificación SAE J306 funciona de forma similar comprendiendo entre el 70W, 75W, 80W y el 85W para temperaturas bajas y las clasificaciones 90, 140 y 250 de viscosidad.

2.9.3. Clasificación de calidad europea CCMC

A pesar de haber indicado ya que esta clasificación en términos legales ya no existe, tiene todavía una gran difusión comercial; por ello vamos a describirla:

Aceites para motores de gasolina:

G1. - Aceite para motores de gasolina de uso general. Tiene su equivalencia en el API SE.

G2. - Aceite para motores de gasolina de uso general. Posee mayor protección y tiene su equivalencia con el API SE.

G3. - Aceite para motores de gasolina de uso general. Se trata de un producto de baja viscosidad, de alto nivel de protección a altas temperaturas y destinado a reducir el consumo de combustible.

G4. - Aceite para motores de gasolina de uso general. Aceite de similares características que el G2 pero con mayores exigencias, haciéndolo compatible con elastómeros.

G5. - Aceite para motores de gasolina de uso general. Aceite de similares características que el G3 pero al igual que el G4, haciéndolo compatible con elastómeros consigue una equivalencia con los API SG.

Los aceites de clasificación G1, G2 y G3 han dejado de homologarse desde 1990 siendo sustituidos por los G4 y G5.

Aceite para motores Diesel:

D1.- Aceite para motores Diesel en vehículos comerciales y con condiciones ligeras de operación.

D2.- Aceite para motores Diesel en vehículos comerciales, aspirados y sobrealimentados, en condiciones severas de uso.

D3. - Aceite para motores Diesel en vehículos comerciales, aspirados y sobrealimentados, en condiciones muy severas de uso. Especialmente diseñado para prevenir el pulido de camisas.

PD1. - Aceite para motores Diesel en vehículos de turismo, aspirados y sobrealimentados.

Estas cuatro clasificaciones han dejado de homologarse desde 1990 sustituyéndolas las clasificaciones siguientes:

- D4.** - Clasificación que sustituye a la D3 con su misma filosofía.
- D5.** - Clasificación que sustituye a la D4 y que equivale a la API CE.
- PD2.** - Clasificación que sustituye a la PD1.

2.9.4. Clasificación de calidad europea ACEA

La clasificación ACEA distingue tres categorías:

aceites para motores de gasolina, para motores Diesel y para motores Diesel en vehículos de pasajeros.

Aceites para motores de gasolina:

A1. - Aceite para motores de gasolina de óptima calidad. Posee estabilidad al cizallamiento sin variación del grado de viscosidad además de un límite reducido de viscosidad HTHS. Diseñados especialmente para mejorar la economía de combustible.

A2. - Aceite para motores de gasolina de uso general. Equivale al CCMC G4 aunque posee una estabilidad a la oxidación equivalente al G5.

A3. - Es una calidad mejorada del CCMC G5.

Aceites para motores Diesel:

E1. - Aceite para motores Diesel aspirados o sobrealimentados. Para motores antiguos, con trabajos ligeros y con intervalos de cambio normales. Se corresponde con el CCMC D4.

E2. - Aceite de calidad estándar para uso general en motores Diesel. Cumple las protecciones mínimas contra la formación de hollín de diversos ensayos.

E3. - Es una calidad mejorada del CCMC D5, en términos de protección frente a la formación de hollín respecto del E2 y al API-CG4.

Aceites para motores Diesel en vehículos de pasajeros:

BI.- Aceite para motores Diesel óptima calidad. Posee estabilidad al cizallamiento sin variación del grado de viscosidad además de un límite reducido de viscosidad HTHS. Diseñados especialmente para mejorar la economía de combustible y más severo que el CCMC PD2.

B2.- Aceite de calidad estándar europea para uso general en motores Diesel.

B3.- Aceite de calidad mejorada respecto del BI. Más severo en estabilidad al cizallamiento sin variación del grado de viscosidad y mayor control del incremento de viscosidad y desgastes.

Los aceites AI y BI son denominados "Eco" por ser de baja fricción y contribuir con ello al ahorro de combustible."⁶

⁶ Manual del Automóvil/Ediciones Culturales/Edición 1999

CAPITULO 3

3.COMBUSTIBLES

3.1.CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS COMBUSTIBLES

3.1.1.Poder calorífico

El poder calorífico es el calor desprendido por la combustión completa de una unidad de masa ([kilogramo](#)) del combustible.

Combustible	kcal/kg
Propano	
Gasolina	11 000 kcal/kg
Butano	
Gasoil	10 200 kcal/kg
Fuel oil	9 600 kcal/kg
Alcohol de 95°	6 740 kcal/kg

Tabla 3

3.1.2.Octanaje

El octanaje se la define como la principal propiedad de la gasolina ya que esta altamente relacionada al rendimiento del motor del vehículo. El octanaje se refiere a la medida de la resistencia de la gasolina a ser comprimida en el motor. Esta se mide como el golpeteo o detonación que produce la gasolina comparada con los patrones de referencia conocidos de isooctano y N-heptano, cuyos números de octano son 100 y cero respectivamente.

Cuando el octanaje es inadecuado para el funcionamiento del motor, la combustión se produce de manera violenta causando una explosión o detonación que por su intensidad puede causar daños serios al motor del vehículo.

Hidrocarburo	Índice de octano
n-pentano	62
n-heptano	0
n-octano	17
metilheptano	35
dimetilhexano	79
trimetilpentano	100
benceno	106

Tabla 4

3.1.2.1.Ron

Su valor se determina comparando el [golpeteo](#) que produce la gasolina con respecto al golpeteo que produce una sustancia patrón, ambas sometidas dentro de un motor estándar. Como patrón se utiliza una mezcla de isooctano ([2,2,4-trimetilpentano](#)) y [n-heptano](#). De esta forma se determina el número de octanos del combustible, con respecto al porcentaje de isooctano en la mezcla estándar. De esta forma, una gasolina que produce el mismo ruido que la mezcla de 87% isooctano (y 13% n-heptano), se dice que tiene un octanaje de 87 octanos.

3.1.2.2.Mon

Existe otro tipo de octanaje llamado MON que indica de manera más exacta cómo se comporta el combustible cuando se carga. Esta definición también se basa en la mezcla de isooctano y n-heptano. Dependiendo de la composición del combustible, el MON de una gasolina moderna estará 10 puntos por debajo del RON. Normalmente las especificaciones de combustible requieren de un RON y MON mínimos.

3.1.2.3.Altitud y octanos

La presión atmosférica juega un papel importante en el índice de octanos efectivo de una gasolina. El índice de octanos que caracteriza a un tipo de bencina varía de acuerdo a la altitud que ella se utiliza. Una bencina que presenta índice de octanos de 85 a nivel del mar, subirá a 91 cuando se emplea a 600 metros de altura. El siguiente cuadro muestra los valores antidetonantes en función de la altitud.



Figura 3

3.1.3. Curva de destilación

Esta propiedad se relaciona con la composición de la gasolina, su volatilidad y su presión de vapor. Indica la temperatura a la cual se evapora un porcentaje determinado de gasolina, tomando una muestra de referencia.

3.1.4. Volatilidad

La volatilidad es una propiedad la cual se mida al igual que la presión de vapor. Esta registra de manera indirecta el contenido de los componentes volátiles que brinden la seguridad del producto durante su transporte y almacenamiento. Esta propiedad debe a su vez estar en relación con las características del ambiente de altura, temperatura y humedad, para el diseño del almacenamiento del producto.

3.1.5.Contenido de azufre

Esta propiedad se encuentra altamente relacionada con la cantidad poseída de azufre (S) presente en el producto. Dentro de la cantidad, se encuentran determinados promedios y estadísticas en la cual en producto no puede sobrepasar o resaltar, ya que si esto sucede la gasolina puede tener efectos corrosivos sobre las partes metálicas del motor y sobre los tubos de escape. A su vez, al salir del caño de escape, esta produce un alto grado de contaminación en el ambiente, produciendo a su vez las conocidas lluvias acidas.

3.1.6.Detonación de la gasolina

Una vez encendida la mezcla, la llama se propaga a través de la mezcla comprimida alejándose de la bujía, hacia los confines de la cámara de combustión. A medida que avanza, la presión sobre la mezcla sin quemar aumenta. La detonación se produce cuando la presión y la temperatura existente en la cámara generan la combustión súbita del resto de combustible sin quemar. Este aumento de presión instantáneo azota la cabeza del pistón (golpe de ariete), que aun se encuentra en carrera de compresión. El fenómeno de la detonación produce en el motor un sonido distintivo, similar al golpeteo de un conjunto de válvulas con mucha tolerancia.

Gasolina Súper

Pruebas	Unidad	Especificaciones Estadísticas			
		Nacionales			
Azufre	% masa	0,10 máximo	0,05	0,01	0,09
Plomo +	g/l	0,013 máximo	ninguno		
Nº de octano	RON	94 mínimo	95,5	94,0	98,2
Densidad a 15 °C +	Kg/m ³	Reportar valor	749,2	723,1	778,0

Tabla 5

Gasolina Extra

Pruebas	Unidad	Especificaciones Estadísticas			
		Nacionales			
Azufre	% masa	0,15 máximo	0,04	0,01	0,09
Plomo +	g/l	0,013 máximo	-		
Nº de octano	RON	88 mínimo	92,1	88,2	97,8
Densidad a 15 °C +	Kg/m ³	reportar valor	749,5	730,3	781,9

Tabla 6

3.1.7. Índice cetano

Otra medida menos conocida, para medir el efecto contrario, la facilidad con la que se inflama el combustible en los [motores diesel](#), es el [índice cetano](#), que tiene al [cetano](#) como combustible de referencia. En este caso cuanto más facilidad para inflamarse, mejor es el combustible

Diesel

Pruebas	Unidad	Especificaciones Estadísticas			
		Nacionales			
Temperatura de inflamación	de°C	52 mínimo	75	57	95
Viscosidad a 40°C	cSt	1,9 / 5,5	3,04	2,27	4,26
Temperatura de escurrimiento	de°C	5 máximo	-15	-26	-2
Azufre*	% m/m	0,45 máximo	0,30	0,10	0,48
Densidad a 15 °C	+Kg/m ³	reportar valor	851,3	838,8	863,9
Índice de cetano		45 mínimo	48,1	42,2	51,5

Tabla 7⁷

⁷ www.tq.educ.ar/tq30281/html/bib.htm

3.2.ASPECTOS GENERALES DE LOS COMBUSTIBLES

3.2.1.Hidrocarburos

Los componentes esenciales del petróleo son los hidrocarburos. Reciben el nombre genérico de hidrocarburos las sustancias químicas compuestas solamente por dos tipos de átomos: carbono e hidrógeno. A pesar de esta limitante, el número de los hidrocarburos existentes es enorme. Son los compuestos orgánicos más sencillos. Debido a que están constituidos por esos dos elementos, su fórmula general puede escribirse como:



Ecuación 2

donde los números enteros n y m representan el número de átomos de cada elemento que contiene la molécula de un hidrocarburo dado.

La razón por la que existen tantos hidrocarburos es la facilidad que tienen los átomos de carbono para enlazarse entre sí, formando cadenas moleculares. De esta manera, por lo menos uno de los cuatro enlaces de cada carbono se establece con otro átomo de carbono vecino. En los hidrocarburos, el resto de los enlaces corresponde a uniones carbono-hidrógeno.

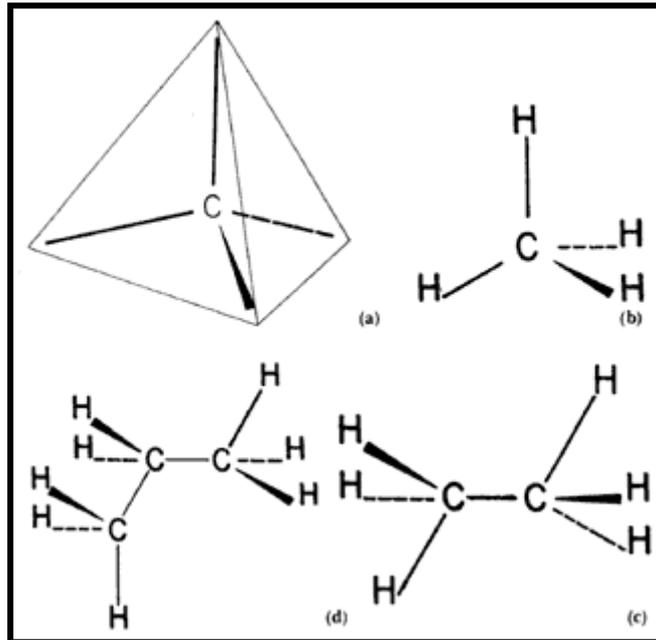
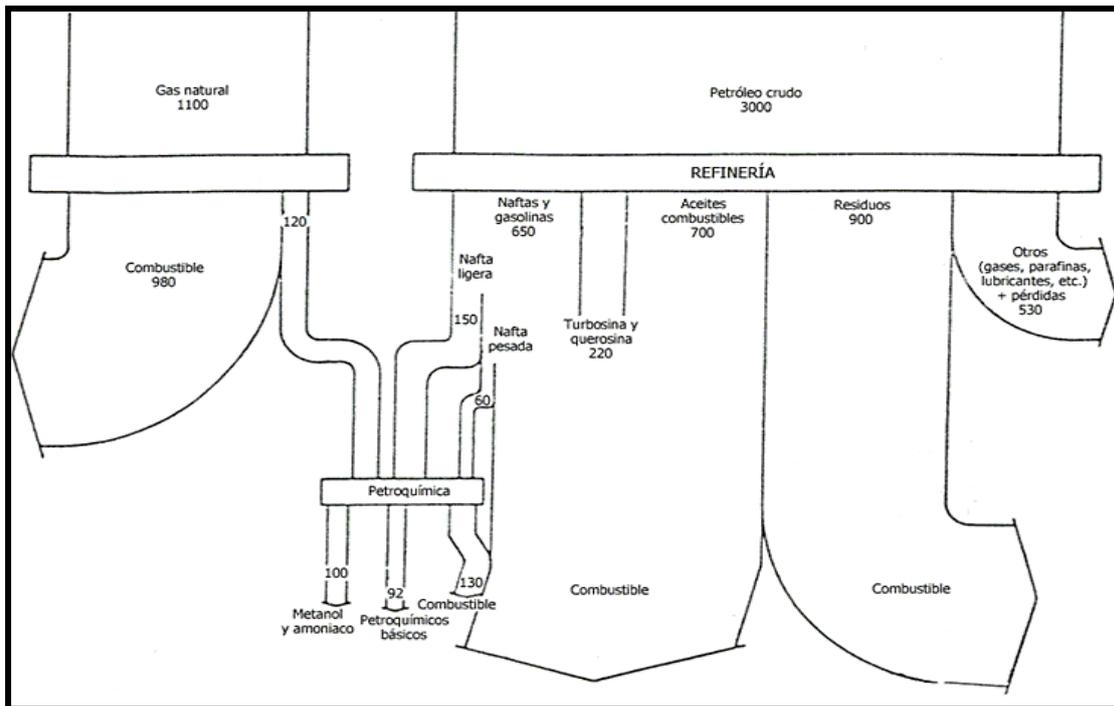


Figura 4

3.2.2.UTILIZACIÓN GLOBAL DEL PETRÓLEO

Del petróleo se aprovecha tanto el gas natural como el aceite crudo. En la figura 9 se presenta, a partir de datos de la ONUDI (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial), el destino mundial anual (1980) de los 1 100 millones de toneladas producidas de gas natural y de los 3 000 millones de toneladas de aceite crudo.



Destino de los hidrocarburos del petróleo en el ámbito mundial

Figura 5

Podemos observar que una proporción alta del destino final del petróleo es su combustión como energético. Únicamente alrededor de 7% se utiliza para la obtención de productos petroquímicos. Por lo visto, el mercado mundial no da para más.

Por lo pronto, vale la pena detenernos un poco en el cuadro de refinación. Más adelante nos ocuparemos tanto de la petroquímica que se deriva del gas natural (120 millones de toneladas al año, de acuerdo con la figura 9) como del aceite crudo (210 toneladas anuales). Pero antes de empezar veamos uno de los peligros existentes detrás de los hidrocarburos.

3.2.3.FRACCIONES DEL PETRÓLEO

La temperatura cambia a lo largo de la torre. En la parte superior se tiene la más baja, donde se encuentran en equilibrio los componentes más ligeros (y de menor punto de ebullición). Por el contrario, en la parte inferior la temperatura es mucho más alta y lo es también la proporción de los componentes pesados y menos volátiles, como se colocan diversas salidas laterales en la torre, el petróleo crudo logra separarse en varias fracciones.

Fracciones del petróleo que abandonan la torre de destilación.			
Nombre	Intervalo de temperatura de ebullición (°C)	Número de carbonos	Uso
Gas	menor de 20	1 a 4	combustible
Éter de petróleo	20 - 80	5 a 7	disolvente
Gasolina	35 - 220	5 a 12	combustible de autos
Querosén	200 - 315	12 a 16	combustible de aviones
Aceite ligero	250 - 375	15 a 18	combustible diesel
Aceite lubricante y grasas	mayor de 350	16 a 20	lubricante
Residuo	sólido	-----	combustible

Tabla 8

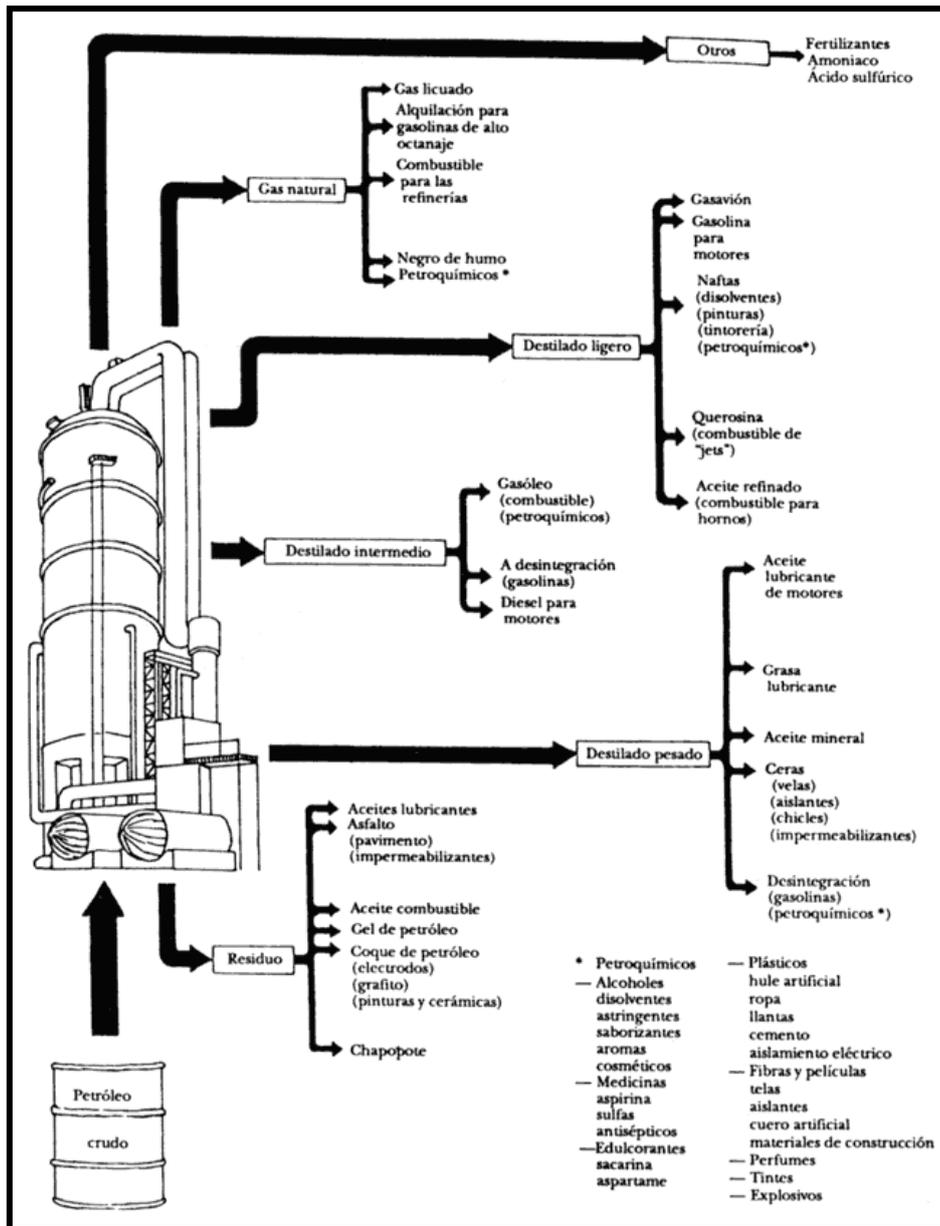


Figura 6

En la figura 6 se muestra el destino de las diferentes fracciones del petróleo, después de la destilación primaria.

Cada uno de estos procesos posteriores a la destilación proporciona mayor valor agregado a los productos del petróleo y los transforma en bienes mucho más aprovechables directamente por la población. La industria del petróleo consiste en un frondoso árbol cuyo tronco es el petróleo (crudo más gas natural), sus ramas principales son los efluentes de la destilación primaria, y cada una de éstas se deriva hacia diversos procesos ulteriores.

Así, el largo camino que parte del petróleo en el pozo y que llega hasta la camisa que usamos, consta de toda una secuencia de pasos, conocida como cadena productiva. Se entiende por cadena productiva una estructura eslabonada de productos petroquímicos que, con base en los productos básicos de la refinería, establece una secuencia genealógica que pasa por los petroquímicos intermedios y llega a los de uso final, que sirven como materia prima de multitud de bienes de consumo.⁸

3.3.TIPOS DE COMBUSTIBLES

3.3.1.Gas licuado de petróleo (LPG)

Es una mezcla de hidrocarburos livianos (gases), licuados por presión y procedentes de la refinación del petróleo. Los principales componentes son propano, butano y en menor proporción pueden estar presentes etileno, propileno, butileno y pentanos.

⁸ www.elpetroleoysusquimiderivados.htm

Su principal uso es en la industria en hornos de alta temperatura que requieren de combustibles que dejen poco residuo, en la industria hotelera y en el consumo doméstico donde es comúnmente conocido como el gas para las cocinas, un uso más reciente es el transporte, en donde se está usando como sustituto de los combustibles líquidos. Debe almacenarse y manejarse con cuidados especiales por su alta volatilidad y fácil ignición.

3.3.2.Naftas

Es una mezcla de hidrocarburos refinados parcialmente obtenida en la parte superior de la torre de destilación atmosférica. se produce dos tipos de naftas: liviana y pesada, ambas se diferencian por el rango de destilación y son la base para la producción de las gasolinas. Existen productos en el mercado internacional con el nombre de naftas, sin embargo, presentan características diferentes en su especificación técnica, especialmente en su rango de destilación. Las naftas son sumamente inflamables por lo que su manejo y almacenamiento requiere de cuidado especial. Su principal uso es como solvente de algunos productos agrícolas, también tiene un uso en la industria de pinturas y en la producción de solventes específicos.

3.3.3.Gasolinas

La gasolina como todo producto derivado del petróleo es una mezcla de hidrocarburos cuyas propiedades de octanaje y volatilidad proporcionan al motor del vehículo un arranque fácil en frío, una potencia máxima durante la aceleración, la no dilución del aceite y un funcionamiento normal y silencioso bajo las condiciones de operación del motor. Su principal uso es en motores de vehículos, motores marinos y de herramientas de trabajo como podadoras,

cortadoras o sierras. En Costa Rica se distinguen tres tipos de gasolinas: dos sin plomo que satisfacen los requerimientos de los vehículos automotores y una con plomo para aviones.

3.3.4. Gasolina Súper

Tiene un octanaje superior a 94 octanos, pertenece a la nueva generación de combustibles reformulados , ya que adiciona un componente de mezcla oxigenado, el Metil Ter Butil Eter (MTBE), como contribución para mejorar la combustión y con ello la protección al medio ambiente. Por su elevado octanaje se recomienda para aquellos vehículos con alta relación de compresión.

3.3.5. Gasolina BIOPLUS (Regular)

Tiene un octanaje superior a 88 octanos y no contiene plomo. Presenta las características adecuadas para un desempeño en motores de vehículos de baja a mediana relación de compresión.

3.3.6. Gasolina de aviación (AV-GAS)

Es una mezcla de hidrocarburos principalmente de isoparafinas y una pequeña cantidad de aromáticos, a la cual se le agregan ciertos aditivos como: tetraetilo de plomo para llevar el producto a los niveles de octanaje requeridos, además de antioxidantes y anticongelantes. Su formulación así como las características de volatilidad son bastante diferentes a las gasolinas para motor usadas en los vehículos principal uso es en aviones con motor a pistón.

3.3.7. Queroseno (canfín)

Es una mezcla de hidrocarburos proveniente de la refinación del petróleo con una volatilidad intermedia entre el diesel y la gasolina. Es el combustible base para la elaboración del producto Jet-A1 que se utiliza en aviones a turbina. Su uso principalmente es a nivel industrial en hornos de panadería y para la producción de energía en empresas manufactureras, donde su uso es muy específico. En zonas rurales se utiliza, aunque muy poco, para el alumbrado o cocción de alimentos.

3.3.8. Combustible para avión de turbina (Jet A-1)

Es una mezcla de hidrocarburos donde predominan los componentes parafínicos y nafténicos y con cantidades controladas de olefinas y aromáticos. Es un combustible con buenas características de combustión y alto contenido energético. Se utiliza en los aviones que tienen motores de turbina, tanto para vuelos comerciales como militares. Sus especificaciones son fijadas por entes internacionales reconocidos y son de cumplimiento obligado para los productores y distribuidores de este producto.

3.3.9. Diesel

Es obtenido como producto intermedio en la columna de destilación atmosférica. Muchas de sus propiedades se determinan por su composición, tales como la calidad de ignición, volatilidad, estabilidad a la oxidación, relacionándose también con la potencia, economía, el desgaste, formación de depósitos, el arranque fácil, y la emisión de gases. Sus principales usos son en motores de vehículos

principalmente camiones, autobuses, taxis, en motores estacionarios de plantas eléctricas y motores marinos, además como combustible para la producción de energía en quemadores y calderas.

3.3.10. Gasóleo (diesel pesado)

Es un combustible intermedio entre el diesel y el bunker C. Su propiedad principal es la viscosidad, la cual debe ser tomada muy en cuenta según el tipo y especificaciones del quemador en el que se use, para lograr un desempeño óptimo del mismo. Se utiliza industrialmente como fuente de energía en quemadores y hornos que requieren de un combustible menos pesado y de una menor viscosidad que el bunker C.

3.3.11. Fuel oil No.6 (Bunker C)

Se le considera como combustible residual de la destilación y craqueo del petróleo, que es un producto viscoso y con ciertos grados de impureza cuyas características generales exigen métodos especializados para su empleo. La viscosidad es una de sus principales características y debe ser tomada en cuenta para su manejo adecuado. Su uso es principalmente industrial en calderas y quemadores como una fuente de producción de energía.

3.3.12. Fuel oil intermedios (IFOS)

Son combustibles marinos residuales, provenientes de la mezclas física de Fuel Oil (Bunker C) con gasóleo y diesel. De este producto existen varios grados y se

clasifican de acuerdo a su viscosidad y a la escogencia según los requerimientos del motor en el que va ser usado, generalmente se utiliza en los motores y calderas de barcos.

3.3.13.Naftas Reformuladas

La eliminación total del agregado de derivados metálicos como mejoradores octánicos de las naftas, se basó en la necesidad de atacar el nivel de toxicidad de los gases de emisión mediante el empleo de dispositivos (convertidores catalíticos) construidos a partir de metales preciosos y para los cuales el plomo es un veneno de alto poder que inutiliza al equipo, con lo que el nivel de emisiones puede llegar a estar por encima de los vehículos sin convertidores bajando además el rendimiento del mismo.

Se puede observar que la eliminación de plomo, primer paso de la Reformulación de naftas, ha tenido un distinto grado de avance según el país, obedeciendo fundamentalmente, a la evolución de la industria refinadora, el nivel de inversiones efectuado y planificado, indispensable para la adecuación del parque refinador a las nuevas exigencias.

Una definición general de Nafta Reformulada abarca:

- Eliminación total de agregado de Plomo
- Limitación del contenido de Hidrocarburos Aromáticos
- Limitación del contenido de Hidrocarburos Olefínicos

- Limitación del contenido de Azufre
- Disminución de la Tensión de Vapor Reid
- Aumento de la Calidad Octánica
- Agregado de Derivados Oxigenados
- Empleo de Aditivos Multifuncionales

3.3.14. Gas Oil Reformulada

Dentro de la línea de Reformulación de Combustibles y siempre entendiendo por ello , no solo , mayor calidad sino un nuevo concepto. "Combustibles amigables con el Medio Ambiente" debe prestarse suma atención a los desarrollos efectuados sobre el combustible diesel.

Una definición general de Gas Oil Reformulado comprende.

- Mayor Número de Cetano
- Menor Contenido de Azufre
- Ajustada Volatilidad (Menor Temperatura del 90% de destilado)
- Menor Contenido de Hidrocarburos Aromáticos
- Presencia de aditivos multipropósitos

Un adecuado Número de Cetano, asegura : mejor arranque, una correcta combustión, disminución del ruido diesel , andar del vehículo uniforme y menor nivel de toxicidad de los gases de emisión.

Menor contenido de azufre: El contenido de azufre es la primer propiedad a ser controlada desde la óptica de limitación de los gases de emisión. El azufre que se encuentra, en mayor o menor concentración , en todos los petróleos crudos , forma compuestos que se evaporan dentro del rango de temperaturas del combustible diesel.

Una forma de disminuir el mismo se basa en la hidrogenación del gas oil que a su vez consigue hacer más estable al producto.

3.3.15.El Gas Natural Comprimido

El GNC es metano, pero obtenido de depósitos naturales. Los productos resultantes de su combustión producen menos contaminación ambiental en comparación con los otros combustibles como la gas oil y de la nafta. Debe destacarse la ausencia de humo, así como el bajo nivel de (monóxido de carbono) y los HC (hidrocarburos quemados) debe considerarse que la mayor proporción es metano no quemado que es mas liviano que el aire por lo que se disipa con rapidez.

3.3.16.El biodiesel



Figura 7

Este particular combustible encierra un enorme potencial. Es un aditivo del gasoil derivados de aceites o grasas vegetales, alternativa sin tener que introducir ningún tipo de modificación al motor, y que genera una potencia similar al gasoil convencional. Tiene además ventajas adicionales, como ser que es total y rápidamente biodegradable, no contiene azufre, y por su naturaleza de compuesto oxigenado logra una mejor combustión con una notable reducción de los conocidos humos diesel. Se trata por supuesto, de un recurso renovable, y que siendo derivado de un vegetal, no aporta anhídrido carbónico adicional a la atmósfera.

Otra de las fuentes de provisión de base vegetal para elaborar esta maravilla la constituye el mar, por intermedio de las algas y las llamadas “microalgas”, que debidamente elaboradas también son fuente del aceite necesario para el biodiesel.

Los biodiesel son producto de un proceso de “transesterificación”, proceso que combina aceites vegetales, grasas animales y / o vegetales, y / o aceites derivados de algas y microalgas con alcohol en presencia de sus sustancias catalizadoras.

El resultado es éteres del tipo graso rebautizados como biodiesel. El proceso debe ser realizado en etapas para poder separar el principal subproducto del proceso que es la glicerina, y posteriormente para separar el exceso del alcohol y poder reciclarlo. Mediante un proceso final de lavado, eliminación de agua y filtrado se obtiene el biodiesel terminado.⁹

3.4.ESPECIFICACIONES PARA COMBUSTIBLES

3.4.1.ESPECIFICACIONES PARA LA GASOLINA.

3.4.1.1.Volatibilidad.

Los motores de encendido por chispa necesitan un combustible volátil para el arranque fácil, calentamiento rápido, y buen flujo. En términos prácticos, esto significa que las temperaturas de ebullición deben estar en el rango de 30 a 215°C.

⁹ www.recope.go.cr/esp/productos.htm#p#p

Combustibles muy livianos conllevan a una pobre economía del combustible, y puede ocurrir encerramiento de vapor en la bomba de gasolina. Combustibles muy pesados dan problemas en el arranque en frío, menor fluidez, tienden a encerrar depósitos.

3.4.1.2. Calidad antigolpeteo:

Bajo severas condiciones, los motores de encendido por chispa son limitados por el golpeteo. Altas temperaturas, relaciones de compresiones, mala mezcla, y avanzadas disposiciones de las chispas llevan al golpeteo, la cual es la explosión de combustible de las últimas partes de la mezcla aire combustible preparado en el cilindro. La composición química de la gasolina determina la resistencia al golpeteo.

Para mejorar la habilidad de resistencia al golpeteo se utilizan aditivos, anteriormente se usó como principal mejorador del número de octanaje el tetraetilo de plomo y el tetrametilo de plomo, pero dada la condiciones de protección del medio ambiente se utilizan ahora compuestos oxigenados, entre los cuales podemos mencionar, el éter metilterbutílico (MTBE), el metanol (MeOH), el éter metilteramilico, y los obtenidos de biomasa como el etanol (EtOH) y el éter etiliterbutílico (ETBE) el cual es producido por el metanol reactivo (gas) con isobutileno líquido sobre una resina catalizadora de intercambiadora de iones en ácido. Los compuestos oxigenantes son hidrocarburos preusados. Contienen oxígeno, el cual no provee energía, pero su estructura provee un razonable valor antigolpeteo. La mayoría de los oxigenantes utilizados en la gasolina son alcoholes o éteres, y contienen entre 1 a 6 carbonos. Los alcoholes han sido usados desde 1930 pero no fue hasta 1973 cuando se comercializó el MTBE en Italia. La relativa ventaja de los oxigenantes ante los aromáticos es el mejor trato al medio ambiente y su baja toxicidad, siendo más un mejorador del número de octano.

3.4.1.3.Estabilidad de almacenamiento.

El deterioro de la gasolina en almacenamiento es dada normalmente por los procesos de oxidación. La oxidación conlleva a la formación de goma, un material vidriado que se puede desarrollar en las cámaras de combustión y en el sistema de entrada de combustible, interfiriendo con la operación normal del motor. En casos extremos, puede causar adhesión de los anillos del embolo y aguanta el motor. Para este problema las refinerías incluyen antioxidantes y desactivadores de metales, los cuales reducen el efecto catalítico de ciertos metales al promover la oxidación. Las especificaciones limitan la formación de goma en la gasolina fresca en 5mg/100ml, y los laboratorios hacen experimentos para saber que cantidad de oxígeno ataca a la gasolina. La tasa de oxidación aumenta el doble por cada 10°C que suba la temperatura en la condición de almacenamiento.

3.4.1.4.Compatibilidad de componentes

Bajas cantidades de materiales no hidrocarburos encontrados, o añadidos a las gasolinas pueden tener un efecto adverso en la vida útil del motor. El sulfuro, por ejemplo, causa la corrosión de los metales; el fósforo y el plomo reactivan la catálisis de oxidación; los materiales con oxígeno como el alcohol y éteres pueden causar sellamiento e incrustaciones como también promover la oxidación del motor.

3.4.2.ESPECIFICACIONES DEL COMBUSTIBLE DIESEL.

3.4.2.1.Volatibilidad.

La volatilidad de un combustible diesel tiene poca influencia en la operación del motor, excepto que afecta la tendencia de humo en el escape. El rango de destilación de un combustible diesel no permite mucha flexibilidad en esta consideración porque la interrelación e independencia con otros factores de especificaciones. Como el diesel es considerado como no flamable, se imponen restricciones mínimas del punto de inflamación.

3.4.2.2.numero de cetano.

Este factor influencia en el arranque, la duración del humo blanco después del arranque, fluidez después del encendido, y la explosión del diesel en condiciones de reposo. Si la demora en la ignición es reducido el proceso de combustión, empieza mas rápido y las emisiones de CO y HC son reducidas.

El contenido de cetano de la mezcla que concuerda con el retardo de la ignición, en el análisis del combustible es en numero de cetano. El requerimiento del numero de cetano, depende de la velocidad de operación del motor, los motores con bajas velocidades de operación, pueden usar un combustible con bajo numero de cetano. Motores marinos grandes pueden tolerar combustibles con números de cetano de hasta 20, mientras que los motores de mayor revoluciones pueden llegar hasta 55. El numero de cetano puede incrementarse usando nitratos orgánicos, dependiendo del tipo y cantidad de base usada.

3.4.2.3.Viscosidad.

La viscosidad influye en la inyección atomizada del combustible en el cilindro. Mínimos límites de viscosidad son impuestos para prevenir que el combustible cause recubrimientos en la bomba de inyección del combustible.

3.4.2.4.Fluides a bajas temperaturas.

A diferencia de las gasolinas, las cuales tienen puntos de congelación bajos hasta en el más severo ambiente de invierno, el diesel tiene puntos bajos y altos entre los rangos de temperaturas a los que son usados.

3.4.2.5.Estabilidad de almacenamiento.

En almacenamiento el diesel son atacados por el oxígeno atmosférico, el cual puede causar deposición de barniz. Antioxidantes y dispersantes son añadidos para aminorar este problema, mientras que los desactivadores de cobre metálico reduce el efecto catalítico. En la presencia de agua, la actividad bacteriana puede formar limos en el sistema de almacenamiento, llevando a la obstrucción del filtro. Bactericidas son añadidos para evitar el crecimiento bacteriano. En ambientes fríos, se corre el riesgo de cargas estáticas eléctricas producidas durante la dispensa del combustible destilado. Se añaden aditivos antiestáticos para prevenir explosiones.

3.4.2.6. Contenidos de sulfuros.

Durante la combustión los componentes de sulfuro se queman para formar subproductos ácidos, como SO_2 , SO_3 , los cuales forman sulfuros en los gases de escapes. Los sulfuros son parte de las emisiones de un motor diesel, por ello si se controla el nivel de sulfuros se reduce el nivel de contaminación.¹⁰

¹⁰ www.firm.utp.ac.pa./biblioteca/curso/Aditivos-UniversidadTecnologicadePanama

CAPITULO 4

4 ADITIVOS

Como aditivos lubricantes se entienden aquellos compuestos químicos destinados a mejorar las propiedades naturales de un lubricante, y, conferirle otras que no poseen y que son necesarias para cumplir su cometido.

Las exigencias de lubricación de los modernos equipos y grandes maquinas en general, así como los motores de combustión interna de muy altas revoluciones y pequeño cárter, obliga a reforzar las propiedades intrínsecas de los lubricantes, mediante la incorporación de aditivos químicos en pequeñas cantidades; y el hecho de que con pequeñas cantidades de estos compuestos químicos se modifiquen profundamente el comportamiento de los aceites, ha hecho que se generalice mucho su empleo.

4.1.Propiedades generales de los aditivos

Los aditivos se incorporan a los aceites en muy diversas proporciones, desde partes por millón, hasta el 20 % en peso de algunos aceites de motor. Cada aditivo tiene una o varias misiones que cumplir, clasificándose al respecto, como una o multifuncionales. Fundamentalmente, Los aditivos persiguen los siguientes objetivos:

- Limitar el deterioro del lubricante a causa de fenómenos químicos ocasionados por razón de su entorno o actividad.
- Proteger a la superficie lubricada de la agresión de ciertos contaminantes.
- Mejorar las propiedades físico-químicas del lubricante o proporcionar otras nuevas.

4.2. CLASIFICACIÓN DE ADITIVOS

PROPIEDADES SOBRE LAS QUE ACTÚA

- a) Propiedades físicas
- b) Propiedades químicas
- c) Propiedades físico-químicas

viscosidad
 congelación
 Oxidaciones a baja y alta temperatura
 Corrosiones y herrumbre
 Detergentes dispersantes y antioxidantes
 Aditivos de extrema presión para engranajes
 Antiespumantes
 Emulgentes

TIPOS DE ADITIVOS

Mejorador del I. V.
 Depresor del p. de congelación
 Anti-oxidantes
 Anti-corrosivos Anti-herrumbre
 Detergentes y antioxidantes o multifuncionales (HD)
 De untuosidad, anticorrosivos y de E. P.
 Contra formación de espuma.
 Emulsionantes.

4.3. PROPIEDADES FÍSICAS

4.3.1. Mejoradores del índice de viscosidad

Estos aditivos no modifican las propiedades intrínsecas del aceite, tales como la estabilidad térmica y química, siendo además compatibles con otro aditivo.

La acción de estos aditivos sobre el aceite se traduce en: un espesamiento general del aceite más pronunciado a temperaturas elevadas que se traduce en un aumento del I.V.

El índice de viscosidad es un número arbitrario, calculado mediante la determinación de la viscosidad del lubricante tomada a dos distintas temperaturas, el cual indica la resistencia que tiene un lubricante a cambiar su viscosidad con la temperatura. Cuando el valor de índice de viscosidad es más alto, aumenta la resistencia del lubricante a espesarse a bajas temperaturas y a licuar- se a altas.

El valor del I.V., con que se formula un lubricante, depende del uso del mismo. Los aceites para motor y los fluidos para transmisiones automáticas normalmente tienen un I.V. entre 85 y 150, mientras que algunos aceites hidráulicos y aceites especiales requieren valores de I.V. de 200 o más.

Los mejoradores de I.V. son productos químicos que se agregan a los aceites lubricantes con la finalidad de obtener un producto lo más cercano posible al lubricante ideal, por ejemplo, uno cuya viscosidad permanezca inalterable por los cambios de temperatura.

Todos los mejoradores del I.V. conocidos son polímeros de los siguientes tipos:

1. Poliisobutenos.
2. Copolímeros de alquil metacrilato.
1. Copolímeros de alquil acrilato.
2. Copolímeros de vinil acetato-alquil fumaratos.
3. Poliestireno alquilatado.

De éstos, los tipos más usados son el 1 y el 2.

Para su fabricación los productos del tipo 1 se obtienen mediante la polimerización del isobuteno a bajas temperaturas y en presencia del catalizador de Friedel-Cratis. Los tipos 2, 3 y 4 se obtienen generalmente mediante la polimerización inicial de un radical libre de un éster monomérico insaturado. Normalmente, los mejoradores del índice de viscosidad tienen pesos moleculares que fluctúan de 4.500 a 1.700.000, y su acción se encuentra limitada por su concentración y su peso molecular

4.3.2. Depresores del punto de congelación

Cuando un aceite procedente de crudos parafínicos se le somete a temperaturas bajas, sufre un cambio notable en su estado físico consistente en una congelación total. Esto es debido al alineamiento natural de los hidrocarburos que componen la masa de aceite, provocando la cristalización a bajas temperaturas de la parafina presente en las fracciones de estos tipos de lubricantes. Al ocurrir la cristalización, la parafina tiende a formar redes internas que absorben aceite formando masas gelatinosas de gran volumen, las cuales restringen el flujo o escurrimiento del aceite.

Para obtener aceite de bajo punto de congelación hay que eliminar estos productos, y esto se obtiene en la unidad de desparafinado.

En algunos casos en que el tratamiento en desparafinado no se efectúe muy severo para ciertos aceites en función de su servicio, se les puede añadir un depresor del punto de congelación en concentraciones inferiores a 0,25 %.

Los depresores del punto de congelación son productos químicos que modifican el proceso de cristalización de la parafina, de tal modo que el aceite puede escurrir a baja temperatura. Los tipos de depresores que se utilizan actualmente son polímeros de los siguientes tipos:

1. Polímeros y copolímeros de alquil metacrilato.
2. Poliacrilamidas.
3. Copolímeros de vinil carboxilato-dialquil fumaratos.
4. Poliestireno alquilado.
5. Polímeros y copolímeros de alfa-olefinas.

El rango de peso molecular de los polímeros usados como depresores, es generalmente menor que el de los polímeros usados como mejoradores del índice de viscosidad, y normalmente fluctúa de 500 a 10.000.

4.4.PROPIEDADES QUÍMICAS

4.4.1.Antioxidantes

En términos generales, la oxidación está influenciada por los siguientes parámetros, temperatura - oxígeno - tiempo - impurezas químicas en el aceite y catalizadores.

En consecuencia, el aceite atraviesa por una serie compleja de reacciones de oxidación, un ejemplo son los radicales libres, donde la auto-oxidación se forma en tres fases: iniciación, propagación y fase final, la cual se caracteriza por la combinación de radicales libres de moléculas inertes y por la transformación de

hidroperóxidos en aldehídos y en ácidos. Como consecuencia de esta polimerización, el aceite se enturbia, aumenta la viscosidad y se forman lodos.

Los antioxidantes o inhibidores de oxidación, son aditivos que se emplean para reducir estos efectos nocivos de la oxidación del aceite. Estos son sustancias capaces de retardar o impedir la fijación de oxígeno libre sobre los compuestos autooxidables, y por consiguiente la polimerización de éstos.

Los principales antioxidantes utilizados actualmente son:

1. Ditiósfatos de zinc (también efectivo como inhibidor de corrosión).
2. Fenoles bloqueados (fenoles en los cuales el grupo hidróxilo está bloqueado estéricamente).
3. Aminas:

N-fenil-alfa-naftilamifla

N-fenil-beta-naftilamifla

Tetrametildiamiflodífenilmetaflo

Acido antranílico

Fenotiacifla y derivados alquilatados.

De todos los antioxidantes antes mencionados, los que más uso tienen en aceites de cárter donde se presentan las oxidaciones a alta temperatura, son los ditiósfatos de zinc.

Para las oxidaciones a temperaturas normales que se presentan en los aceites para turbinas, compresores, transmisiones automáticas, engranajes hidráulicos, aceites de corte, etc., los antioxidantes más utilizados son los fenoles bloqueados.

4.4.2. Anticorrosivos

El término de «inhibidor de corrosión» se aplica a los productos que protegen los metales no ferrosos, susceptibles a la corrosión, presentes en un motor o mecanismo susceptible a los ataques de contaminantes ácidos presentes en el lubricante. Por lo general, los metales no ferrosos en un motor se encuentran en los cojinetes.

Los primeros tipos de inhibidores de corrosión que se utilizaron en aceites de motor fueron los fosfitos orgánicos. La mayoría no eran productos puros, sino mezclas de ditriorganofosfitas, obtenidos mediante la reacción de alcoholes o hidroxíésteres con tricloruro de fósforo.

Por 1945 la mayoría de inhibidores a base de fosfitos se sustituyeron por compuestos de azufre y fósforo, los cuales se siguen utilizando comercialmente hasta la fecha.

Los principales tipos de inhibidores de corrosión actualmente son:

1. Ditifosfatos metálicos, especialmente de zinc. El proceso típico de fabricación de este tipo de inhibidores involucra el calentamiento de alcohol ofrenol con pentasulfuro fósforo para formar el ácido diórganoditifosfórico, el cual se neutraliza con la base metálica deseada.

2. Ditiocarbonatos metálicos, principalmente de zinc. Para su obtención se parte de aminas orgánicas, disulfuro de carbono y la base metálica.

3. Terpenos sulfurizados. Se obtiene mediante el calentamiento de azufre en presencia de terpenos, lavando posteriormente con una solución acuosa alcalina con objeto de eliminar el azufre corrosivo residual.

4. Terpenos fosfosulfurizados. Estos inhibidores de la corrosión se obtienen mediante el calentamiento de pentasulfuro de fósforo con un terpeno

De los cuatro tipos de inhibidores de la corrosión, los de mayor uso comercial son los ditiofosfatos de zinc (dialquil diaril ditiofosfato de zinc).

4.4.3. Antiherrumbre

El término antiherrumbre se usa para designar a los productos que protegen las superficies ferrosas contra la formación de óxido.

En los sistemas de lubricación recirculante, tales como los utilizados en turbinas, trenes de laminación, circuitos hidráulicos, calandras, etc., el aceite utilizado debe soportar la presencia de agua, libre y/o disuelta en el mismo. Dicha agua procedente en la mayoría de los casos de condensación, conduce a la formación de herrumbre en las superficies de hierro o acero de los sistemas que contienen el aceite. Lo mismo sucede en el interior de cárter o alojamientos para el aceite de engranajes, cojinetes, compresores, motores de explosión, etc.

Si una película de aceite permanece sobre las superficies férreas, se evita su herrumbre incorporando al aceite aditivos con una especial atracción polar hacia dichas superficies. Se consigue la formación de una película muy tenaz que actúa de barrera contra la humedad.

Los aditivos anti-herrumbre son compuestos polares que desplazan la humedad que puede estar presente sobre las superficies metálicas, y forman la película protectora antes mencionada, gracias a fenómenos de absorción que hacen que sus moléculas queden fuertemente ligadas al metal, separándose del aceite.

4.5.PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

4.5.1.Detergentes

Como aditivos detergentes se entienden aquellos productos capaces de evitar o reducir la formación de depósitos carbonosos en las ranuras de los motores de combustión interna cuando operan a altas temperaturas, así como la acumulación de depósitos en faldas de pistón, guías y vástagos, de válvulas.

Los aceites de motor se ven expuestos a operar bajo la acción de elevadas temperaturas, que tienden a originar cambios en la naturaleza química del aceite, dando lugar a productos de oxidación. Estos productos, insolubles en el aceite, aparecen como diminutas partículas y llegan a aglomerarse o a depositarse en las partes internas del motor. Las primeras se sedimentan en el cráter como lodos con aspecto alquitranoso, y las otras se depositan en la camisa del pistón formando lacas y barnices.

Sin la ayuda de un aceite detergente apropiado, el aceite no puede desprender o mantener en suspensión los depósitos que se producen.

Resulta muy común confundir los términos detergente y dispersante por cuanto que la limpieza del motor se asocia más con la propiedad detergente que la dispersante. Como dispersante, ya veremos, se entienden aquellos productos

capaces de impedir la precipitación de los originados como consecuencia de operar los motores de combustión interna a bajas temperaturas con abundante condensación de agua sobre el aceite.

Los aditivos detergentes más importantes son:

a) Jabones de ácidos grasos superiores: Tales como palmitatos, estearatos, etc. Estos productos que fueron los primeros, dejaron de utilizarse debido a que actuaban como promotores de oxidación de los propios aceites.

b) Sulfonatos: Estos pueden, a su vez, clasificarse en sulfonatos naturales y sintéticos.

Los naturales proceden de la neutralización de los lodos, ácidos procedentes de la fabricación de aceites blancos. Aceite mineral + ácido sulfúrico = aceite blanco + ácidos sulfónicos. Ácidos sulfónicos + Na OH jabones ácidos (rubios) + jabones ácidos (verdes). Los jabones ácidos «rubios» son solubles en aceite, y los «verdes» son solubles en agua.

Los sintéticos proceden de la sulfonación y posterior neutralización de los fondos de alcoholación producidos durante la fabricación de jabones en polvo, a partir de los alcohol-bencenos (detergentes domésticos e industriales).

c) Fosfatos y tiofosfatos: El proceso más común para su fabricación es partir del penta-sulfuro de fósforo y una poli-olefina de alto peso molecular. El producto de la condensación se hidroliza y se neutraliza con la base del metal polivalente, bien calcio o bario.

d) Fenatos: Estos son posiblemente los más utilizados actualmente, por ser los que dan mejores resultados a temperaturas muy elevadas (motores diesel sobrealimentados). Los de mayor aceptación son los sulfo-fenatos de Ca y Ba del octil-fenol.

e) Alquil-salicilatos: El más conocido es el octil-salicilato-básico de calcio. Tanto los fenatos como los alquil-salicilatos poseen muy buenas propiedades anti-oxidantes, por lo que en cierto modo se les podría considerar como aditivos multifuncionales.

Algunos de los detergentes antes indicados y especialmente sulfonatos y fenatos, no incorporan un exceso de alcalinidad, destinada a neutralizar los ácidos de la combustión «superbásicos». Por ello, los hidróxidos de calcio o magnesio se incorporan a la molécula de sulfonato o fenato para formar un solo cuerpo, mediante la incorporación de anhídrido carbónico.

4.5.2. Dispersantes

El término dispersante se reserva para designar aquellos aditivos capaces de dispersar los «lodos húmedos» originados en el funcionamiento frío del motor. Suelen estar constituidos por una mezcla compleja de productos no quemados de la combustión, carbón, óxidos de plomo y agua. Los dispersantes recubren a cada partícula de una película por medio de fuerzas polares, que repelen eléctricamente a las otras partículas, evitando se aglomeren, o sea, que actúan como acción complementaria de los detergentes que ejercen cierta acción dispersante sobre los lodos del cárter, pero solamente operan cuando las temperaturas del motor son las normales.

Para bajas temperaturas del motor, la investigación se orientó hacia el desarrollo de compuestos orgánicos libres de metal, los cuales se denominaron originalmente: detergentes sin cenizas o dispersantes. Actualmente, se conocen seis tipos principales de dispersantes, atendiendo a su estructura química:

- Copolímeros que contienen la función éster y una o más de las funciones polares siguientes:
Amida epóxica mida éster-fosfórico Inida carboxílica Hidroxil anhídrido Eter nitilo. Esta familia de productos se obtiene mediante la copolimerización de alcohol acrilatos o metacrilatos de cadenas largas con monómeros saturados.
- Polímeros hidrocarbonados, que han sido tratados a fin de incorporar funciones polares. Tal es el caso de los poliisobutilenos.
- Las alquínil-sicinamidas de alto peso molecular.
- Amidas y poliamidas de alto peso molecular. Los productos de esta familia son preparados normalmente por la reacción de ácidos grasos de alto peso molecular.
- Esteres poliésteres de alto peso molecular, como dibenzonato de polietilen glicol, poliestearato de polivinilo y boratos de polisacáridos.
- Sales amínicas de alto peso molecular de ácidos orgánicos, tales como ácido sulfónico de petróleo, ácidos organofosforosos y mezclas de ambos.

Los aditivos de estos grupos que han tenido aceptación comercial son:

- Copolímeros de alquil metacrilato y vinil pirrolidona.
- Copolímeros de alquil metacrilato y diaquil aminoetil metacrilato.
- Poliisobutilen suceinimidas poliesteramidas.

4.5.3. Aditivos multifuncionales

Son aquellos que en una sola molécula encierran propiedades múltiples:

Detergente / antioxidante / dispersante / mejorador del índice de viscosidad,
Aditivos de extrema presión - E.P.

Como aditivos de extrema presión o E.P. se denominan aquellos productos químicos capaces de evitar el contacto destructivo metal-metal, una vez que ha desaparecido la película clásica de lubricante de una lubricación hidrodinámica. Cuando esto ocurre, se dice que llegamos a una «lubricación límite».

Esencialmente, todos los aditivos E.P. deberán contener uno o más elementos o funciones, tales como azufre, cloro, fósforo o sales carboxílicas, capaces de reaccionar químicamente con la superficie del metal bajo condiciones de lubricación límite.

La facilidad o «actividad» con que un aditivo E.P. puede reaccionar químicamente con la superficie del metal, determina en gran medida la aplicación del mismo:

Estos productos parece ser que actúan localmente en los puntos de máxima fricción para dar lugar a sulfuros, cloruros, etc., con una tensión de corte baja que les hace comportarse como un lubricante.

Típicos ejemplos de aditivos E.P. utilizados en la formulación de engranajes hipoidales son las cloroparafinas, aceites animales y vegetales sulfurizados y sulfo-fosforizados, mezcla de mono y di-alcohoilfosfitos.

Donde las condiciones de operación no son tan severas, cual es el caso de los aceites de cárter, el agente E.P. más utilizado es el ditiofosfato de zinc, ya que su propiedad E.P. une otras muy valiosas como: antioxidantes, anticorrosible

4.5.4. Aditivos de untuosidad o aceitosidad

Son compuestos que, siendo solubles con el aceite, presentan una fuerte polaridad. Tal es el caso de los ácidos animales y vegetales, los cuales permiten en condiciones de lubricación límite, disponer sus moléculas adheridas a la superficie metálica mediante fuerzas de tipo electrostático e incluso químicas, protegiéndolas cuando existen fuertes cargas o presiones en superficies metálicas que se deslizan entre sí. Se utilizan en lubricación de guías, trenes de laminación y en ciertos tipos de engranajes.

4.5.5. Antiespumantes

Cuando un aceite está sometido a una acción de batido o agitación violenta, en presencia de aire, éste queda ocluido en la masa de aquél en forma de burbujas de distinto tamaño que tienden a subir a la superficie, formando espuma más o menos persistente. Las burbujas de mayor tamaño se rompen con más facilidad que las pequeñas, jugando un importante papel en estos procesos de rotura la tensión superficial del aceite. La tendencia en la formación de espuma viene incrementada por:

Temperaturas bajas - viscosidad alta - presencia de agua - velocidades de agitación elevadas y tensiones superficiales altas.

La presencia de espuma es siempre perjudicial en los sistemas de lubricación, ya que puede plantear problemas de reboses en recipientes y cajas de engranajes, interferencias en la formación de la cuña hidrodinámica en los cojinetes, con el consiguiente riesgo de fallos mecánicos, y, finalmente, y debido a que el aire es comprensible, un comportamiento irregular o errático en la transmisión de potencia en los sistemas hidráulicos.

Los problemas que crea la espuma pueden eliminarse adicionando a los aceites aditivos antiespumantes que disminuyen el valor de la tensión superficial del aceite. El agente antiespumante más efectivo y de uso más generalizado es cierto tipo de aceites de silicona, constituido por polímeros de silicona que se adiciona en el aceite en proporción inferior al 0,001 %.

4.5.6. Aditivos emulsionantes

Estos se emplean en los aceites que se destinan a la lubricación de maquinaria expuesta al agua, pues se forma una emulsión perfecta con ésta, evitando que el aceite sea desplazado o lavado con los órganos a lubricar.

Estos aditivos mejoran la estabilidad de las emulsiones, al descender la tensión interfacial del sistema y proteger las gotas de agua por una película interfacial.

Estas emulsiones estables son generalmente indeseables para cualquier otro mecanismo; por tanto, sólo se recomiendan en aquellos casos que el servicio lo requiera, pues una emulsión estable reduce el poder lubricante (favorece la formación de herrumbre, y si existen filtros de aceite, éstos se obstruyen). De aquí que solamente se utilicen estos aceites para maquinaria de cubierta en barcos y algunos émbolos mecánicos de máquinas de vapor saturado, donde existen grandes condensaciones de vapor de agua.

4.5.7. Elevador de octanaje:

El elevador de presión del octano de la gasolina se diseñó para aumentar económicamente el número de octano de la gasolina corriente en 2 números de octano (Ron)

El MTBE es un oxigenante que se agrega a las gasolinas para mejorar su combustión y elevar el octanaje. Las características que debe tener el MTBE son la solubilidad para facilitar el proceso de mezclado el mismo que no debe exigir la utilización de medios mecánicos dificultosos para su preparación, otra de las propiedades es la volatilidad la cual debe ser relativamente alta para facilitar la distribución en los cilindros, y por ultimo la toxicidad esta propiedad nos indica el grado toxico que tiene el aditivo el cual debería ser mínimo para que no afecte a la salud y el medio ambiente.¹¹

¹¹ Lubricantes y lubricación aplicada/José Benlloch Maria/Ediciones Ceac 1984

CAPITULO 5

5.PRUEBAS

Objetivos

- Verificar el efecto que tienen los aditivos en los lubricantes y combustibles
- Diagnosticar en forma tecnica la variación que causa el aditivo en los lubricantes y combustibles
- Evaluar el comportamiento del motor con parámetros de funcionamiento con aditivo y sin el uso del mismo

5.1.PRUEBA CON EL ADITIVO ANTI ESPUMANTE

Especificaciones

RPM de la prueba	2000 RPM
Volumen de prueba	600 Cm ³
Tiempo de la prueba	60 Seg.
Tiempo de Reposo	120 Min.
Tipo de Aceite	SAE 40
Aditivo	Anti espumante

Para esta prueba utilizaremos un motor eléctrico de una licuadora con una potencia de 600 watts que nos permite obtener 2000 RPM



Primero mezclamos el aditivo con una parte del lubricante



Luego medimos el volumen de prueba y lo ponemos en la licuadora



Encendemos el motor de la licuadora y lo hacemos girar a 2000 RPM y el resultado lo vertimos en un frasco para que repose



Este procedimiento lo repetimos con el lubricante sin aditivo y con el lubricante que tiene el doble de aditivo



Aparentemente iguales los tres casos pero luego de un momento de reposo el aceite se asienta y queda la espuma como lo veremos a continuación



En este caso el lubricante no tenia aditivo y vemos un volumen considerable de espuma



En este caso el lubricante tenia aditivo y podemos observar que el volumen de espuma es mínimo



En este caso el lubricante tenia el doble de aditivo y no existe espuma pero la consistencia del lubricante cambio se hizo mas espeso.

5.2.PRUEBA CON EL ADITIVO ANTI DESGASTE

Especificaciones

Automóvil marca	Suzuki
Modelo	Forza 1
Año	1991
Kilometraje al inicio de la primera muestra	237457 Km.
Kilometraje al final de la primera muestra	239957 Km.
Total recorrido con la primera muestra	2500 Km.
Kilometraje al inicio de la segunda muestra	239957 Km.
Kilometraje al final de la segunda muestra	242457 Km.
Total recorrido con la segunda muestra	2500 Km.
Tipo de lubricante	SAE 40
Volumen de prueba	4080 Lts.
Aditivo	Anti desgaste

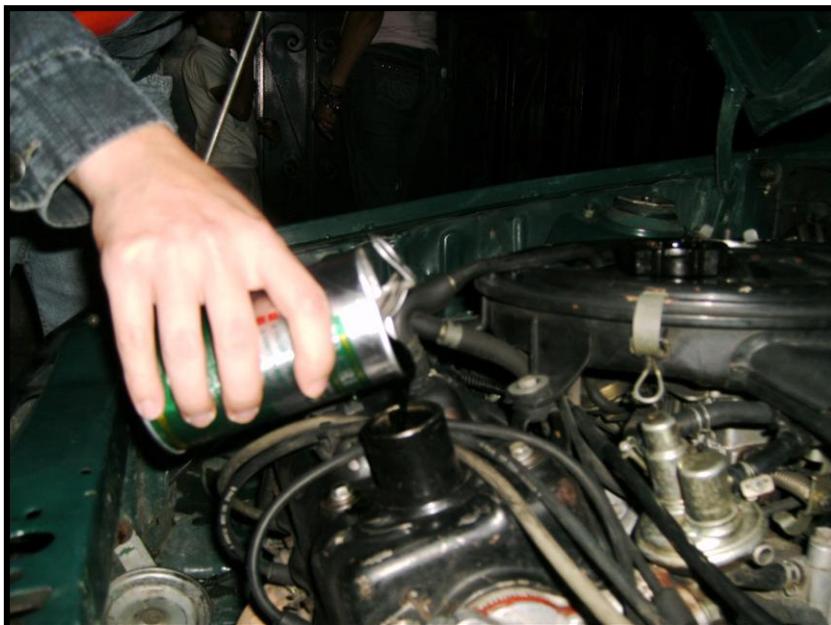
Primero sacamos el anterior lubricante



Luego ponemos el lubricante de prueba en el vehiculo



Luego ponemos el aditivo en el vehiculo



Procedemos a sacar el lubricante del automóvil después de recorridos 2500 km. Y recolectamos en un embase para el análisis correspondiente que se lo realizara en los laboratorios de cepsa.



Para la segunda muestra procedemos de igual manera solo que en esta ocasión no se utilizara el aditivo.



5.3.PRUEBA CON EL ADITIVO ELEVADOR DE OCTANAJE

Especificaciones

Banco de pruebas	TE 15 - PLINT
Motor	
Diámetro del pistón	85 mm
Carrera	82.5 mm
Cilindrada	468,14 Cm ³
Numero de cilindros	1
Relación de compresión	8 : 1
Aceleración	100%
Angulo de encendido	20°

Brazo de palanca	265 mm
Volumen de prueba	25 Cm ³
Combustible	<ul style="list-style-type: none"> • Gasolina Extra • Gasolina Extra Aditivada • Gasolina Súper • Gasolina Súper Aditivada
Densidad del combustible	
<ul style="list-style-type: none"> • Gasolina Extra • Gasolina Extra Aditivada • Gasolina Súper • Gasolina Súper Aditivada 	<ul style="list-style-type: none"> • 0.73508 gr / Cm³ • 0.7316 gr / Cm³ • 0.73928 gr / Cm³ • 0.7368 gr / Cm³
Q neto del combustible	
<ul style="list-style-type: none"> • Gasolina Extra • Gasolina Extra Aditivada • Gasolina Súper • Gasolina Súper Aditivada 	<ul style="list-style-type: none"> • 47428.24 j / gr • 36753.98 j / gr • 48373.02 j / gr • 37791.4 j / gr
Rango de revoluciones	900 RPM a 2000 RPM

Primero ponemos en marcha el motor mediante el mando respectivo

Luego dejamos que el motor alcance la temperatura adecuada en este caso por ser un circuito abierto 60°

Luego ajustamos la relación de compresión

Ajustamos el ángulo de avance al encendido

Cambiamos el combustible por nuestro combustible de pruebas



En condiciones estables procedemos a la lectura de datos.



Registramos estos datos para luego realizar los cálculos respectivos, este procedimiento lo repetimos para todos los combustibles de prueba



CAPITULO 6

6.ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1.CON EL ADITIVO ANTI ESPUMANTE

PRUEBAS	VOLUMEN DE ESPUMA
Lubricante sin aditivo	180 Cm ³
Lubricante con aditivo	45 Cm ³
Lubricante con el doble de aditivo	0 Cm ³

Si tomamos en cuenta que el volumen de prueba es 600 Cm³ podemos decir que el lubricante sin aditivo produjo un 30% de espuma el lubricante con aditivo un 7.5% de espuma mientras que el lubricante con el doble de aditivo no produjo espuma

6.2.CON EL ADITIVO ANTI DESGASTE

CEPSA S.A.

División Lubricantes

Castrol Lab Check

Muestra #: 19
 Fecha de Ingreso: FEBRERO/8/2007
 Fecha de Reporte: FEBRERO/13/2007

CLIENTE:	SR. JOSE MORA SAONA
DIRECCION/TELEFONO:	
PRODUCTO:	ACEITE SAE 40
REP. DE VENTAS:	SR. PATRICIO MONTALVO
EQUIPO/VEHICULO:	AUTOMOVIL (#1)
MARCA/MODELO/SERIE:	SUZUKI FORSA 1 AÑO 1991
HRS/KMS ACEITE:	2500 KMS
CAP CARTER/COMBUSTIBLE:	---- /GASOLINA
HRS/KMS MAQUINARIA:	239957 KMS.
RELLENOS:	NO

FECHA CONTROL	FEBRERO/9/2007	VALORES TIPICOS CASTROL HD 40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	77.98	146.47 (±25%)
VISCOSIDAD 100 °C (cSt)	10.69	14.47(± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	86	97
CONTENIDO DE DILUCION (%Vol)	6%	MAXIMO 3
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2

Metales de desgaste (ppm)

HIERRO (Fe)		
COBRE (Cu)		
CROMO (Cr)		
PLOMO (Pb)		
ALUMINIO (Al)		
SILICIO (Si)		

OBSERVACIONES/COMENTARIOS:

Aceite fuera de especificaciones debido a la dilución por combustible que presenta (6%).
 Se recomienda drenar el aceite y chequear el sistema de carburación.

DRA LILIANA VASCONEZ

CEPSA S.A.

División Lubricantes

Castrol Lab Check

Muestra #: 20
Fecha de Ingreso: FEBRERO/8/2007
Fecha de Reporte: FEBRERO/13/2007

CLIENTE: SR. JOSE MORA SAONA
DIRECCION/TELEFONO:
PRODUCTO: ACEITE SAE 40
REP. DE VENTAS: SR. PATRICIO MONTALVO
EQUIPO/VEHICULO: AUTOMOVIL (#2)
MARCA/MODELO/SERIE: SUZUKI FORSA 1 AÑO 1991
HRS/KMS ACEITE: 2500 KMS
CAP CARTER/COMBUSTIBLE: ---- /GASOLINA
HRS/KMS MAQUINARIA: 242457 KMS.
RELLENOS: NO

FECHA CONTROL	FEBRERO/9/2007	VALORES TIPICOS CASTROL HD 40
VISCOSIDAD 40 °C (cSt)	109.77	146.47 (±25%)
VISCOSIDAD 100 °C (cSt)	13.33	14.47(± 25%)
INDICE DE VISCOSIDAD	99	97
CONTENIDO DE DILUCION (%Vol)	4%	MAXIMO 3
CONTENIDO DE AGUA (%Vol)	NEGATIVO	MAXIMO 0.2

Metales de desgaste (ppm)

HIERRO (Fe)		
COBRE (Cu)		
CROMO (Cr)		
PLOMO (Pb)		
ALUMINIO (Al)		
SILICIO (Si)		

OBSERVACIONES/COMENTARIOS:
Aceite fuera de especificaciones debido a la dilución por combustible que presenta (4 %).
Se recomienda drenar el aceite y chequear el sistema de carburación.

DRA LILIANA VASCONEZ

6.3.CON EL ADITIVO ELEVADOR DE OCTANAJE

Datos de Lectura

Gasolina extra

Test	N revs	Fuerza	T
N	RPM	N	Seg.
1	900	49	59.8
2	1200	51.5	47.6
3	1500	47	40.7
4	1800	40	35.9
5	2000	36	33.7

Gasolina extra aditivada

Test	N revs	Fuerza	T
N	RPM	N	Seg.
1	900	52	59.2
2	1200	53.5	45.2
3	1500	49.5	39.3
4	1800	42.5	35.4
5	2000	37	32.8

Gasolina súper

Test	N revs	Fuerza	T
N	RPM	N	Seg.
1	900	52	59
2	1200	54	44.9
3	1500	50	39.6
4	1800	43.5	38
5	2000	37.5	32.6

Gasolina súper aditivada

Test	N revs	Fuerza	T
N	RPM	N	Seg.
1	900	54	64.8
2	1200	56	48.3
3	1500	51.5	42.3
4	1800	46	38.3
5	2000	40.5	34.6

Cálculos

Torque

$$Tq = F * L$$

$$Tq1 = 49 \text{ N} * 0.265 \text{ m} = 12.99 \text{ Nm}$$

Potencia

$$Pf = Tq * W$$

$$W = 2\pi \# \text{Revs} / 60 \quad W = 2\pi 900 / 60 = 94.248$$

$$Pf1 = 12.99 \text{ Nm} * 94.248 \text{ Rad/seg} = 1.224 \text{ Kw}$$

Consumo de Combustible

$$m_c = V_c * d_{\text{gas}}$$

$$V_c = V \text{ prueba} / T \quad V_c = 25 \text{ Cm}^3 / 59.8 \text{ s} = 0.4181 \text{ Cm}^3/\text{s}$$

$$m_c = 0.4181 \text{ Cm}^3/\text{s} * 0.73508 \text{ gr/ Cm}^3 * 3.6 = 1.106 \text{ Kg/h}$$

Eficiencia Termica

$$\eta_t = Pf / m_c * Q_{\text{neto}}$$

$$\eta_t = 1.224 \text{ Kw} / 1.106 \text{ Kg/h} * 47428.24 \text{ j/gr} * 3600 * 100\% = 8.397 \%$$

Gasolina Extra sin Aditivo							
Tes t	Revolucione s	Fuerza	T	Brazo de Palanca	Volumen de Prueba	Q Neto	d gas.
N	RPM	N	Seg.	m	Cm ³	j / gr	gr / Cm ³
1	900	49	59,8	0,265	25	47428,2 4	0,7350 8
2	1200	51,5	47,6	0,265	25	47428,2 4	0,7350 8
3	1.500	47	40,7	0,265	25	47428,2 4	0,7350 8
4	1800	40	35,9	0,265	25	47428,2 4	0,7350 8
5	2.000	36	33,7	0,265	25	47428,2 4	0,7350 8

Tes t	Tq	W	Pf	mc	nt
N	Nm	Rad/S	Kw	Kg/h	%
1	12,99	94,248	1,22 4	1,106	8,397
2	13,65	125,66 4	1,71 5	1,390	9,366
3	12,46	157,08	1,95 6	1,625	9,136
4	10,60	188,49 6	1,99 8	1,843	8,230
5	9,54	209,44	1,99 8	1,963	7,725

Gasolina Extra con Aditivo							
Tes t	Revolucione s	Fuerza	T	Brazo de Palanca	Volumen de Prueba	Q Neto	d gas.
N	RPM	N	Seg.	m	Cm ³	j / gr	gr / Cm ³
1	900	52	59,2	0,265	25	36753,9 8	0,7316
2	1200	53,5	45,2	0,265	25	36753,9 8	0,7316
3	1.500	49,5	39,3	0,265	25	36753,9 8	0,7316
4	1800	42,5	35,4	0,265	25	36753,9 8	0,7316
5	2.000	37	32,8	0,265	25	36753,9 8	0,7316

Tes t	Tq	W	Pf	mc	nt
N	Nm	Rad/S	Kw	Kg/h	%
1	13,78	94,248	1,299	1,112	11,437
2	14,18	125,66 4	1,781 6	1,457	11,979
3	13,12	157,08	2,060	1,675	12,046

4	11,26	188,49 6	2,123	1,860	11,179
5	9,81	209,44	2,054	2,007	10,020

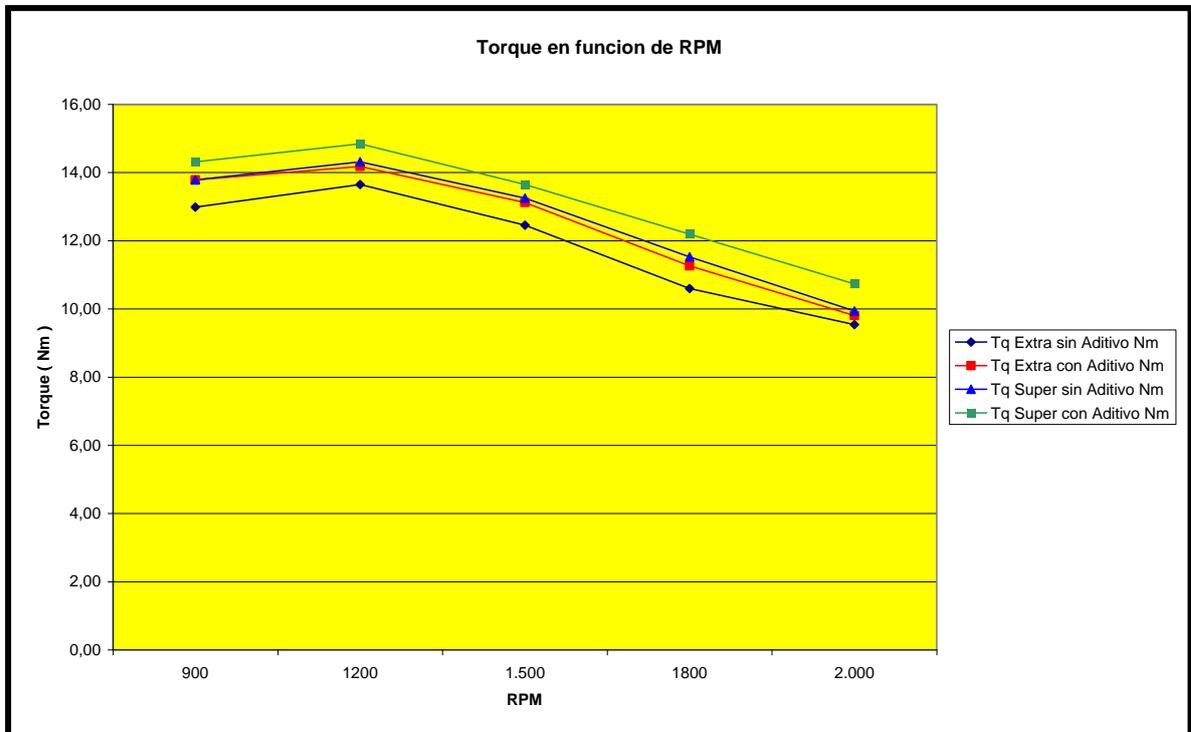
Gasolina Super sin Aditivo							
Test	Revoluciones	Fuerza	T	Brazo de Palanca	Volumen de Prueba	Q Neto	d gas.
N	RPM	N	Seg.	m	Cm ³	j / gr	gr / Cm ³
1	900	52	59	0,265	25	48373,0 2	0,7393
2	1200	54	44,9	0,265	25	48373,0 2	0,7393
3	1.500	50	38	0,265	25	48373,0 2	0,7393
4	1800	43,5	34	0,265	25	48373,0 2	0,7393
5	2.000	37,5	32,6	0,265	25	48373,0 2	0,7393

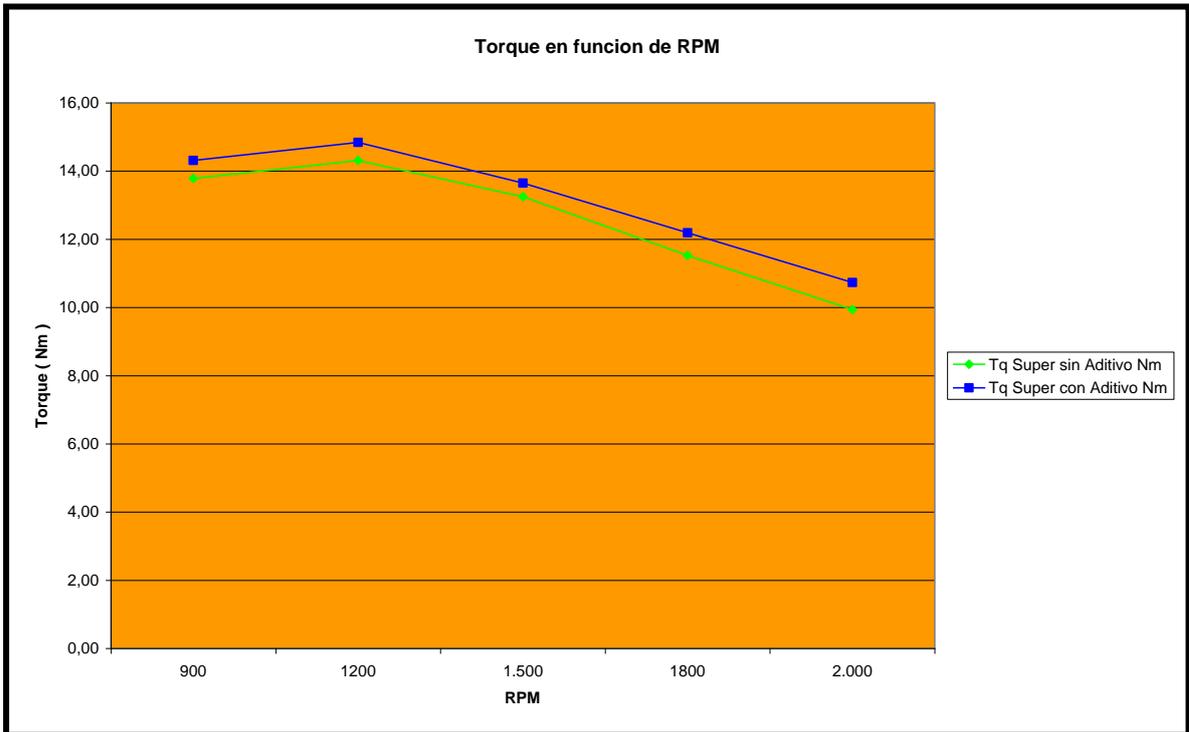
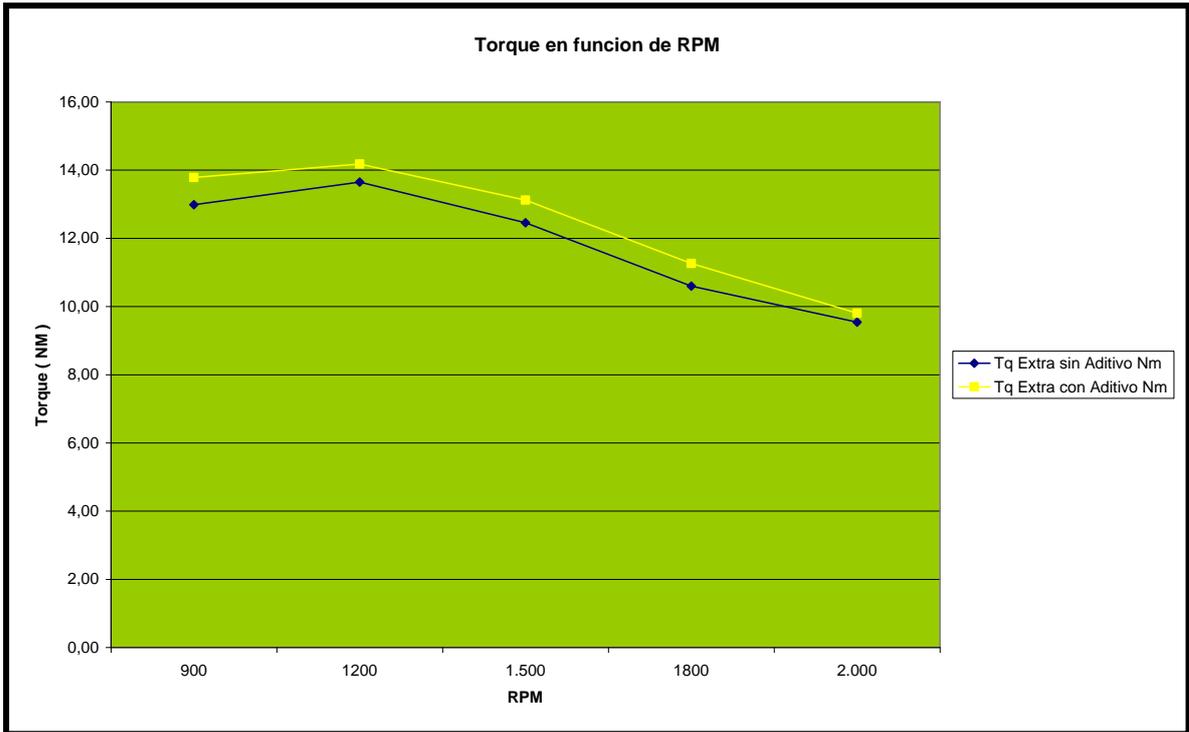
Test	Tq	W	Pf	mc	nt
N	Nm	Rad/S	Kw	Kg/h	%
1	13,78	94,248	1,299	1,128	8,571
2	14,31	125,66 4	1,798 3	1,482	9,031
3	13,25	157,08	2,081	1,751	8,846
4	11,53	188,49 6	2,173	1,957	8,263
5	9,94	209,44	2,081	2,041	7,589

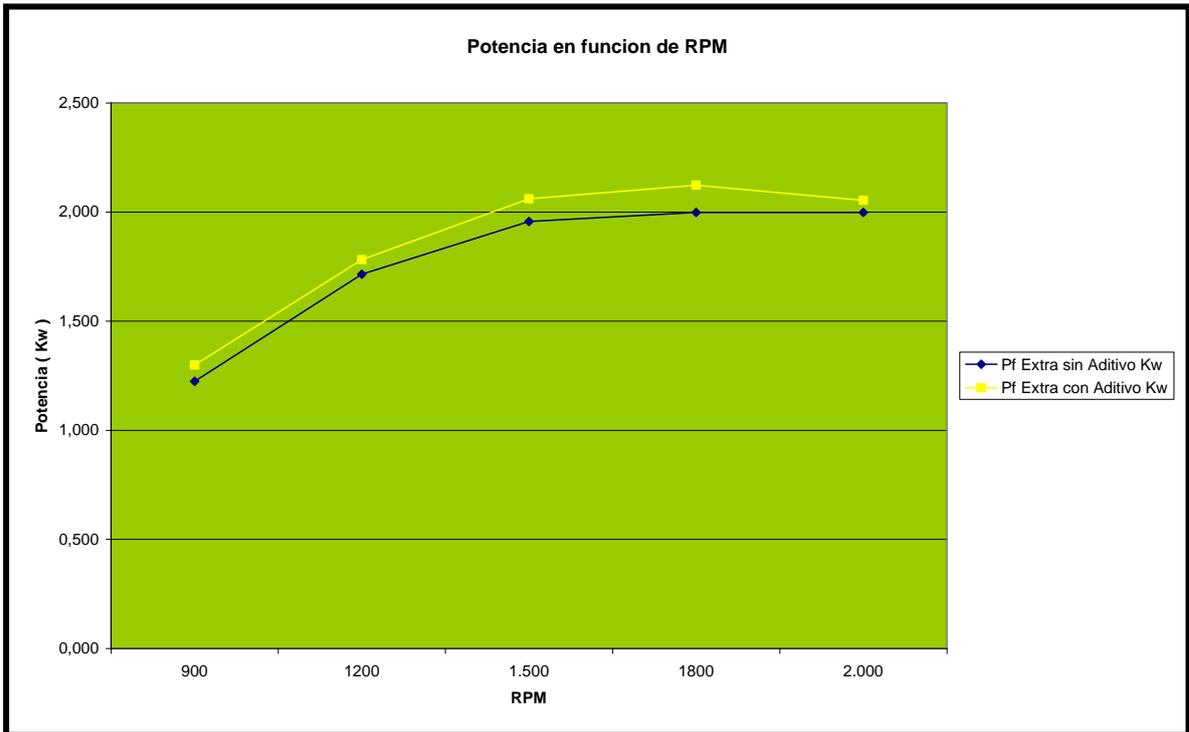
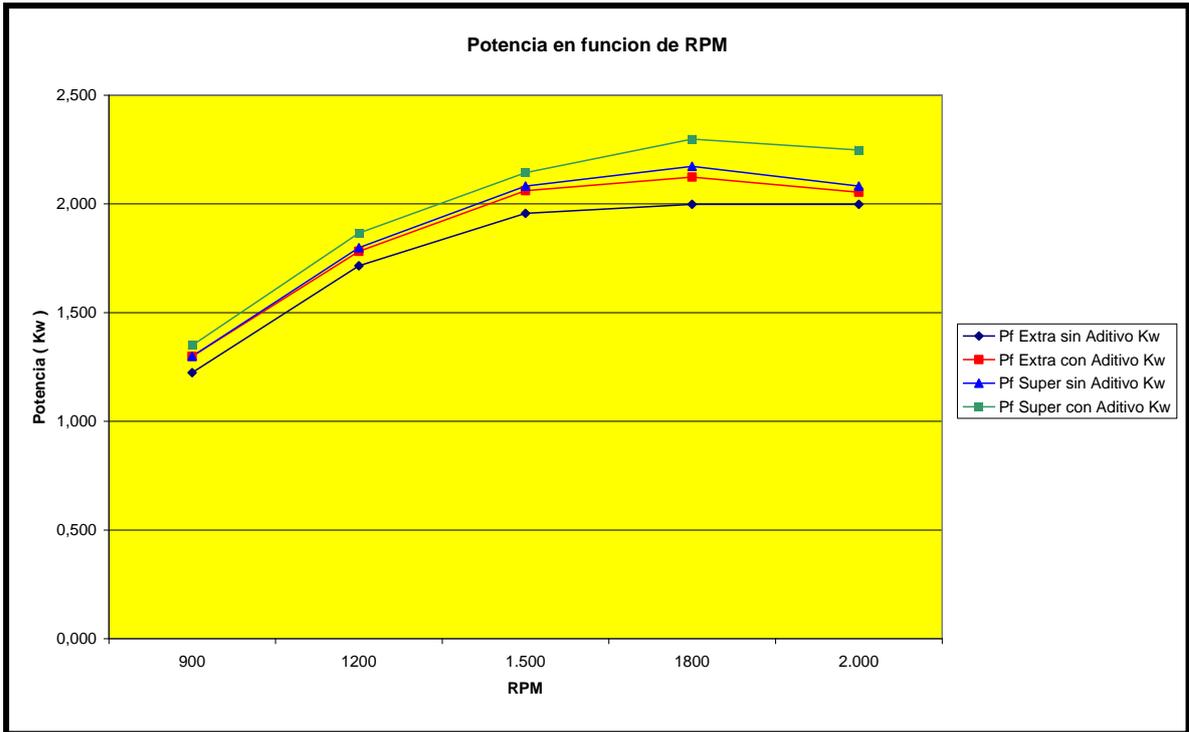
Gasolina Super con Aditivo							
Test	Revoluciones	Fuerza	T	Brazo de Palanca	Volumen de Prueba	Q Neto	d gas.
N	RPM	N	Seg.	m	Cm ³	j / gr	gr / Cm ³
1	900	54	64,8	0,265	25	37791, 4	0,7368
2	1200	56	48,3	0,265	25	37791,	0,7368

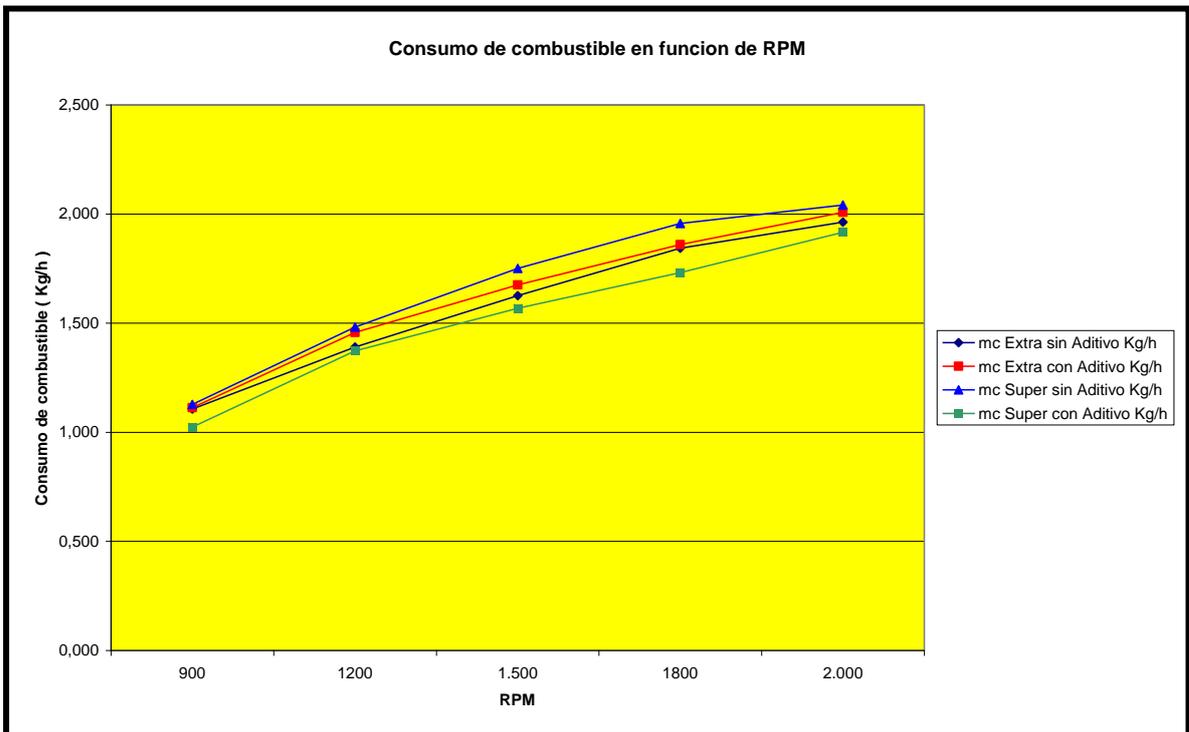
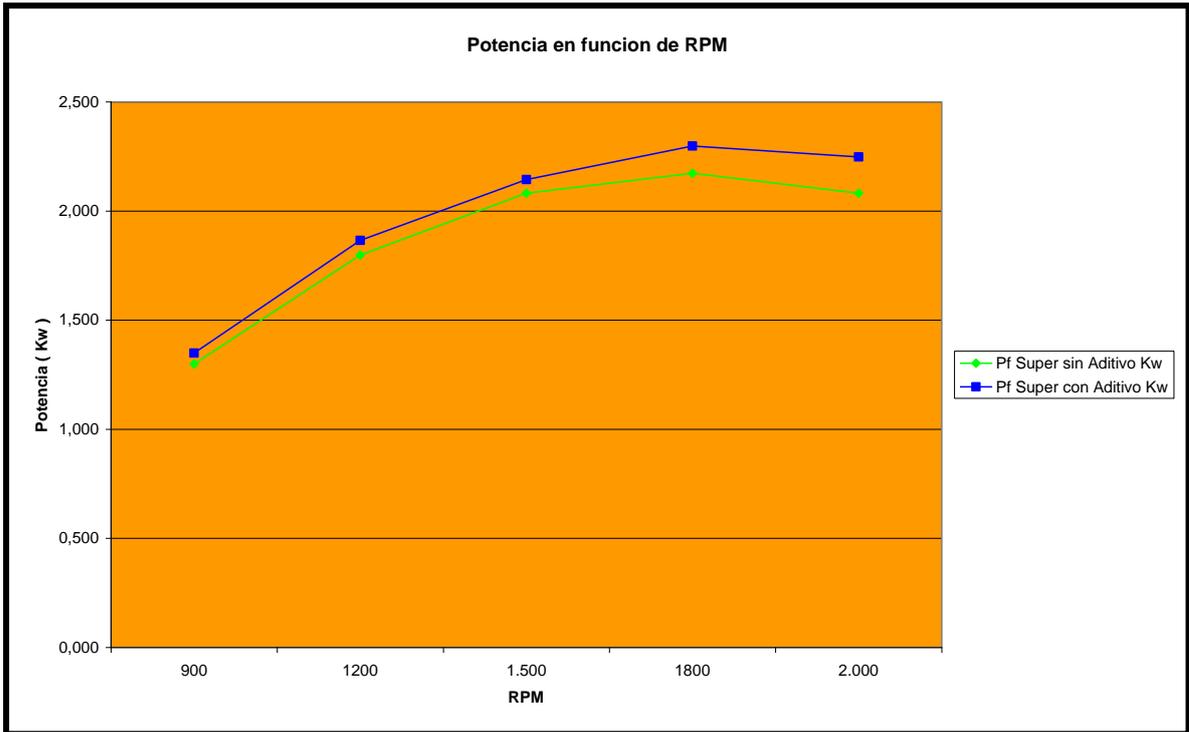
						4	
3	1.500	51,5	42,3	0,265	25	37791,4	0,7368
4	1800	46	38,3	0,265	25	37791,4	0,7368
5	2.000	40,5	34,6	0,265	25	37791,4	0,7368

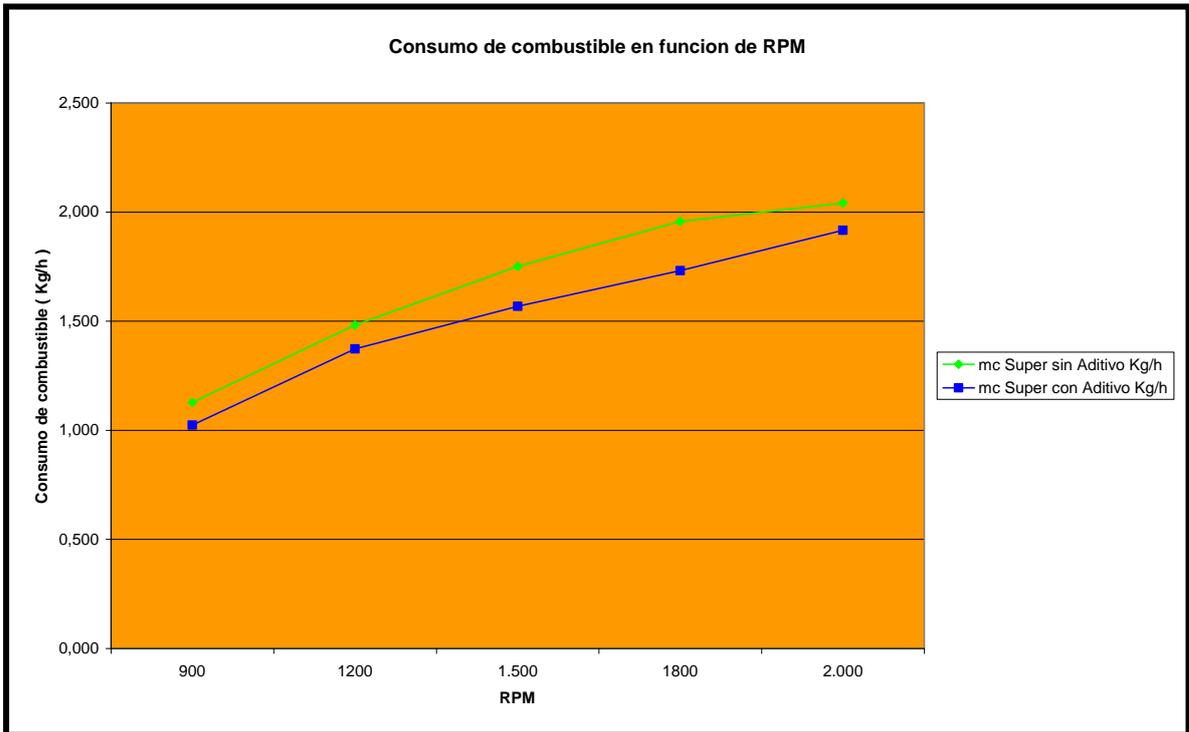
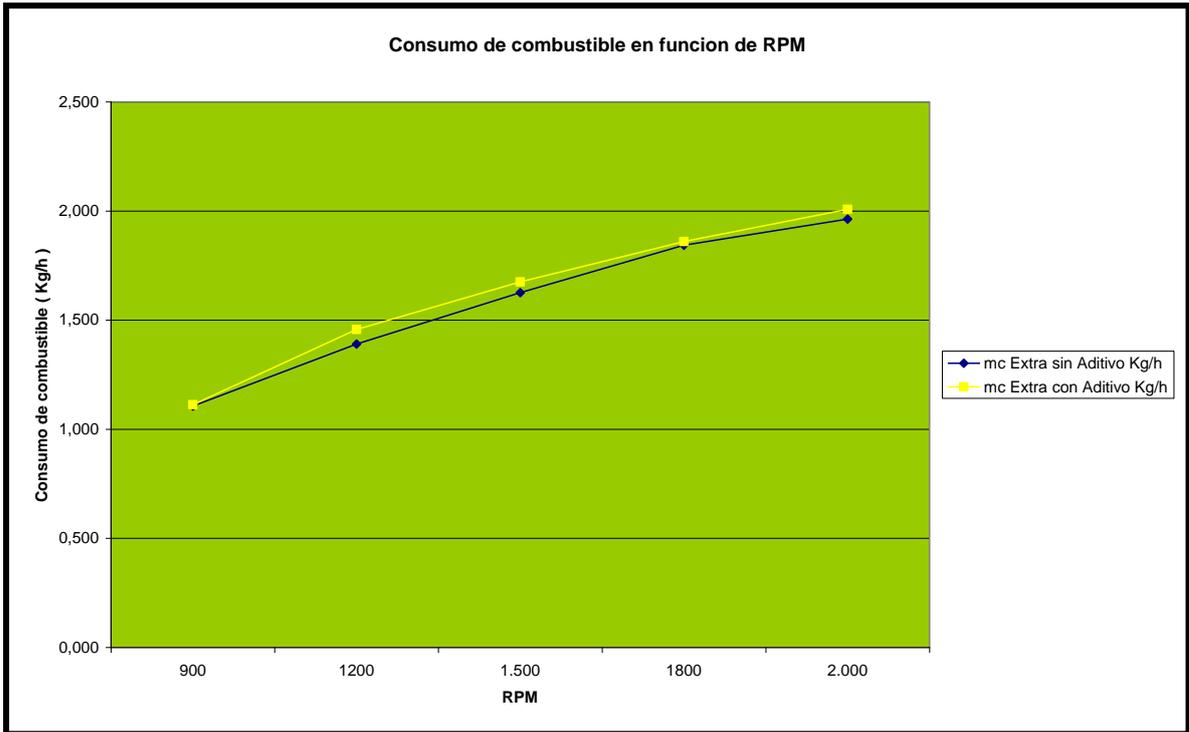
Test	Tq	W	Pf	mc	nt
N	Nm	Rad/S	Kw	Kg/h	%
1	14,31	94,248	1,349	1,023	12,555
2	14,84	125,664	1,8649	1,373	12,939
3	13,65	157,08	2,144	1,568	13,027
4	12,19	188,496	2,298	1,731	12,642
5	10,73	209,44	2,248	1,917	11,173

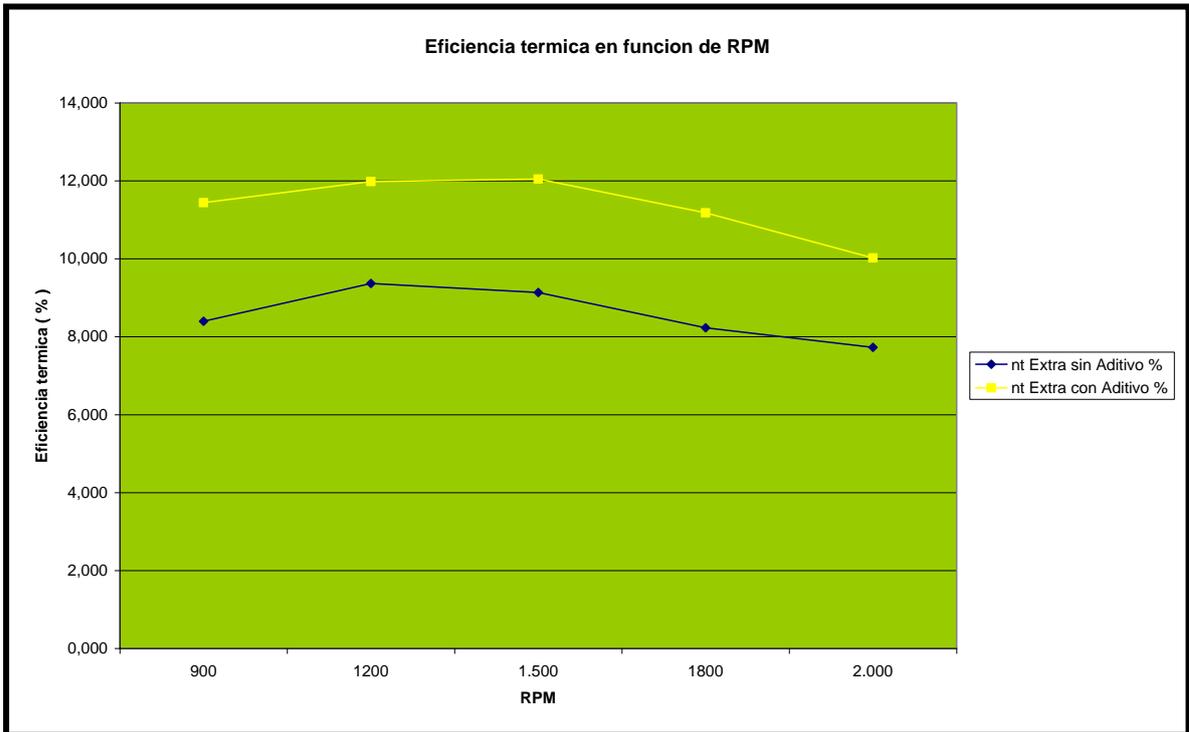
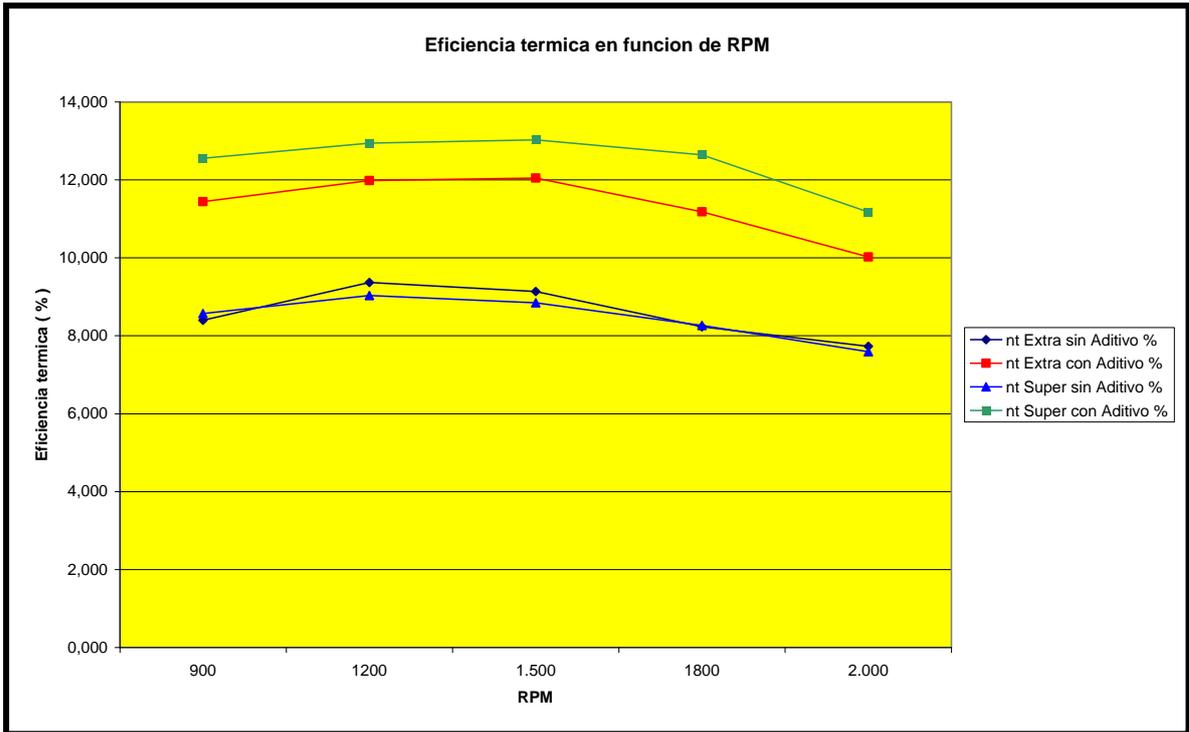


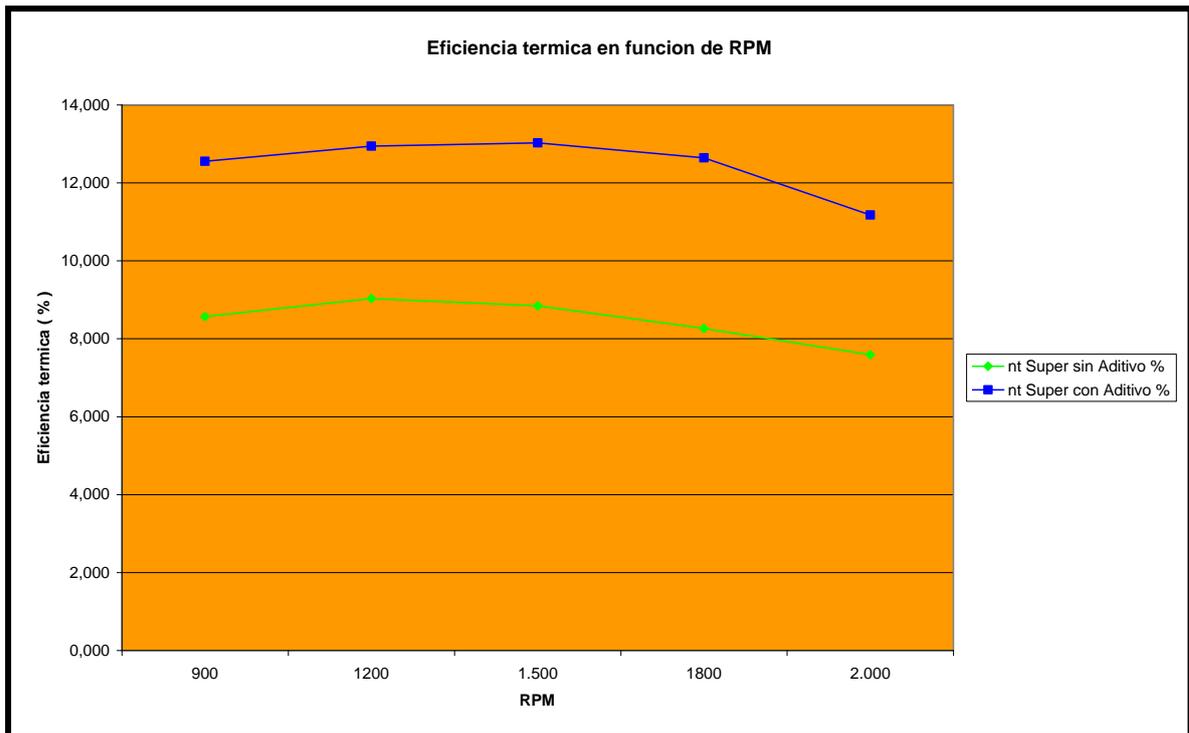












CONCLUSIONES

Con respecto al aditivo anti espumante

- Sin el uso del aditivo anti espumante se produce un 30% de espuma.
- Con el uso del aditivo anti espumante se reduce el volumen de espuma en un 22.5% .
- Con el uso del doble de aditivo anti espumante no se produce espuma.

- Al usar el doble de aditivo anti espumante el lubricante a la vista y el tacto se vuelve mas viscoso.

Con respecto al aditivo anti desgaste

- Con el uso del aditivo anti desgaste la viscosidad aumenta en un 28.96% a 40°C
- Con el uso del aditivo anti desgaste la viscosidad aumenta en un 19.80% a 100°C
- Con el uso del aditivo anti desgaste el índice de viscosidad aumenta en un 13.13%
- Con el uso del aditivo anti desgaste el contenido de diluyente disminuye en un 2%

Con respecto al aditivo elevador de octanaje

En la gasolina extra

- Con respecto al torque podemos decir que con el uso del elevador de octanaje el torque promedio aumento en un 4.68%.

- Con respecto a la potencia podemos decir que con el uso del elevador de octanaje la potencia promedio aumento en un 4.58%.
- Con respecto al consumo de combustible podemos decir que con el uso del elevador de octanaje el consumo de combustible promedio aumento en un 2.27%.
- Con respecto a la eficiencia térmica podemos decir que con el uso del elevador de octanaje la eficiencia térmica promedio aumento en un 24.37%.

En la gasolina súper

- Con respecto al torque podemos decir que con el uso del elevador de octanaje el torque promedio aumento en un 4.43%.
- Con respecto a la potencia podemos decir que con el uso del elevador de octanaje la potencia promedio aumento en un 4.77%.
- Con respecto al consumo de combustible podemos decir que con el uso del elevador de octanaje el consumo de combustible promedio se redujo en un 8.94%.

- Con respecto a la eficiencia térmica podemos decir que con el uso del elevador de octanaje la eficiencia térmica promedio aumento en un 32.14%.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable usar aditivo anti-espumante en los aceites minerales ya que reduce la formación de espuma.
- Es recomendable usar aditivo anti-desgaste en los aceites minerales ya que reduce la fricción en el motor claro que la eficiencia de este aditivo se ve a lo largo de la vida útil del motor.
- No es recomendable usar aditivos en los aceites sintéticos pues estos ya tienen un paquete de aditivos y al aumentar otros aditivos podríamos ocasionar reacciones que perjudiquen al motor.

- Es recomendable usar el elevador de octanaje en la gasolina súper ya que aumenta el torque, la potencia y la eficiencia térmica y además reduce el consumo de combustible.
- Si bien en la gasolina extra se aumenta el consumo de combustible es recomendable usar el elevador de octanaje ya que aumenta el torque, la potencia y la eficiencia térmica.

BIBLIOGRAFIA

Manual del automóvil/Ediciones Culturales/Edición 1999

Lubricantes y lubricación aplicada/José Benlloch Maria/Ediciones Ceac 1984

Tablas de la técnica del automóvil/Gtz/Editorial Reverte 1980

Internet

www.firm.utp.ac.pa/biblioteca/Curso/Aditivos-UniversidadTecnológica Panamá

www.ingenierosdelubricacion.com

www.nyelubricants.com

www.widman.biz/aplicaciones/limpieza/limpieza.html

www.tq.educ.ar/tq030281/html/bib.htm

www.elpetroleoysusquimiderivados.htm

www.repsolypf.com

www.quimica.unpl.edu.ar/cindeca

Latacunga, Marzo 2007

REALIZADO POR:

José Fabián Mora Saona

EL COORDINADOR DE CARRERA

Ing. Juan Castro C.

EL SECRETARIO ACADÉMICO

Dr. Eduardo Vásquez Alcázar

