



29
201
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

Facultad de Química

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIE-
DES FISICOQUIMICAS DE LOS ACEITES
LUBRICANTES EN MEXICO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
Q U I M I C O
P R E S E N T A
JORGE ARTURO LOPEZ RUIZ

MEXICO, D.F.

OCTUBRE 1991

FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	PAGINA
INTRODUCCION	I
RESUMEN	1
1.- BREVE MARCO HISTÓRICO DE LOS LUBRICANTES	3
MARCO TEORICO	
1.1 REVISION DE ALGUNOS ASPECTOS FISICOS	5
La Interfase	5
La Friccion	6
Friccion entre superficies sin lubricar	8
Ley de Amonton	8
Friccion entre superficies lubricadas	8
1.2 REOLOGIA	12
1.2.1 Generalidades	12
1.3 VISCOSIDAD NEWTONIANA	15
1.3.1 Generalidades	15
1.4 CLASIFICACION DE LOS DIFERENTES FLUIDOS	16
1.4.1 Fluidos independientes del tiempo	16
1.4.2 Aspectos generales de los fluidos independientes del tiempo de aplicacion de la fuerza	17
1.4.3 Fluidos Newtonianos	17
1.4.4 Fluidos No-Newtonianos	20
Fluidos Seudoplasticos	22
Fluidos Dilatantes	24
Fluidos Plasticos	25

1.4.5 fluidos dependientes del tiempo	26
fixotropia	26
Fluidos Reopecticos	28
Tixotropia Negativa	29
Fluidos Viscoelasticos Lineales	31
Efecto Weissenberg	33
Fluidos Viscoelasticos No Lineales	33
2.- PROPIEDADES DE LOS ACEITES LUBRICANTES	35
2.0 Generalidades	35
2.1 Algunos usos y aplicaciones de los lubricantes	38
2.2 Clacificacion de los lubricantes	39
2.3 Caracteristicas generales de los aditivos	40
2.4 Pruebas para la efectividad de los aditivos	43
2.5 Las principales caracteristicas de los aditivos	44
Inhibidores de oxidacion y corrosion	44
Mejoradores contra el desgaste	47
Depresores del punto de escurrimiento	48
Aditivos mejoradores del indice de viscosidad	50
Agentes antiespumantes	51
Comparacion de las propiedades de aceites minerales y sinteticos."Ventajas y desventajas de cada formulación"	52
3.- DESARROLLO EXPERIMENTAL	54
3.1 Densidad	54
3.2 Punto de Congelacion y Escurrimiento	55
3.3 Temperatura de Inflamacion e ignicion	57

3.4 Numero de Neutralización	60
3.5 Residuo de Carbon Conradson	63
3.6 Tendencia a la Formacion de Espuma	65
3.7 Residuos Sulfatados	67
3.8 Tension Superficial	69
3.9 Viscosidad Dinamica	73
3.10 Estabiilidad Termica	76
4.- RESULTADOS EXPERIMENTALES	78
4.0 Fabricantes y Abreviaturas de los Aceites	78
4.1 Densidad	78
4.2 Punto de Congelacion y Escurrimiento	79
4.3 Temperatura de Inflamacion e Ignicion	80
4.4 Numero de Neutralizacion	81
4.5 Residuo de Carbon Conradson	82
4.6 Tendencia a la Formacion de Espuma	82
4.7 Residuos Sulfatados	83
4.8 Tension Superficial	84
4.9 Viscosidad Dinamica	85
4.10 Estabilidad Termica	87
4.11 Lista de Precios de los Aceites	88
Especificaciones del AFI	89
5.- ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES	90
Bibliografia	95

INTRODUCCION

Para justificar la razon del presente trabajo, tendria que hablar de las primeras impresiones que tuve en el curso de Fisicoquimica VI. Antes de atender dicho curso, no sospechaba de la existencia de este tipo de conocimiento, ni de la manera en que se analizan las características y propiedades superficiales de un sistema.

Fue así, que despues de haber estudiado otras areas del conocimiento quimico durante la carrera, que me intereso la quimica de superficies y se despertó en mí el interes por realizar un trabajo de tesis en el area de la quimica de superficies.

Es evidente que el campo de la quimica que mas me atrae es el de la quimica de superficies. Pero, ¿porque?, porque es precisamente esta area del conocimiento quimico la que más me intereso en el curso de la carrera; debido a las motivaciones académicas recibidas por parte del profesor de teoria. Es como el preguntarme el porque estudie quimica; por que estoy absolutamente convencido que la quimica, cualquiera que esta sea, es una de las actividades del ser humano, la cual le puede permitir alcanzar un desarrollo más armonioso tanto exterior como interiormente.

Uno de los objetivos primordiales al desarrollar este trabajo, es entender diversos aspectos de los fluidos No-Newtonianos, y reunir informacion teorica acerca del flujo No-Newtoniano, en un documento de facil comprension para los estudiantes de fenomenos de superficies.

Por otro lado, se trata de actualizar un estudio similar realizado en 1977 sobre aceites lubricantes, considerando que algunas de las marcas estudiadas en dicho trabajo ya no existen en el mercado.

El desarrollo de este trabajo se estructura de la siguiente manera: en el primer capítulo se presenta el marco teórico. En el capítulo 2 se presentan los aspectos teóricos sobre las propiedades de los aceites lubricantes, así como los principales aditivos empleados en su elaboración.

En el capítulo 3 se hace una descripción, lo más detallada posible, de las diferentes técnicas empleadas en el trabajo experimental. En el cuarto capítulo se exponen los resultados experimentales. En el capítulo 5 se hace un análisis de los resultados experimentales, y se describen las conclusiones alcanzadas.

RESUMEN

El estudio experimental se realizo sobre las siguientes marcas de aceites lubricantes: Roshfrans, Esso Motor Oil, Esso Extra Motor Oil, Esso Super Racing Oil Banda Dorada, Brio, Quaker State, Mobil Heavy Duty y Esso Super Racing Oil. Se determinaron las siguientes propiedades fisicoquimicas:

- 1) Densidad.
- 2) Punto de Congelacion y Esgurrimiento. ASTM D-97
- 3) Temperatura de Inflamacion e Ignicion. ASTM D-92
- 4) Número de Neutralizacion. ASTM D-974
- 5) Residuos de Carbon Conradson. ASTM D-189
- 6) Tendencia a la Formación de Espuma. ASTM D-892
- 7) Residuos Sulfatados. ASTM D-874
- 8) Tension Superficial. ASTM D-971
- 9) Viscosidad Dinamica. ASTM D-445
- 10) Estabilidad Termica.

Las marcas de los aceites se escogieron de manera aleatoria. Los comerciantes del ramo las consideran como las de mayor demanda en el mercado.

Con este estudio no podemos decir si los aceites lubricantes en México son de buena o de mala calidad. Esto, debido a que en Mexico no existen normas oficiales, que nos permitan hacer una comparación con los resultados experimentales obtenidos en este trabajo. Además, la industria de los lubricantes suele hacer pruebas de

desgaste de motor. las cuales no se realizan en Mexico ya que son muy costosas.

RESUMEN DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES

Nº	Nombre de aceite.	Propiedades Fisicoquimicas.		
		Densidad g/ml	Temp. Cong. °C	Temp. Esc. °C
1.-	Brio.	0.8954	- 26	- 23.22
2.-	Esso Extra Motor Oil 20W.	0.8920	- 27	- 24.22
3.-	Esso Motor Oil.	0.8788	- 17	- 14.22
4.-	Esso Super Racing Oil.	0.8796	- 32.5	- 29.72
5.-	Esso S.R.Oil Banda Dorada	0.8796	- 33.6	- 30.28
6.-	Mobil Heavy Duty.	0.8962	- 18.3	- 23.72
7.-	Quaker State.	0.8844	- 18.3	- 15.52
8.-	Roshfrans SAE-30.	0.8964	- 25	- 22.22

Nº	Temp. Inf. °C	Temp. Ign. °C	Nº de Neut. mgKOH/g Ac.	% Residuo de Carbon	% Residuo Sulfatado	@ D/Cm
1.	195.25	199.25	9.304	0.9000	0.6986	31.52
2.	182.25	189.25	9.817	0.8955	0.9980	31.39
3.	225.25	230.25	11.00	0.2985	0.6986	31.43
4.	195.25	199.25	11.11	1.1000	0.7984	31.51
5.	183.25	191.25	11.10	1.2000	0.9000	31.18
6.	197.25	201.25	8.643	0.7000	0.6993	31.52
7.	201.25	206.25	8.331	0.8973	0.8937	31.56
8.	170.25	172.25	9.070	0.6993	0.9980	28.61

CAPITULO 1

BREVE MARCO HISTORICO DE LOS LUBRICANTES.

La búsqueda del hombre para contar con lubricantes adecuados se remonta al invento de la rueda. En el Egipto antiguo, 3500 A.C., se utilizaba sebo de carnero o de vaca, como grasa para lubricar los ejes de los carros.

En el año 1400 A.C., se empleaba con el mismo fin, una mezcla hervida de grasa animal y jabón de calcio; los chinos, por el año 780 D.C., utilizaban una mezcla de aceites vegetales y plomo calcinado como lubricante. Antes del descubrimiento del petróleo, todos los lubricantes eran de origen animal o vegetal; sebo, aceite de pescado, aceite de ricino, y otros aceites vegetales, etcétera.

Algunos archivos indican que el petróleo se destilaba en Rusia en 1735. Herodoto y otros historiadores se refieren al petróleo en fechas anteriores a la de 1735, pero sin explicar como era refinado.

El término aceite mineral es usado hoy en día, para describir a los aceites derivados del petróleo. El aceite mineral también se produce a partir de otras fuentes minerales. Así, estos derivados pueden obtenerse a partir del carbón, mediante gas de síntesis y generando hidrocarburos con el proceso Fisher Tropsch. Los alemanes fabricaron lubricantes, empleando éste método durante la segunda guerra mundial.

Las técnicas modernas de refinación permiten producir, con altos rendimientos, lubricantes a partir de una gran variedad de crudos. La calidad del aceite lubricante formulado depende del crudo, del proceso de refinación, y de los aditivos añadidos.

Algunos aspectos o propiedades Fisicoquímicos, tales como: densidad, viscosidad, tensión superficial, etc: no se tratan, por considerarse temas ampliamente conocidos.

Por otro lado, los aspectos físicos que se mencionan son: la interfase, la fricción, y fricción entre dos superficies lubricadas.

MARCO TEORICO

1.1 ALGUNOS ASPECTOS FISICOS.

LA INTERFASE.

Hasta ahora se ha considerado, que cualquier fase de un sistema termodinámico es estrictamente homogénea con propiedades intensivas constantes. Sin embargo, cuando se tienen en cuenta efectos de superficie, es obvio que una fase no es estrictamente homogénea.

Considerese, por ejemplo, un sistema compuesto por las fases α y β : las moléculas situadas en la región de contacto de las fases α y β , o cerca de ella, tienen un entorno molecular diferente del de las moléculas situadas en el interior de α y β . Así, si la fase α es ciclohexano líquido y β agua líquida, las moléculas de la región de contacto entre α y β interaccionan con moléculas de ambos tipos, C_6H_{12} y H_2O , mientras que las moléculas del interior de α interaccionan sólo con moléculas de C_6H_{12} , y las moléculas del interior de β interaccionan sólo con moléculas de H_2O .

La región tridimensional de contacto entre las fases α y β , en la que las moléculas interaccionan con moléculas de ambas fases, se llama capa interfacial, capa superficial o interfase. Esta región tiene una dimensión de unas cuantas moléculas. Así, el término interfase se refiere a la superficie geométrica aparentemente bidimensional que separa a dos fases. El espesor de esta interfase, depende del tamaño de las moléculas que la constituyen y, de la naturaleza de las fuerzas intermoleculares.

LA FRICCIÓN

La fricción es una fuerza muy importante en la vida cotidiana. En los automoviles, alrededor del 20 % de la potencia de sus máquinas se utiliza para contrarrestar las fuerzas de fricción. La fricción produce el desgaste de las partes móviles. Por otra parte, sin la fricción no seríamos capaces de caminar, no podríamos mantener un lápiz en nuestra mano y, aun si lo hicieramos, no podríamos escribir con él.

En la superficie real (microscópica), los puntos de contacto se deforman plásticamente bajo los grandes esfuerzos que sobre ellos se desarrollan. Muchos de los puntos de contacto llegan realmente a estar "soldados en frío" entre sí. Esta propiedad, llamada adherencia superficial, se debe a que, en los puntos de contacto, las moléculas de los lados opuestos de ambas superficies están tan cercanas entre sí, que ejercen fuerzas intermoleculares intensas unas sobre las otras.

Cuando un cuerpo, por ejemplo un metal, se desliza sobre otro, la resistencia de fricción es debida a la ruptura de miles de estas pequeñas soldaduras. Algunos experimentos han demostrado que, en el proceso de ruptura, se pueden desprender pequeños fragmentos de una superficie y adherirse a la otra. Si la rapidez relativa de las dos superficies sobrepasa cierto valor, puede ocurrir una fusión local en algunas áreas de contacto, aunque la superficie completa sólo se sienta moderadamente caliente.

El coeficiente de fricción depende de la naturaleza de los materiales en contacto, del acabado de las superficies, de la película superficial, la temperatura y el grado de contaminación. Por ejemplo, si dos superficies de metal, cuidadosamente pulidas, se colocan en una cámara de alto vacío, de modo que no se formen películas superficiales de óxido, el coeficiente de fricción aumenta hasta tener valores enormes y las superficies llegan a estar firmemente "soldadas" entre sí. Si se permite la entrada de una pequeña cantidad de aire en la cámara, de tal manera que se formen películas de óxido en las superficies opuestas, el coeficiente de fricción se reduce".

• Resnick. Física Parte 1. Cap. 6

FRICCIÓN ENTRE SUPERFICIES SIN LUBRICAR.

El coeficiente de fricción μ entre dos sólidos se define como F/W , donde F es la fuerza de fricción y W la fuerza normal a la superficie, como se ilustra en la Figura 0.

Existe una ley que involucra al coeficiente de fricción μ , la cual se conoce como ley de Amontón. Establece que μ es independiente del área de contacto; como se muestra en la figura. Con el mismo peso W , la fuerza de fricción será la misma, para un bloque pequeño como para uno largo. Un corolario es que μ es independiente del peso, si $W_1 = W_2$, entonces $F_1 = F_2$.



Figura 0. Ley de Amontón.

FRICCIÓN ENTRE SUPERFICIES LUBRICADAS.

La resistencia por fricción puede reducirse, en forma considerable, mediante la lubricación. Una pintura mural, que data de 1900 A.C., muestra una estatua de piedra tirada sobre un trineo, enfrente del cual un hombre está derramando aceite. Una técnica aun más efectiva es la de introducir una capa de gas entre las dos superficies que resbalan. La fricción puede reducirse, suspendiendo mediante fuerzas magnéticas a un objeto en fricción.

Existen dos condiciones que limitan la lubricación. Si la película de aceite es suficientemente espesa, las superficies

no se tocan, siendo independientes una de la otra, y el coeficiente de fricción depende de las propiedades hidrodinámicas del medio, especialmente de la viscosidad del aceite.

Cuando la presión se incrementa y la velocidad relativa decrece, la película entre las dos superficies comienza a adelgazarse y el contacto entre las dos superficies se incrementa. El coeficiente de fricción se incrementa de valores muy bajos a valores que usualmente son inferiores a los correspondientes a las superficies sin lubricar. Este tipo de lubricación, en donde la naturaleza de la región superficial es importante, se conoce como lubricación límite. El comportamiento general se ilustra en la Figura 1, la cual se conoce como curva de Stribeck.

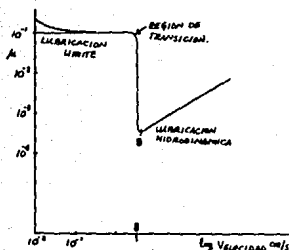


Figura 1. Región de lubricación hidrodinámica y límite.

El trabajo clásico con lubricación límite fue realizado por Sir William Hardy..quien demostró que la lubricación límite podría ser explicada en términos de películas de lubricante adsorbidas y propuso que las películas de hidrocarburos reducen los campos de fuerza entre las dos partes.

Hardy estudio un gran numero de lubricantes, tales como parafinas de cadena larga, alcoholes y acidos. Un exceso de lubricante fue generalmente utilizado, ya sea como líquido puro o como una solución del sólido en éter de petróleo. En algunos casos la superficie del metal fue pulida. La observación general fue que se obtenían valores de u , que fluctuaron entre 0.05 y 0.15. Además, para series homologas, el valor de u decrece casi linealmente al incrementar el peso molecular. La relación se muestra en la Figura 2.

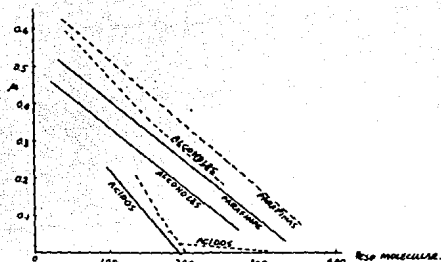


Figura 2. Variación de μ con el peso molecular en la lubricación límite

Más recientemente, Levine y Zisman confirmaron y explicaron los resultados de Hardy, utilizando películas de lubricante en vidrio y en superficies metálicas. Con alcoholes, la nivelación ocurrió con un peso molecular de aproximadamente 280, obteniendo un valor de μ de 0.05, obteniéndose un comportamiento similar para los ácidos.

Adams. The Physical Chemistry of Surfaces.

Con hidrocarburos sobre cobre, algunos datos de Russell y colaboradores indicaron que la nivelación ocurre cuando el peso molecular del hidrocarburo es de 400, con un valor de μ de 0.10. Estos puntos en los que no prosigue el decaimiento de μ , son considerados por Levine y Zisman como la formación de monocapas condensadas.

El mecanismo de la lubricación límite.

La explicación de Hardy, es que los pequeños coeficientes de fricción observados bajo las condiciones de lubricación límite se deben a la reducción en los campos de fuerza entre las superficies como un resultado de las películas adsorbidas. Hay que puntualizar que los valores de μ en la lubricación límite dependen generalmente del estado de la

película adsorbida y, generalmente ésta deberá estar en un estado de condensación, para lograr un bajo coeficiente de fricción.

En combinación con la explicación de Hardy, el esquema de la región de contacto sería como se muestra en la Figura 3.

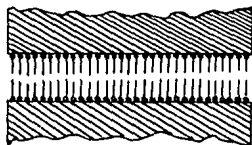


Figura 3. Área de contacto en la lubricación límite.

1.2 REOLOGIA.

1.2.1 Generalidades.

La reología es la ciencia que estudia la deformación y flujo de la materia. Su estudio ha contribuido a clarificar mucho las ideas relativas a la naturaleza de los sistemas coloidales.

Un cuerpo se dice que se deforma, cuando debido a la aplicación de un sistema de fuerzas: se altera la forma o tamaño del mismo. Se dice que un cuerpo fluye, cuando su grado de deformación cambia continuamente con el tiempo.

La finalidad de la reología es predecir el sistema de fuerzas necesario que causan una deformación o flujo en un cuerpo, o viceversa. Si el cuerpo considerado es un fluido, la aplicación de cualquier sistema de fuerza anisotrópico y no homogéneo, por pequeño que sea, dará como resultado un flujo. El suprimir la aplicación del sistema de fuerzas parcialmente, no dará como resultado el que el cuerpo retome su estado inicial de no deformación. Por otra parte, si el cuerpo es un sólido elástico, la aplicación de cualquier sistema no homogéneo de fuerzas, ya sea isotrópico o anisotrópico, lo deformará, pero no existirá un flujo. Al suprimir el sistema de fuerzas, el cuerpo retornará a su estado original. Si el cuerpo que consideramos es un plástico, este fluirá como fluido si la fuerza aplicada excede un valor crítico, de otro modo: el cuerpo se deformará como un sólido elástico.

Es claro que disciplinas como la hidráulica, la mecánica de fluidos, la resistencia de materiales y la ingeniería estructural tienen parte de sus fundamentos en la reología.

El estudio de la reología tiene diversas aplicaciones, como por ejemplo: el lodo empleado para perforación petrolera es un plástico; las suspensiones de pulpa del papel exhiben efectos reológicos. Los plásticos fundidos presentan

comportamientos viscoelásticos pronunciados. los fluidos No-Newtonianos y plásticos se presentan por doquier en la industria de los alimentos, en donde se manejan pastas, suspensiones espesas, y emulsiones. Muchos aceites y grasas lubricantes son No-Newtonianos. En la industria de los cosméticos, los fluidos pseudoplásticos y dilatantes son sumamente comunes.

Naturalmente que cualquier esquema tiende a ser ideal y arbitrario, basandonos en el segundo axioma de la reología que dice que todos los materiales tienen propiedades reológicas.

Algunos fluidos basan su comportamiento en el corte de los materiales que los constituyen. Por lo anterior, no podemos considerar el comportamiento de los materiales bajo una presión isotrópica de acuerdo con el primer axioma de la reología, todos los materiales se comportan de manera similar. bajo una presión isotrópica: son pura y simplemente elásticos.

1.3 VISCOSIDAD NEWTONIANA.

1.3.1 Aspectos generales.

La viscosidad de un líquido es la medida de la resistencia interna que este ofrece al movimiento relativo de sus diferentes partes. Cuando la fuerza de corte f por unidad de área entre dos planos paralelos de líquido en movimiento es proporcional al gradiente de velocidad dv/dx se llama viscosidad Newtoniana:

$$f = \eta \, dv/dx$$

Donde η es el coeficiente de viscosidad, el cual tiene dimensión de (masa) (longitud)⁻¹ (tiempo)⁻¹

Para la mayoría de los líquidos puros y para diversas disoluciones y dispersiones η es una cantidad bien definida a una temperatura y presión dadas, el cual es independiente de f y de dv/dx , siempre que el flujo sea laminar. En otras sistemas, de un modo especial si las partículas son asimétricas, se observan desviaciones del flujo Newtoniano. Las principales causas de que el flujo sea No-Newtoniano son la formación de una cierta estructura en el sistema y la orientación de partículas asimétricas como consecuencia del gradiente de velocidad.

En el sistema C.G.S. o en el métrico, la unidad absoluta de viscosidad es el poise que equivale a 100 centipoise. El poise tiene dimensiones de (gramos) (segundos)⁻¹ (centímetros)⁻¹.

1.4 CLASIFICACION DE LOS DIFERENTES FLUIDOS.

1.4.1 Fluidos independientes del tiempo de aplicación de la fuerza.

Los fluidos no dependientes del tiempo o puramente viscosos son aquellos cuya viscosidad no depende de la duración de su flujo ni tampoco del tiempo de aplicación de la fuerza. Esta clase de fluidos, sin embargo, incluye al subgrupo de los fluidos Newtonianos y al de los No-Newtonianos.

Antes de seguir con la descripción de las propiedades de los fluidos independientes del tiempo de aplicación de la fuerza, sería instructivo conocer la relación que guardan con respecto a otros tipos de fluidos. La clasificación de A.A. Collyer es como sigue:

1.- Fluidos independientes del tiempo de aplicación de la fuerza o puramente viscosos.

- a) Fluidos Newtonianos.
- b) Fluidos No-Newtonianos.

2.- Fluidos dependientes del tiempo de aplicación de la fuerza.

- a) Fluidos tixotrópicos.
- b) Fluidos tixotrópicos negativos.

3.- Fluidos viscoelásticos

4.- Fluidos reológicos complejos: Estos presentan una combinación de propiedades de por lo menos dos de cualquiera de los fluidos antes descritos.

1.4.2 Aspectos generales de los fluidos independientes del tiempo de aplicación de la fuerza.

Esta clasificación de fluidos se caracteriza por el hecho de que, manteniendo condiciones isotérmicas en el fluido, la velocidad de corte depende solamente del esfuerzo de corte. Los fluidos Newtonianos, tienen una viscosidad que es independiente de la velocidad de corte. Este comportamiento es seguido por todos los gases y en general, líquidos y soluciones de materiales de bajo peso molecular. En estos líquidos, la disipación de la energía es rápida debido a las colisiones que suceden entre las moléculas pequeñas. Por esto es comprensible que líquidos Newtonianos pudieran convertirse en No-Newtonianos, a altos esfuerzos de corte.

1.4.3 Fluidos Newtonianos.

Estos fluidos obedecen la ecuación de Newton, la cual establece que la velocidad de corte dv/dx es directamente proporcional a el esfuerzo de corte f , en condiciones de flujo laminar.

$$f = \eta \, dv/dx \quad (1)$$

Donde η es la viscosidad, constante a una temperatura dada para un fluido en particular.

Consideremos una placa delgada de un fluido Newtoniano entre dos planos paralelos, el plano a , que se mueve con una velocidad v y un plano b , el cual permanece estacionario (figura 4). El plano móvil se mantiene a una velocidad v por una fuerza de corte F , la cual esta equilibrada por la fuerza viscosa interna en el fluido. La velocidad de las capas de fluido entre a y b varían desde v hasta cero en forma lineal debido a que F y η son constantes. La razón de cambio de velocidad con la distancia al plano b es precisamente dv/dx , o en este caso v/x . La ecuación (1) puede ser rescrita como:

$$F/A = \eta \, v/x \quad (2)$$

Donde A es el área sobre la que actúa la fuerza E . Esto es $E = \eta A$ (gradiente de velocidad), la cual es la forma más familiar de la fórmula de Newton. Algunos ejemplos de fluidos Newtonianos son el agua, acetona, tetracloruro de carbono, mercurio y algunos aceites.

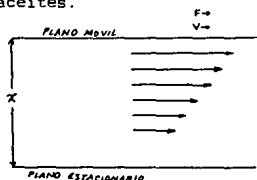


Figura 4 Flujo de un fluido Newtoniano entre dos planos.

Resumiendo, los fluidos Newtonianos son aquellos en que:

1) El esfuerzo que actúa sobre un elemento de material es proporcional a la correspondiente primera derivada de la tensión con respecto al tiempo. La constante de proporcionalidad se denomina viscosidad.

2) La viscosidad es independiente del tiempo de aplicación de la fuerza.

3) La viscosidad es independiente de la tensión medida a partir de cualquier estado de referencia.

4) La viscosidad es independiente de las derivadas del tiempo de aplicación de la fuerza, o de las integrales de la tensión de cualquier orden.

El campo de la reología trata las desviaciones a las condiciones anteriores, que se requieren para que exista el flujo Newtoniano. La interpretación moderna de la ley de

viscosidad de Newton habla de que el componente anisotrópico del esfuerzo, es proporcional a la correspondiente velocidad de deformación en un flujo bajo condiciones isotérmicas.

1.4.4 Fluidos No-Newtonianos.

Los líquidos, que tienen valores diferentes de viscosidad según la velocidad de flujo, bajo condiciones uniformes de temperatura, se les conoce como No-Newtonianos.

La viscosidad de los fluidos No-Newtonianos es función de la velocidad de corte. Soluciones de alto peso molecular, particularmente polímeros y suspensiones de sólidos en líquidos caen dentro de esta clasificación. En el último caso, las soluciones se tornan No-Newtonianas en cuanto el material sólido se incrementa o si el sólido tiende a crecer o a asociarse la fase fluida. Las soluciones de polímeros se convierten en viscoelásticas a medida que la concentración y el peso molecular se incrementen.

En contraste con los fluidos Newtonianos, las propiedades de los No-Newtonianos son causadas por la pobre disipación de la energía viscosa, ocasionada por las colisiones entre las estructuras coloidales. Dentro de este subgrupo existen tres tipos principales: Los plásticos, los materiales con descenso gradual de viscosidad aparente (seudoplásticos) y; los que presentan un aumento gradual de viscosidad aparente al aplicárseles un esfuerzo de corte (dilatantes).

A continuación se presenta una gráfica que reúne a los fluidos cuyas propiedades son independientes del tiempo:

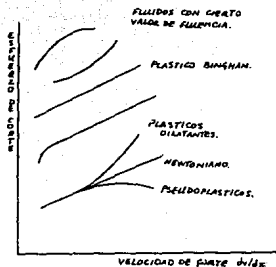


Figura 5 Curvas características de los fluidos independientes del tiempo.

Anteriormente se presentó una clasificación de los fluidos incluyendo a los Newtonianos como parte de los independientes del tiempo de aplicación de la fuerza. Basándonos en dos fuentes más recientes, se presentará una clasificación propia para los fluidos No-Newtonianos; según Harris y Shaw.

Clasificación de los fluidos No-Newtonianos.

1) Fluidos cuyas propiedades son independientes del tiempo de aplicación de la fuerza:

Seudoplásticos, Dilatantes, Viscoplásticos.

2) Fluidos cuyas propiedades son dependientes del tiempo de aplicación de la fuerza:

Tixotropicos, Tixotrópicos negativos.

3) Fluidos viscoelásticos lineales.

4) Fluidos viscoelásticos no-lineales.

A continuación se hará una descripción de las propiedades de los fluidos comprendidos en los incisos anteriores.

Fluidos cuya viscosidad es independiente del tiempo de aplicación de la fuerza.

Fluidos pseudoplásticos.

El comportamiento de los fluidos pseudoplásticos se caracteriza por una disminución gradual, independiente del tiempo de aplicación de la fuerza, de la viscosidad aparente, al aumentar la velocidad de corte y que puede aparecer por varias causas. Este comportamiento es completamente reversible.

Sí en un sistema coloidal hay agregación de partículas, el aumento de la velocidad tenderá a romper los agregados, por lo cual queda determinado, entre otras cosas, una disminución en la cantidad de disolvente inmovilizado por las partículas, y por lo tanto desciende la viscosidad aparente del sistema.

La pseudoplásticidad es muy común en sistemas con partículas asimétricas. Estas perturban las líneas de flujo en mayor proporción cuando están orientadas al azar a bajos gradientes de velocidad, que cuando se alinean a gradientes altos. Además, la interacción de las partículas y la inmovilización del disolvente, están favorecidos cuando la orientación al azar prevalece en el sistema.

Una gráfica logarítmica del esfuerzo cortante contra la velocidad de corte, es generalmente lineal para este tipo de

fluidos, de pendiente menor a la unidad y siendo algunas veces tan pequeña como 0.1. (Ver figura 6.)

En los extremos de la curva la pendiente n es casi la unidad, mostrando que a altas y bajas velocidades de corte los fluidos pseudoplásticos tienen casi un comportamiento Newtoniano. Como resultado de la existencia de una región recta en la grafica, una relación empirica entre el esfuerzo de corte y la velocidad de corte, conocida como la ley de la potencia; se emplea para describir el flujo de este tipo de fluidos:

$$\tau = K (dv/dx)^n \quad (3)$$

Donde K y n son constantes para un fluido en particular, y $n = 1$. Para fluidos Newtonianos $n = 1$.

$$\ln \tau = \ln k + n \ln dv/dx$$

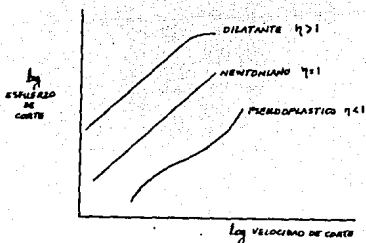


Figura 6 Gráfica logarítmica entre el esfuerzo y la velocidad de corte para los fluidos pseudoplásticos y dilatantes.

Fluidos Dilatantes.

En los fluidos dilatantes, la viscosidad aparente sufre un aumento al incrementarse la velocidad de corte. Este fenómeno es completamente reversible sin existir un retardo en el tiempo.

El comportamiento dilatante se presenta especialmente en pastas de partículas defloculadas densamente empaquetadas, en las cuales existe líquido solamente para llenar los espacios vacíos. Cuando se incrementa la velocidad de corte, este empaquetamiento compacto ha de romperse para que las partículas puedan fluir y adelantarse unas a otras. La expansión que resulta hace que no haya suficiente líquido para llenar los huecos entre partículas, con lo que las fuerzas de tensión superficial se opondrán al fenómeno.

Podemos pensar en la arena de playa cuando mojada, pareciera que se seca y se torna firme cuando caminamos sobre ella.

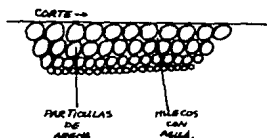


Figura 7 Modelo Reynolds del comportamiento dilatante.

Fluidos Plásticos.

Este tipo de comportamiento es parecido al pseudoplástico excepto que se necesita superar un cierto valor para que se inicie el flujo. La tensión aplicada que corresponde a una cierta velocidad de deformación pequeña, que se escoge de manera arbitraria, es lo que se llama valor de fluencia.

La viscoplasticidad es causada por un reticulado estructural continuo que le da rigidez a la substancia y que ha de romperse antes de que pueda haber flujo.

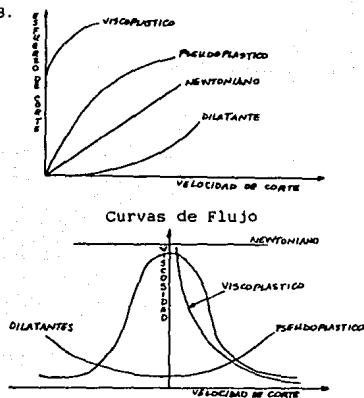
La arcilla de modelar, los lodos de perforación y ciertas dispersiones de pigmentos son algunos ejemplos de dispersiones viscoplasticas. Las suspensiones de negro de humo en hidrocarburos, al permanecer en reposo, presentan con frecuencia un valor de fluencia y, se hacen conductoras debido al contacto entre las partículas de carbono, que se extienden a lo largo de todo el sistema.

Dentro de esta clasificación se encuentran los llamados plásticos Bingham (ver figura 6). En dicha curva se muestra que para valores de $P < P_y$ la viscosidad es infinita, mientras que para valores de $P > P_y$:

$$P - P_y = \eta \left(\frac{dv}{dx} \right) \quad (4)$$

Donde η es el coeficiente de viscosidad plástica, P_y es el esfuerzo de fluencia.

A continuación se muestran un par de gráficas que resumen los tres tipos de comportamientos independientes del tiempo. Figura 8.



Curvas viscosidad/velocidad de corte

1.4.5 Fluidos dependientes del tiempo.

Tixotropia.

El significado de la palabra tixotropia es "cambio debido al torque", y cuando estos materiales sufren corte su viscosidad aparente decrece mientras continúe el corte; los materiales se convierten en "fluidos" cuando se agitan y retoman su estado original de gel cuando cesa el esfuerzo de corte que se les aplica. Esto no es más que una transformación isotérmica reversible gel-sol-gel.

En el rompimiento tixotrópico de las estructuras hay dos efectos que ocurren simultáneamente: (a) un decremento en la viscosidad aparente debido al movimiento (rompimiento de estructura con el tiempo); (b) un decremento en la viscosidad aparente debido a un incremento de la velocidad de corte.

Cuando en un fluido tixotrópico se suspende el esfuerzo cortante, la estructura interna del mismo se reconstituye a una velocidad igual a la que ocasionó el primer cambio. A esta propiedad se le llama tixotropía simétrica.

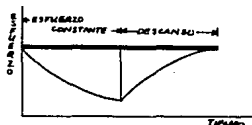


Figura 9 Comportamiento de un fluido tixotrópico (simétrico)

Se puede obtener un ciclo de histeresis tixotrópico si se aplica un esfuerzo de corte creciente, mediante la variación de la velocidad de corte; y después disminuyéndola en forma gradual.

Algunos ejemplos de estos tipos de fluidos los encontramos en los geles débiles. tales como soles de oxido férrico, alúmina y muchas arcillas (especialmente las bentonitas) que se pueden volver "líquidos" al agitarlos y "sólidos" al quedar en reposo. Las disoluciones de polímeros son, en cierta manera tixotrópicas. De igual forma muchos champúes presentan esta propiedad.

Fluidos Reopécticos.

Existen algunos fluidos que reconstituyen sus estructuras más rápidamente cuando se les agita suavemente o sus contenedores son girados lentamente. Estos son los llamados fluidos reopécticos, de pectus que significa solidificado. Estos fluidos son tixotrópicos en su naturaleza, con la salvedad de que su estructura puede reconstituirse más rápidamente con un corte suave. Esta propiedad es análoga a la dilatancia dependiente del tiempo, es decir, la viscosidad aumenta al aumentar el tiempo de corte. Esta propiedad a veces se observa como una aceleración de la recuperación tixotrópica. Como ejemplo de esta propiedad tenemos suspensiones de Bentonita, las cuales a veces se "solidifican" lentamente si se dejan en reposo, pero con una ligera agitación se solidifican rápidamente.

La tixotropía es una propiedad que requiere de partículas anisotrópicas muy débilmente empacadas. Partículas de formas diferentes producen la tixotropía. Partículas con forma de agujas largas, discos planos o partículas poliméricas,

acentuan más el comportamiento tixotrópico, que partículas de forma uniforme como las esféricas.

Actualmente el mecanismo exacto causante de la tixotropía es incierto. Existen varias teorías y cualquiera de ellas toma en cuenta la posible existencia de un valor de fluencia, al igual que una dependencia de su comportamiento con el tiempo.

En una teoría, que se aplica a sistemas generales, se supone que la fuerza de corte puede ser dividida en dos partes:

- (a) Aquella que rompe los enlaces, sin producir flujo.
- (b) Aquella que produce el flujo.



Figura 10 Ciclo de histéresis para un fluido tixotrópico
Tixotropía Negativa.

Este tipo de comportamiento es menos común que el tixotrópico. Su viscosidad aparente aumenta con la velocidad y la duración del corte, resultando una transformación isotérmica reversible sol-gel-sol. Esto sucede solo a velocidades moderadas de corte, y arriba de cierto valor de velocidad la estructura no se forma.

Los ciclos de histéresis para este tipo de fluidos son similares a los de la Figura 10, con la salvedad de que la dirección de las curvas es al revés de la indicada en la

figura. La curva inferior será recta si no existe cambio en la estructura después de haber alcanzado la máxima velocidad de corte.

Eliassof et al (1955) explicaron esta propiedad en soluciones de ácido poliacrílico, postulando que se forma un mayor número de enlaces intermoleculares durante el período de movimiento, que cuando el sistema está en reposo. Durante el flujo, la frecuencia de colisiones entre los grupos de diferentes moléculas poliméricas se incrementa, permitiendo la formación de una red y de un gel. El movimiento causa un incremento entre las fuerzas de enlace intermoleculares.

Tan pronto como se forma la estructura, los enlaces se rompen por el corte, debido a que son débiles, de igual forma que como sucede en la tixotropía, pero en soluciones sobre las que actúa una velocidad moderada de corte, las estructuras que se rompen se ven enmascaradas por el proceso de formación de estructuras.

Podemos enumerar algunas de las aplicaciones de la tixotropía en el campo de las pinturas, donde se requiere que el líquido sea extendido por causa de una alta velocidad de corte y no deje irregularidades sobre la superficie. En las pastas también es importante el comportamiento tixotrópico, principalmente cuando hay que llenar los recipientes contenedores. El conocimiento del comportamiento de este tipo de fluido es importante, ya que el control automático se basa en que pueda obtenerse un punto de consistencia final, o bien

que se puede obtener un valor de fluencia en cremas para afeitar, cremas dentales, oleos para pinturas, etc.

En general, la tixotropia negativa es una propiedad indeseable, de igual modo que la dilatancia. En donde quiera que exista un proceso en el cual se debe mover rapidamente un fluido, esta propiedad causaria un incremento en la viscosidad aparente que pudiera impedir que el proceso se desarrollara en forma eficiente. Afortunadamente la tixotropia negativa no se presenta a elevadas velocidades de corte, y asi uno puede bombear tales fluidos a altas velocidades, ya que es a velocidades medianas donde esta propiedad pudiera representar un problema.

Fluidos Viscoelásticos Lineales.

Cuando se aplica una tensión a un sólido elástico típico, de manera inmediata aparece una deformación que es proporcional a la tensión aplicada y permanentemente constante; es decir, que cumple con la ley de Hooke. Al cesar la tensión, la energía elástica almacenada por el sólido se libera y este inmediatamente recupera su forma inicial. Por otra parte, los líquidos Newtonianos se deforman a una velocidad proporcional a la tensión aplicada y no presentan ninguna recuperación al cesar la tensión, ya que la energía empleada en vencer la resistencia interna de fricción se disipa como energía calórica.

Si parte de la energía se almacena elásticamente, el resto se disipa como calor, al fluir varias partes del sistema a nuevas posiciones de equilibrio. La deformación elástica y la recuperación del material son dependientes del tiempo (elasticidad retardada)

Se han diseñado un gran número de instrumentos y procedimientos para medir el comportamiento reológico de los distintos materiales viscoelásticos. Sin embargo, los resultados obtenidos con la mayoría de estos aparatos tiene muy poco significado, debido a que la tensión aplicada no se distribuye uniformemente en toda la muestra y lo que se mide es el modo de comportarse del material en el aparato en particular. A pesar de todo, estos instrumentos empíricos son indispensables como método de control y ensayo en la industria.

Para medir las propiedades elásticas y viscosas, que son características del material en estudio y que no dependen de la naturaleza del aparato empleado, la tensión aplicada y la deformación que resulten han de ser uniformes en toda la muestra. Los métodos del cilindro concéntrico, del cono y la lámina cumplen casi con los requisitos anteriores. Para materiales que se sostienen solos, las medidas del corte de muestras rectangulares, por ejemplo, se ajustan a la idealidad. Las medidas de fluencia están basadas en la aplicación de una tensión constante a la muestra, y la medida de la deformación resultante es función del tiempo. La Figura 12 representa una curva típica de fluencia y recuperación. En

las medidas de tensión-relajación se somete la muestra a una deformación, predefinida e instantánea, y se mide la caída con el tiempo de la tensión en la muestra a medida que los segmentos estructurales fluyen a posiciones más relajadas.

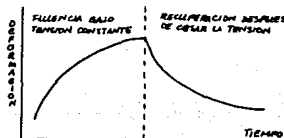


Figura 11 Curva de fluencia y recuperación para un material viscoelástico.

Efecto Weissenberg.

Una característica del comportamiento viscoelástico es la tendencia a que el flujo tenga lugar en ángulo recto respecto a la fuerza aplicada. Cuando se sumerge una varilla que gira en el seno de un líquido Newtoniano, el líquido se pone en rotación y tiende a desplazarse a la pared, dejando una depresión alrededor de la varilla. Cuando la varilla que gira se sumerge en el seno de un líquido No-Newtoniano (viscoelástico), este puede realmente trepar por la varilla. La rotación de la varilla produce un corte circular y, por su naturaleza elástica, actúa como una "banda de goma", cuya tendencia es a empujar el líquido hacia el centro y hacia arriba del contenedor.

Fluidos Viscoelásticos No Lineales.

Se habla de viscoelasticidad lineal cuando la respuesta, deformación/tensión que depende del tiempo de aplicación de

la fuerza, no esta relacionada con la magnitud de la tensión aplicada. Todos los materiales tienen un límite de linealidad. Ver tabla 1.

Tabla 1 Límites de Viscoelasticidad Lineal

Material	Tensión (Nm ⁻²)	Deformación %
Elastómeros	10 ⁶ ---10 ⁷	10 hasta 100
Plásticos	10 ⁶ ---10 ⁷	10 hasta 1
Grasas	10 ²	10 ⁻²

El límite en los casos de los elastómeros es grande, por que su deformación es de naturaleza entrópica y no implica ni rotura ni nueva formación de enlaces.

Los materiales viscoelásticos tienen límites de linealidad más bajos que los no elásticos. Para que los segmentos o partículas en estos sistemas se muevan sin que haya un debilitamiento del material, es preciso que las fuerzas específicas y no específicas se vencan y restablezcan a la misma velocidad en las nuevas posiciones. Si la tensión deformadora es tal que estas fuerzas no se restablecen tan rápidamente como se van venciendo, la estructura del material se debilita. Las fuerzas restantes en ciertas secciones transversales entre las unidades estructurales, se vencen con más facilidad por la tensión aplicada, y entonces puede agrietarse la muestra. Los materiales con límites de linealidad viscoelástica bajos son, por consiguiente, los que se ablandan fácilmente.

CAPITULO 2

PROPIEDADES DE LOS ACEITES LUBRICANTES.

2.0 GENERALIDADES.

Las fracciones de alto punto de ebullición del petróleo, contienen cicloalcanos monocíclicos bicíclicos y tricíclicos con cadenas laterales de alcanos; a éstos se les conoce como hidrocarburos alicíclicos. Estos comprenden las olefinas y diolefinas monocíclicas, bicíclicas y tricíclicas. Los cicloalcanos con cinco y seis átomos de carbono y sus derivados alquílicos, que se encuentran en el petróleo crudo se les conoce con el nombre de naftenos.

Los aceites lubricantes son generalmente preparados de aceites crudos de acuerdo al siguiente esquema:

- Destilación: es la separación de fracciones de aceites lubricantes del crudo; el residuo de la destilación atmosférica es transferido a una columna de destilación al vacío, en donde se separa en diferentes aceites y residuos de vacío. El propósito más importante de la destilación es el de separar las fracciones más idóneas para lubricación.

- Refinación: los destilados al vacío contienen componentes indeseables, los cuales después de un corto tiempo de servicio se oscurecen, incrementando la viscosidad así como la formación de ácidos y materia insoluble.

Las olefinas se forman durante la destilación, debido al sobre calentamiento en las paredes del horno. Otros componentes indeseables están presentes en el crudo, en cantidades que varían de acuerdo al origen del crudo. Remover estas sustancias por refinación, hace posible la producción de aceites lubricantes de alta calidad. Crudos con una alta mezcla de compuestos aromáticos, no serían útiles para este propósito.

- Desaromatización: los residuos de vacío obtenidos en la destilación de los aceites lubricantes, contienen aromáticos, dependiendo del origen del crudo, los cuales pueden ser removidos con solventes selectivos.

- Desparafinado: el elevado punto de fusión de parafinas presentes en los destilados del petróleo, dan aceites de elevado punto de congelación; así que aceites con un alto contenido de parafinas no son apropiados para usarse como aceites lubricantes. Por esta razón, el proceso a sido desarrollado, para reducir la mezcla de aceites por cristalización simple o cristalización selectiva en orden de mejorar las bajas propiedades de temperatura.

En la actualidad, la calidad de los aceites lubricantes y de los lubricantes en general, no depende exclusivamente de los procesos de manufactura y purificación del aceite básico.

sino también de la adición de ciertos compuestos químicos conocidos como aditivos. Los aditivos utilizados actualmente en los aceites lubricantes, son el producto de muchos años de investigación y han sido diseñados para satisfacer las exigencias de la maquinaria moderna.

Los aditivos para lubricantes son sustancias químicas que, cuando se incorporan a fluidos lubricantes básicos, complementan las características naturales de ellos, mejorando su rendimiento, o bien, ampliando sus áreas de servicios.

Los principales tipos de lubricantes sintéticos fabricados actualmente son los siguientes:

- Polibutenos.
- Diésteres.
- Poliglicoles.
- Hidrocarburos Clorados.
- Cloro Fluoro Carburos.
- ésteres de Fosfatos.
- ésteres de Silicatos.
- Silicones.
- ésteres Polifenilicos.
- Poliiolefinas.
- Alquil bencenos.
- ésteres de ácidos dibásicos.

En general, además de su capacidad para lubricar superficies en contacto, un buen lubricante deberá tener los siguientes atributos:

- Ser químicamente inerte.
- Poseer buena estabilidad térmica.
- Resistencia a la oxidación.
- Resistencia a la degradación ocasionada por los esfuerzos mecánicos.
- Ser altamente incompresible.
- Tener un índice de viscosidad tal, que no varíe la viscosidad significativamente con los cambios de temperatura.
- Tener baja temperatura de escurrimiento.
- Estabilidad y baja volatilidad a temperaturas elevadas.
- Ser compatible con los materiales de construcción, incluyendo los metales y los no metales.
- No debe ser corrosivo.
- No debe ser tóxico.
- De preferencia no debe prenderse y para ciertas aplicaciones debe ser resistente a la radiación gama.

2.1 ALGUNOS USOS Y APLICACIONES DE LOS LUBRICANTES.

- Principalmente reducir la fricción y el desgaste. Si un lubricante es inadecuado, las partes móviles se desgastarán.
- Otras funciones importantes son: La disipación del calor de los cojinetes y de las partes que se mueven. A menudo ayudan a sellar el equipo para evitar la entrada de la suciedad. Protegen a las superficies metálicas contra la

herrumbre y la corrosión. Algunas veces, como en los equipos hidráulicos, el lubricante sirve para transmitir la energía de la máquina.

2.2 CLASIFICACION DE LUBRICANTES PARA MOTORES DE COMBUSTION INTERNA A GASOLINA.

Actualmente los motores que trabajan con gasolina tienen una alta relación de compresión, proporcionan una elevada potencia y desarrollan altas velocidades. Las temperaturas de operación son elevadas y por lo tanto la lubricación es un factor decisivo. A continuación se dan a conocer las clasificaciones por servicio API:

ANTERIOR	ACTUAL	ESPECIFICACION
API SERVICIO ML	SA	ML-L-2104

Se aplican en motores que trabajan en condiciones ideales y que por su diseño no admiten la formación de depósitos, gomas y lacas. Las ocho marcas de aceites que se estudiaron, inciden dentro de esta clasificación.

API SERVICIO MM	SB	ML-L-2104-A
-----------------	----	-------------

Se aplican a motores a gasolina que operan bajo condiciones medias, pero que presentan problemas de depósito o corrosión de los cojinetes, cuando el aceite del cárter trabaja a altas temperaturas.

API SERVICIO MS	SC	MIL-L-2104-B
-----------------	----	--------------

Para servicio típico de un motor a gasolina que opera bajo condiciones desfavorables y severas, donde por sus condiciones y características de diseño hay formación de lodos, gomas y depósitos que afectan a la buena lubricación.

Los aceites multigrados son muy efectivos en la lubricación de motores que operan en el tipo SC.

2.3 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS ADITIVOS.

Además de reunir los requerimientos de servicio específicos de cada tipo de servicio, los aditivos también deberán tener ciertas características de índole general.

Estas son:

a) La solubilidad en el medio liquido. En la mayoría de los aditivos, esta solubilidad debe mantenerse a través del intervalo operacional.

b) Insolubilidad total y ausencia de reacción en soluciones acuosas. Los aceites para motor y los lubricantes de engranes deben disolverse en el aceite y no en el agua.

c) Color. El color del aditivo es importante, sobre todo si afecta al color claro y atractivo presentado por un aceite altamente refinado.

d) Volatilidad. La volatilidad del aditivo debe ser baja porque de lo contrario, cuando el aditivo mezclado en el aceite, se encuentre a temperaturas elevadas, la fracción correspondiente al aditivo se vaporizara, reduciéndose su concentración y a la vez se efectividad.

e) Estabilidad. Es obvio que un aditivo deberá de mantener su estabilidad durante los periodos de mezcla, almacenamiento y utilización.

f) Compatibilidad. La compatibilidad es una de las características más importantes de cualquier aditivo. Se considera que dos o mas aditivos, mezclados dentro de un aceite son compatibles, si no ofrecen evidencia visible de reaccionar el uno con el otro.

g) Flexibilidad. Los aditivos para usos multiples, asi como compuestos utilizados en los aditivos de uso más común, combinan tanto sus características químicas, como ciertas propiedades físicas, para abarcar un intervalo muy amplio de aplicacion.

h) Olor. No debe tener un olor desagradable el aditivo.

i) Actividad Controlada. Un buen ejemplo de actividad controlada cae dentro de los mejoradores del índice de viscosidad, ya que estos afectan la relación viscosidad-temperatura, dentro del intervalo de temperatura de 0 a 210 °F (-17.8 a 100 °C), para poder considerarlos como aditivos recomendables.

2.4 PRUEBAS PARA LA EFECTIVIDAD DE LOS ADITIVOS.

Las pruebas de funcionamiento para evaluar y determinar la efectividad de los aditivos para aceites lubricantes, utilizados en los motores a diesel, y de gasolina, así como para engranes automotrices, son muy extensas y costosas. Las secuencias de pruebas son el resultado de un esfuerzo común por parte de las industrias automotrices y petroleras. El porcentaje de aditivo recomendable, se determina a través de pruebas de funcionamiento en motores y maquinaria; así como efectuar pruebas en el laboratorio sobre el lubricante terminado.

La efectividad de los aceites lubricantes, para proporcionar características definidas de comportamiento, dependen de la composición química del aceite y aditivos, la concentración de estos últimos, diseño, servicio, y del medio ambiente en que se encuentre el equipo que se va a lubricar.

Así, los aditivos pueden ser divididos en dos clases: aquellos que afectan algunas características físicas del lubricantes, como el punto de escurrimiento, tendencia a la formación de espumas, o bien la relación temperatura-viscosidad, o en aditivos cuyo efecto final es de naturaleza química. Cada una de estas dos clases de aditivos puede ser combinada en un solo aditivo multiusos.

2.5 LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS ADITIVOS.

CARACTERISTICAS QUIMICAS

- Antioxidante
- Anticorrosivo

CARACTERISTICAS FISICAS

- Antiespumante.
- Mejorador del indice de

Viscosidad

- | | |
|--------------------------|-------------------------------------|
| - Antidesgastante | - Depresor del pto.de escurrimiento |
| - Detergente dispersante | - Pejagosidad. |
| - Agente alcalino | - Emulsificacion. |
| - Antiherrumbre | - Carga solida. |
| - Aceitosidad | - Estabilizador de color. |
| - Repelencia al agua | - Antiséptico. |
| - Deactivador del metal | - Controlador de olor. |

A continuacion, se mostrara una clasificacion de los tipos de aditivos para lubricantes de uso mas comun, asi como sus caracteristicas y componentes mas importantes.

INHIBIDORES DE OXIDACION Y CORROSION.

Los aditivos denominados antioxidantes contribuyen a disminuir la oxidacion del aceite mismo, ademas de ayudar a reducir la corrosion a la que estan sujetos ciertos tipos de metales

El cambio quimico, que acompaña a la oxidacion, da como resultado la formacion de peroxidos y de acidos organicos dentro del aceite lubricante. El promedio de la oxidacion, en los aceites lubricantes, no depende unicamente de la composicion quimica y de la estabilidad del aceite, sino que

tambien de la temperatura y del tiempo en el cual el aceite esta expuesto al aire o al oxigeno, asi como el diseño, el estado del equipo y las condiciones de operacion.

Cuando un aceite lubricante mineral se vuelve inservible debido a la oxidacion, empieza a formar lodos, resinas, barnices acidos corrosivos y no corrosivos. La funcion de un aditivo antioxidante, es precisamente la de impedir que se lleven a cabo las reacciones cataliticas, la corrosion y la formacion de lodos y barnices.

El metil-2,6-Di-tercieril-butil-fenol es uno de los inhibidores de oxidacion de uso mas comun en los aceites lubricantes para turbinas de vapor, sistemas hidraulicos, motores electricos y sistemas de circulacion que operen por debajo de 200 °F.

Los retardantes tales como ciertos compuestos de azufre, forman una pelicula muy tenue de sulfito sobre las superficies metalicas. Esta pelicula es impermeable al ataque por parte de los acidos o de los peroxidos, por lo tanto estos compuestos contribuyen a la inhibicion de la corrosion ademas de la oxidacion. Debido a todo esto, es necesario controlar la actividad quimica del azufre en un aditivo para lograr un rendimiento efectivo.

Para ello se disuelve azufre elemental en un aceite, teniendo cuidado de que el azufre no llegue a combinarse quimicamente con el aceite, ya que esto sulfata a los metales que entran en contacto con el aceite y asi, reducen su efecto en la oxidacion. De no ser asi, el ataque sobre el metal

continuaría, resultando una corrosión dañina. Sin embargo, una cantidad excesiva de azufre contribuiría a la formación de lodos.

Por el contrario, los compuestos de azufre que se encuentran de manera natural en el petróleo son demasiado estables para reaccionar con las superficies metálicas y así inhibir su efecto en la oxidación. Dos compuestos de azufre utilizados ampliamente son: Un derivado de cera sulfurada y terpenos sulfurados. Algunos otros inhibidores de corrosión y antioxidantes son: ditiofosfatos de cinc, productos de la reacción olefínica de FeS_2 , olefinas sulfuradas.

Las aminas solubles en aceites y los derivados fenólicos aunque son antioxidantes efectivos para un gran número de aplicaciones industriales, no se utilizan por lo general en aceites lubricantes para motores de combustión, debido a que su intervalo máximo de operación es de 200 a 250 °F.

MEJORADORES CONTRA EL DESGASTE.

El aditivo, que además de impartir las características de antioxidante y anticorrosivo a los aceites lubricantes, imparte la característica para contrarrestar el desgaste es, el ditiosulfato de cinc. En cambio, cuando la característica más importante que se busca en un aceite lubricante es la acéitividad, los aditivos más efectivos serán productos que contengan azufre, fósforo, cloro, naftenato de plomo y ácidos grasos. Sin embargo, debe aclararse que estos aditivos actúan corrosivamente sobre aleaciones de plomo y cobre, así como promueven la oxidación en aleaciones de plata.

En los aceites lubricantes actuales, es de suma importancia hablar de los aditivos del tipo detergente dispersante. Los cuales tienen características alcalinas, que sirven para neutralizar los materiales ácidos formados, ya sea por el aceite oxidado, por el combustible parcialmente quemado, por los antidetonantes o por el bióxido de azufre.

La alcalinidad para contrarrestar el desgaste, está muy relacionada con la corrosión, y su causa principal se debe a los halógenos, tales como el ácido clorhídrico y el bromhídrico; los cuales son subproductos de la combustión del tetra etilo de plomo, así como otros tipos de antidetonantes empleados en las gasolinas y al bióxido de azufre.

La corrosión es más severa cuando un motor aun no ha alcanzado su temperatura óptima de operación, formándose ácidos, que debido a la baja temperatura, no logran evaporarse y se condensan dentro de la cámara de combustión. Con el objeto de reducir a un punto aceptable el desgaste debido a la corrosión, al aceite lubricante se le agregan aditivos detergentes o bien detergentes dispersantes. Estos son compuestos de sales metálicas de ácidos sulfónicos, de ácidos fóforicos y fenoles, a los cuales se les ha añadido una reserva alcalina soluble dentro del aceite.

El volumen requerido para efectuar la neutralización depende del diseño del motor, así como las condiciones de trabajo a las cuales se va a someter este, y así mismo, el tipo de combustible incluyendo su porcentaje de azufre. Desde luego que todos estos factores están regidos por la regularidad con que se hagan los cambios de aceite.

DEPRESORES DEL PUNTO DE ESCURRIMIENTO

Los aceites lubricantes caracterizados por hidrocarburos de cadena molecular lineal de alto peso molecular, tienen la tendencia innata de formar cristales cerosos a temperaturas relativamente bajas. Estos cristales de cera que se forman en los aceites lubricantes a temperaturas de 0 °C evitan su fluidez. La temperatura a la cual ocurre este engruesamiento, se denomina punto de escurrimiento.

Un punto de escurrimiento bajo, puede lograrse por medio de la eliminación de las parafinas del aceite durante el proceso de refinación. Así, se calcula que los depresores del punto de escurrimiento funcionan retrasando la formación de los cristales de cera, o bien, alterando el tamaño y la forma de éstos, para que no impidan la fluidez del aceite.

Los depresores del punto de escurrimiento, generalmente son materiales poliméricos, elaborados especialmente de hidrocarburos con estructura muy semejante al aceite mismo. En general se utilizan tres tipos de depresores:

- Cera naftenica alquilada y sus polimeros.
- Cera fenólica alquilada y sus polimeros.
- Polimeros de esterres de acidos metacrilicos (Este producto tambien tiene la propiedad de incrementar el indice de viscosidad).

ADITIVOS MEJORADORES DEL INDICE DE VISCOSIDAD.

La principal consideración al seleccionar un aceite para cualquier aplicación, es su viscosidad y su variación con respecto a la temperatura. La relación temperatura-viscosidad en los aceites, esta designada por el índice de viscosidad.

Un índice de viscosidad alto, así como un punto de escurrimiento bajo en un aceite básico, puede obtenerse mediante el proceso de refinación por medio de solventes, por la adición de aditivos químicos, o bien, por una combinación de estos procedimientos. Dependiendo de las propiedades del aceite básico, pueden obtenerse valores del índice de viscosidad superiores a 100 y puntos de escurrimiento inferiores a 0 °F.

Estas propiedades se les pueden impartir a los aceites con mayor facilidad y más económicamente, por medio de la utilización de mejoradores del índice de viscosidad junto con aditivos que reduzcan el punto de escurrimiento. De no ser por los mejoradores del índice de viscosidad, aceites lubricantes tales como los denominados multigrados, de viscosidad SAE 20W-40 o el SAE 10W-40, no podrían ser mezclados en una forma práctica para abarcar la gama de viscosidad de un aceite SAE 40 a 210 °F y un aceite SAE 10W a 0 °F.

Los principales mejoradores del índice de viscosidad que se producen comercialmente son:

- Polímeros de isobutileno.
- Copolímeros acrílicos.

AGENTES ANTIESPUMANTES.

Cuando un aceite lubricante es agitado en presencia del aire, existe la tendencia de formar espuma, la cual impide una buena lubricación.

Generalmente los agentes antiespumantes más efectivos y de mayor uso son los polimeros de silicon de peso molecular intermedio, tales como los polimeros dimetilicos de silicon, comunmente llamados aceites de silicon.

COMPARACION DE LAS PROPIEDADES DE ACEITES MINERALES Y SINTETICOS. "VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE CADA FORMULACION".

	Típicos Aceites minerales	Olefinas Poliméricas	Alquil Aromaticos
1. Intervalo líquido	moderado	bueno	bueno
2. Características Viscosidad-Temp.	moderado	bueno	moderado
3. Comportamiento a baja temperatura	deficiente	bueno	bueno
4. Estabilidad a la oxidación.	moderada	muy buena	moderada
5. Miscibilidad con aceites minerales		excelente	excelente
6. Volatilidad	moderada	bueno	bueno
7. Compatibilidad con barnices y pinturas	excelente	excelente	excelente
8. Estabilidad hidrolítica	excelente	excelente	excelente
9. Características anticorrosivas	excelentes	excelentes	excelentes
10. Solubilidad en Aditivos	excelente	bueno	excelente
11. Propiedades Lubricantes	buenas	buenas	buenas
12. Estabilidad Térmica	moderada	moderada	moderada
13. Resistencia al fuego.	deficiente	deficiente	deficiente
14. Costo.	bajo	medio	medio

COMPARACION DE LAS PROPIEDADES DE ACEITES CONTINUACION.

Esteres de ácidos dibásicos	Neo-fenil-poli-esteres	Poli-alquilen glicoles	Esteres de ácidos fosforicos	Fluoro carbonos	Poli-fenil eteres
1. muy bueno	bueno	bueno	moderado	deficientes	
2. excelentes	buenas	buenas	deficientes	moderadas	
3. bueno	bueno	bueno	moderado	bueno	defici.
4. muy buena	moderada	deficiente	bueno	excelente	bueno
5. buena	moderada	deficiente	moderada	deficient	bueno
6. excelente	excelente	bueno	bueno	moderada	bueno
7. buena	moderada	moderada	deficiente	bueno	moderada
8. moderada	moderada	bueno	moderada	bueno	excelente
9. moderadas	moderadas	buenas	moderadas		
10. m. buena	m. buena	moderada	bueno		
11. m. buenas	m. buenas	buenas	excelentes	excelentes	
12. buena	bueno	bueno	moderada	m. buena	excelente
13. moderada	moderada	moderada	excelente	excelente	moderada
14. medio	medio	medio	medio	muy alto	muy alto

CAPITULO 3.

DESARROLLO EXPERIMENTAL.

En el presente trabajo se determinaron diferentes propiedades Fisicoquímicas a los ocho lubricantes a saber:

- 1) Densidad.
- 2) Punto de Congelación y Escurrimiento.
- 3) Temperatura de Inflamacion e Ignición.
- 4) Numero de Neutralización.
- 5) Residuos de Carbon Conradson.
- 6) Tendencia a la Formacion de Espuma.
- 7) Residuos Sulfatados.
- 8) Tension Superficial.
- 9) Viscosidad Dinamica.
- 10) Estabilidad térmica.

A continuación se dara una descripción del trabajo realizado para cada determinación.

3.1 DENSIDAD.

Esta propiedad se determino mediante el uso de matraces aforados de 25ml.

Material:

- 8 Matraces aforados de 25ml.
- Balanza analitica digital Mettler Mod.PC-400.
- Embudo de filtracion rapida de tallo largo.

Substancias:

- Aceites lubricantes.
- Agua destilada.

- Alcohol etílico.
- Acetona.

Procedimiento.

Se lavaron los matraces aforados con agua y se enjuagaron con agua destilada y posteriormente con alcohol y acetona, para eliminar los residuos de agua. Se pesó un matraz seco y vacío, y después se hizo lo mismo pero ya con los 25 ml de muestra. Se calculó la diferencia de pesos y mediante la ecuación $d = m/v$, se obtuvieron los valores de densidad.

Donde m es la diferencia de pesos entre el matraz lleno y vacío, en gramos.

V es el volumen de la muestra, en mililitros.

d es la densidad en g/ml.

3.2 PUNTO DE CONGELACION Y ESCURRIMIENTO. ASTM D-97

El punto de escurrimiento de un aceite mineral es la temperatura más baja a la cual el aceite fluye bajo condiciones prescritas, siempre y cuando no se agite este.

Para determinar la temperatura de escurrimiento, una muestra de aceite es enfriada en un recipiente de prueba bajo condiciones específicas; la temperatura es observada en decrementos de 5 °F hasta que no aparezca movimiento en la superficie del aceite, cuando el recipiente de prueba es colocado en posición horizontal durante 5 segundos.

Esta temperatura es conocida como el punto de congelación o de solidificación. Por definición, el punto de escurrimiento se encuentra 5 °F arriba de esta temperatura.

Material:

- Baño refrigerante.
- Recipiente de prueba, tubo de ensayo de 15 ml.
- Termopozo Jenway Mod. PHM-6.
- Tapon de hule horadado del numero 01.

Substancias.

- Aceites lubricantes.
- Hielo seco.

Procedimiento.

Se coloca el aceite en el tubo de ensayo hasta llenar 3/4 partes. Se cierra el recipiente con el tapon de hule, que debiera contener el termopozo sujeto en la horadacion, en posición vertical en el centro del tubo, sumergido unos 2cm por debajo de la superficie del aceite.

Se prepara una mezcla refrigerante apropiada de sal y hielo machacado o dióxido de carbono sólido y acetona en el baño refrigerante, donde se introdujera el tubo de ensayo con la muestra. Se comienza a una temperatura 20 °F por arriba del punto de escurrimiento esperado; cada lectura del termómetro (termopozo), se deberá efectuar en múltiplos de 5

°F; separando el recipiente de prueba del baño refrigerante cuidadosamente e inclinándolo lo suficiente para asegurar de que hay movimiento del aceite en el recipiente de prueba.

La operación completa de remover y colocar el recipiente de prueba en su lugar nuevamente, no debe requerir un tiempo mayor de 6 segundos. Si el aceite se mueve al sostener horizontalmente el tubo, este se coloca nuevamente en el baño refrigerante y se repite la prueba de inclinación a una temperatura de 5 °F más abajo. Se continúa la prueba hasta que no se aprecie ningún movimiento cuando el recipiente de prueba es colocado en posición horizontal por 5 segundos. Se toma el punto de escurrimiento a una temperatura de 5 °F sobre el punto de congelación.

3.3 TEMPERATURA DE INFLAMACION E IGNICION. ASTM D-92

La temperatura de inflamación de un aceite es la temperatura más baja a la cual se forman vapores que pueden encenderse cuando una pequeña flama es pasada periódicamente sobre la superficie del aceite.

La temperatura de ignición es la temperatura más baja a la cual un aceite se enciende y se mantiene en combustión por lo menos durante 5 segundos.

El conocimiento de las temperaturas de inflamación e ignición de aceites lubricantes ayuda a prevenir posibles incendios. La temperatura de inflamación, también es importante ya que indica la temperatura sobre la cual ocurren pérdidas por evaporación.

Este método de prueba es empleado para determinar las temperaturas de inflamación e ignición de todos los productos del petróleo excepto aceites combustibles que tengan una temperatura de inflamación por debajo de 175 °F.

Material:

- Crisol Lofivitrex 100/65.
- Mufla Sola Basic Lindberg Mod. 51848 de 100 a 1100 °C.
- Mechero Bunsen.
- Termómetro Branam de -10 a 400 °C.

Procedimiento.

A temperatura ambiente se llenan 3/4 partes del crisol con el aceite de prueba. No deberá haber aceite en el exterior del crisol.

El bulbo del termómetro es sumergido en el aceite, de manera que este en el centro mismo del crisol. La muestra es calentada a una velocidad de 20 °C cada 2 o 3 minutos hasta alcanzar una temperatura de 30 °C por debajo de la temperatura probable de ignición. A partir de ese momento, la velocidad de calentamiento se disminuye a la mitad. La flama de prueba es aplicada en intervalos sucesivos de 5 °C, esta es pasada cruzando el centro del crisol en línea recta. El tiempo aproximado para pasar la flama en el plano del filo superior del crisol es de dos segundos.

Cuando una flama aparece y permanece al retirar el mechero, en cualquier punto de la superficie del aceite, la

temperatura leída en ese momento, deberá tomarse como la temperatura de inflamación.

Después de determinar la temperatura de inflamación, el calentamiento se continúa a una velocidad de 10 °C cada 2 o 3 minutos. La flama de prueba es aplicada hasta que el aceite se encienda y se continúe quemando durante por lo menos cinco segundos. La temperatura leída en ese momento es reportada como la temperatura de ignición.

Calculos.

Cuando la presión atmosférica en el lugar de prueba difiere de 760 mm Hg, la temperatura de inflamación e ignición se deben corregir por medio de la siguiente ecuación:

Temp.inflamacion o ignicion corregida = $c + 0.03(760-P)$.

Donde:

c es la temperatura de inflamacion o ignicion leida.

P es la presión barometrica en mm Hg.

Así, la temperatura de inflamacion o ignicion corregida se compone de 2 partes: La temperatura leida, mas un factor de correccion ($0.03 (760 - P)$). El factor de corrección para la Cd.de Mexico es: $0.03 (760 - 585) = 5.25 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.4 NUMERO DE NEUTRALIZACION ASTM D-974.

Titulacion con indicador de color.

El numero de neutralizacion es el numero de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para neutralizar el ácido contenido en un gramo de aceite.

La prueba se efectua para mostrar cambios relativos en un aceite bajo condiciones de oxidación. Mide el desarrollo de productos dañinos en los aceites. Este metodo determina los constituyentes ácidos o básicos en un aceite de petroleo, que son solubles en mezclas de alcohol isopropilico y tolueno.

Numero total de acidez.

Es la cantidad del componente básico, expresado en miligramos de hidroxido de potasio, que es requerido para titular todos los constituyentes acidos presentes en un gramo de muestra.

Número total de basicidad.

Es la cantidad de ácido, expresado en términos del numero equivalente de miligramos de hidroxido de potasio, requeridos para titular los constituyentes basicos presentes en un gramo de muestra.

Material:

- 8 Matracas Erlenmeyer de 250 ml.
- 2 Buretas graduadas de 50 ml.
- 1 Frasco gotero para el indicador.
- 2 Soportes universales.
- 2 Pinzas de tres dedos con nuez.
- Balanza analitica digital Mettler Mod. PC-400.

Substancias:

- Solución standard de ácido clorhidrico 0.1 normal.
- Solucion standard de hidroxido de potasio 0.1 normal.
- Solvente para titulación: agregue 500 ml de tolueno y 5 ml de agua destilada a 495 ml de alcohol isopropilico.
- Solución indicadora de paranaftolbenceina: 10 g del indicador seco en 1000 ml de alcohol isopropilico.

Procedimiento.

Se llenan las buretas con las soluciones valoradas y se ajustan a cero. En un matraz Erlenmeyer de 250 ml, previamente tarado, se introduce una cantidad pesada de muestra. Si el aceite tiene un color claro se emplean 20 g de muestra y si presenta un color oscuro, se utilizarán 2 g de muestra. Añada 100 ml del solvente para titulación y 30 gotas de solución indicadora y agite cuidadosamente la mezcla hasta que la muestra esté disuelta completamente.

Si la muestra es ácida, asuma un color amarillo-naranja o naranja profundo y la titulación deberá ser hecha con la solución alcohólica de KOH. Si la muestra asume un color verde o azul verdoso, la titulación se hará con la solución alcohólica de HCl, hasta que este color indique cualidades básicas. El color debe permanecer por lo menos 15 segundos para que podamos decir que se alcanzó el punto final de la valoración. En el punto final de la valoración se leen el número de mililitros de solución que fueron requeridos.

La misma técnica se emplea si la solución al principio es verde, en tal caso, la solución titulante será el HCl alcohólico y el color del punto final será cuando pase de verde a amarillo-naranja.

Calculos.

$\frac{\text{ml de solución titulante (5.61)}}{\text{peso de la muestra}} = \text{N}^\circ \text{ de neutralización}$

3.5 RESIDUO DE CARBON CONRADSON, ASTM D-189.

El metodo describe la determinación de la cantidad de residuo carbonoso remanente despues de la evaporación y pirolisis de cualquier aceite derivado del petróleo.

El metodo generalmente se aplica a los productos del petróleo relativamente no volátiles, y que parcialmente se descomponen por destilación a presión atmosférica.

El valor del residuo de carbon en un aceite de motor, fue considerado en un tiempo como indicativo de la cantidad de depósitos carbonosos que se formarían en la cámara de combustión de cualquier motor; actualmente se considera de dudoso significado debido a la presencia de aditivos. Por ejemplo, en los aditivos detergentes que forman cenizas, es factible un incremento de los valores de los residuos de carbón, no obstante que es posible reducir esta tendencia a la formación de depositos.

Material:

- Crisol de porcelana vidriado de $\emptyset = 1.5$ pl.
- Soporte universal con anillo de acero.
- Mechero Fisher.

Substancias:

- Aceites lubricantes.

Procedimiento.

Se pesan analíticamente 10 g aproximadamente de la muestra, vigilando que esta se encuentre libre de humedad y

de materias en suspensión, en un crisol de porcelana previamente tarado.

Sobre un anillo o tripié apropiado, se coloca el crisol con muestra. Aplique calor, empleando una flama fuerte y alta procedente de un mechero de gas, la altura de la flama debiera ser de unos 25 a 30 cm. Esto permitira que el periodo de preignición sea de 10 minutos, aproximadamente, ya que un tiempo más corto podria iniciar la destilacion muy rapidamente y provocar espuma o flamas demasiado altas.

Cuando el humo aparezca arriba del crisol, se mueve o ladea inmediatamente el quemador, de manera que la flama se dirija a los lados de este a fin de que se incendien los vapores. Posteriormente se retira el mechero momentaneamente, y despues se vuelve a calentar de manera que los vapores se quemem uniformemente. El tiempo para quemar los vapores debiera ser de 15 minutos aproximadamente.

En caso de que sea imposible cumplir con lo antes dicho, es decir, el tiempo de ignición y tamaño de la flama, tomese en cuenta que el tiempo de quemado es más importante que el tamaño de la flama.

Cuando los vapores cesen de quemarse y ya no se observa ningun humo azulado, se reajusta el quemador, incrementando el tamaño de la flama o acercando el crisol a la boca del mechero, hasta que el fondo y la parte baja del crisol tengan un color rojo cereza. Se le deja así durante 7 minutos exactamente. El tiempo total de calentamiento debiera ser de 30

minutos, lo cual constituye una tolerancia adicional para los tiempos de pre-ignición y quemado de vapores.

Se retira el mechero y se permite que todo el conjunto se enfríe hasta que no aparezca ningún humo. Se retira el crisol, se coloca en un desecador por 24 horas y se pesa. Se calcula el % de residuo de carbón sobre la carga de muestra original, de la siguiente manera:

$$\text{Peso residuo (g) } 100 / \text{Peso muestra} = \% \text{ residuo carbon.}$$

3.6 TENDENCIA A LA FORMACION DE ESPUMA, ASTM D-892.

El volumen de espuma producido al introducir aire a través de una muestra de aceite dentro de una probeta graduada, es medido a temperatura predeterminada. El tubo de entrada de aire está conectado a un difusor de piedra en forma cilíndrica de 0.5 pulgadas de diámetro, colocado en el fondo de la probeta. La presión del aire es mantenida a una velocidad constante para un tiempo determinado de soplado. Este método de prueba se utiliza para determinar las tendencias a la formación de espuma a temperaturas predeterminadas.

Material:

- Probeta graduada de 100 ml.
- Tubo de vidrio de 0.5 mm de diametro.
- Piedra difusora cilindrica de 0.5 pulgadas de diametro
- Tapon de hule del N° 6 horadado.
- Bomba de aire para acuario.
- Baño Maria.
- Valvula controladora del flujo de aire.
- Cronometro y termometro Branam de -10 a 400 °C.

Substancias:

- Naftaleno.
- Tolueno.
- Acetona.
- Aceites lubricantes.

Procedimiento.

Se limpia la probeta y la piedra difusora, lavándose sucesivamente con la nafta, el tolueno, la acetona, y en seguida se dejan secar. Se vierte la muestra dentro de la probeta hasta el nivel de 19 a 20 ml. Se sumerge la probeta en el baño, hasta que la muestra quede sumergida en el, aproximadamente unos 30 ml, manteniendo la temperatura del baño a 24 °C. Una vez que el aceite llegue a la temperatura del baño, conectese el tubo del aire junto con la piedra difusora, de tal forma que esta apenas toque el fondo de la probeta, encontrandose en el centro de la sección transversal de esta, dejando que ésta se remoje en el lubricante por

cinco minutos. Se conecta el tubo de escape del aire a la valvula y se ajusta el paso del aire a 100 ml por minuto, aproximadamente, al mismo tiempo dirigiendo una carga de aire limpio a traves de la piedra por un periodo de 5 minutos. Este tiempo se empieza a tomar desde el momento en que las primeras burbujas de aire pasen a traves del difusor. Al concluir este periodo, se cierra el flujo del aire y se apunta el volumen de espuma resultante.

3.7 RESIDUOS SULFATADOS, ASTM D-874.

La prueba de residuos sulfatados se aplica a aceites nuevos para indicar la concentracion de sales metalicas (con excepcion del plomo) que constituyen los aditivos del aceite. La prueba determina si un aceite nuevo contiene la cantidad indicada de aditivos.

La diferencia entre los residuos sulfatados de un aceite nuevo en comparacion con los residuos de ese mismo aceite despues de haberse usado, indican el indice del agotamiento despues de haberse usado en motores de combustion interna. La prueba es nula si se ha usado combustible que contenga tetra etilo de plomo.

Material:

- Mufla Sola Basic Lindberg Mod. 51848 de 100 a 1100 °C.
- Cápsula de porcelana Lofivritex 100/68.

Substancias:

- Acido sulfúrico concentrado con densidad de 1.84 g/ml.
- Acido sulfúrico al 60 %.

Procedimiento.

Se calienta la cápsula de porcelana a flama directa hasta una temperatura de 700 a 800 por 10 minutos. Se enfria 24 horas a temperatura ambiente en un desecador y se pesa hasta los 0.1 mg. Se pasa a la capsula 10 ± 0.1 g de muestra

Se calienta la cápsula sobre un mechero hasta que el contenido se prenda y se queme fácilmente y uniformemente, dejando unicamente ceniza y carbon al quemarse totalmente. Se enfria la capsula con el residuo en un desecador por 24 horas. se procede a humedecer este con la cantidad más pequeña posible de ácido sulfúrico concentrado. Con mucho cuidado se calienta la cápsula sobre una parrilla electrica y se continua calentando hasta que el ácido deje de producir vapores. Se ajusta la mufla hasta una temperatura de 300 °C o menor, colocando entoces la capsula dentro de esta y aumentando gradualmente la temperatura hasta 500 °C y a la vez continuando la ignicion hasta que el residuo de carbon quede casi totalmente oxidado.

Se retira la capsula de la mufla y se enfria en un desecador hasta llegar a temperatura ambiente. Enseguida, se añaden 2 o 3 gotas de agua destilada y de 5 a 10 gotas de ácido sulfúrico al 60 %, asegurándose que los residuos en su totalidad queden debidamente humedecidos. Se procede a

calentar la muestra a baja temperatura en la parrilla, hasta que ya no se produzcan vapores del ácido.

Se ajusta la mufla a 300 °C, se coloca nuevamente la cápsula con los residuos en el interior de esta y se aumenta gradualmente la temperatura hasta llegar a 775 °C, manteniéndose así por un periodo de 25 a 30 minutos. Se retira la cápsula, se enfría en un desecador y se pesa el residuo.

3.8 TENSION SUPERFICIAL ASTM D-971.

La tensión superficial es la propiedad que poseen las superficies de los líquidos, por la que parecen estar cubiertos por una delgada membrana elástica en estado de tensión, midiéndose dicha tensión por la fuerza que actúa normalmente sobre la unidad de longitud situada sobre la superficie. La propiedad se debe a las fuerzas de cohesión moleculares, que no quedan equilibradas en la interfase.

Material:

- Tensiómetro de Du Noüy.
- Anillo de alambre de platino de 2 o 3 cm de diámetro.
- 8 vasos de precipitados de 50 ml.
- Mechero Bunsen.

Substancias:

- Tolueno.
- Acetona.
- Agua destilada.

- Aceites lubricantes.

Procedimiento.

Esté método se basa en la determinación de la fuerza necesaria para separar un anillo de la superficie de un líquido, utilizando un hilo de torsión, donde la fuerza para separarlo esta relacionada con la tensión superficial, por la siguiente expresión:

$$\sigma = \beta P.$$

Donde σ es la tensión superficial en Din/cm.

P es el empuje aplicado al anillo llamado Pull.

β es un factor de corrección.

Con el objeto de tener un ángulo de contacto cero y por lo tanto constante, se emplean anillos de platino cuidadosamente limpios, para ello se enjuaga en el mismo solvente (tolueno, acetona y agua destilada) y se flamea en la parte oxidante de la flama. Es importante que el anillo repose plano en la superficie.

El factor de corrección β tiene en cuenta el que las fuerzas de tensión no están dirigidas verticalmente y también la complicada forma del líquido que cuelga del anillo en el momento de despegarse; por lo tanto, depende de las dimensiones del anillo y de la naturaleza de la interfase.

Se lavan todos los recipientes de vidrio con agua y jabón se enjuagan con agua destilada y por último se secan con acetona.

Se ajusta la altura de la plataforma de, tal manera que el recipiente con la muestra quede un poco abajo del soporte horizontal del tensiómetro, y se centre a la vez el recipiente con la muestra. El indicador con la aguja roja se debe fijar para cubrir la línea negra en la cara del espejo con una lectura en la escala de cero. Habiéndose fijado lo anterior, se vierte de 25 a 30 ml de muestra dentro de los vasos. Se sube la plataforma hasta que el anillo de platino haga contacto inicial con el aceite y luego se gira la perilla del par a un lado de la escala hacia la izquierda. El indicador rojo se mantiene en la posición cero, haciendo que a la vez de que se baja la plataforma, se aplica una fuerza de par: al irse acercando al punto de ruptura, los ajustes se hacen más lentamente. Al ocurrir la ruptura, se apunta la lectura en la escala. Este dato de la escala reciba el nombre de Pull. También hay que señalar que todas las determinaciones se hicieron a 25 °C.

Para poder sacar el factor de corrección β , se realizan los siguientes cálculos; para ello empleamos la relación:

$$m = 4 \pi R P/g$$

Donde:

m es la masa del líquido que queda en el anillo cuando este se desprende de la superficie.

P es el empuje aplicado al anillo (Pull).

g es la aceleración de la gravedad.

R es el radio del anillo medido desde el centro de éste hasta el centro del cable.

Como se puede apreciar $4 \pi R/g$ es un valor constante de 0.01227.

Por lo tanto, nos queda que $m = 0.01227 \rho$.

Por otra parte sabemos que:

$$d = m/v.$$

Donde:

d es la densidad de la muestra.

m es la masa del liquido que cuelga del anillo, cuando éste es desprendido de la superficie.

v es el volumen de liquido que cuelga del anillo, en el momento en que éste se separa de la interfase.

Finalmente podemos despejar dicho volumen, quedandonos la siguiente expresion:

$$v = m/d.$$

Con éste valor del volumen, podemos obtener el dato de R^2/v ; el cual, como lo veremos más adelante, es de suma importancia para sacar el valor del factor de corrección β . Por ultimo, hay que señalar que R^2 es igual a 0.8707.

Por ejemplo, hagamos los calculos para el Roshfrans:

$$m = 0.01227 (\rho) = 0.01227 (32.1) = 0.3938 \text{ g.}$$

$$v = m/d = 0.3938 \text{ g}/0.8964 \text{ g ml}^{-1} = 0.4390 \text{ ml.}$$

$$\text{Así, de esta manera: } R^2/v = 0.8707/0.4390 = 1.98.$$

Con el valor de R^2/v de 1.98, se utilizan unas tablas, en las cuales relaciono este dato con el de R/r . Donde r es el radio del alambre con que esta hecho el anillo. En el caso del anillo que empleamos el valor de R/r es de 54.5.

Extrapolando la columna que corresponde al valor de R/r con la de R^2/v , obtenemos el valor de β ; y como sabemos $\theta = \beta$

* P. Donde θ es la tensión superficial en Din/cm.

Y se hacen los mismos cálculos para cada aceite.

3.9 VISCOSIDAD DINAMICA ASTM D-445.

La propiedad más importante de un aceite lubricante es su viscosidad. Existen muchas formas y métodos para determinar esta propiedad. Generalmente el método utilizado para determinar la viscosidad en aceites lubricantes automotrices e industriales es la viscosidad en segundos Saybolt Universales (SUS), la cual se denomina como la ASTM D-88. Sin embargo existen otras pruebas para determinar la viscosidad tales como la cinemática, la cual generalmente se utiliza para aceites de proceso; la viscosidad Redwood # 2 utilizada por los británicos y japoneses, así como la viscosidad Engler a 50 °C, comúnmente utilizada por la Comunidad Económica Europea y los países socialistas.

Se determinaron las viscosidades empleando un Brookfield. El viscosímetro Brookfield es un instrumento que consta de un cilindro que rota dentro del seno de un líquido, No-Newtoniano, y que mide el torque necesario para vencer la resistencia viscosa que presenta el movimiento inducido.

Material:

- 8 Vasos de precipitados de 500 ml
- Termometro Branam de -10 a 400 °C.
- Viscosimetro Brookfield.RVT.

Substancias:

- Aceite de castor.
- Aceites lubricantes.

Procedimiento.

Se requieren alrededor de 400 ml de muestra. El recipiente contenedor de la muestra debe estar bien limpio, con el objeto de evitar interferencias en las mediciones por particulas extrañas.

Se ajusta el vástago elegido (Nº7) al eje inferior. Con la mano izquierda se sostiene el eje con firmeza, mientras que con la derecha se atornilla el vástago. Se introduce el vástago en el material de prueba hasta que el nivel del fluido esté en la marca de inmersión en el eje de vástago Se nivela el aparato con los tornillos situados bajo los tres brazos de la base, refiriéndose a la burbuja que tiene para tal efecto.

Se presiona el embrague y se enciende el motor del viscosimetro, se suelta el embrague permitiendole girar libremente, hasta que el indicador se establece en una posicion fija sobre la escala. El tiempo requerido para tal efecto a velocidades superiores a 4 r.p.m., es de alrededor de 20 a 30 segundos.

Existen varios modelos de Brookfield y para cada uno de ellos se cuenta con una tabla para poder convertir la lectura en valores de viscosidad. Esto se realiza multiplicando la lectura por el factor indicado en la tabla; el cual está en funcion de la velocidad en rpm y del vastago empleado. Así, se realizaron determinaciones de viscosidad para 8 muestras, haciendo variar la velocidad de corte, a 25 °C y empleando el vastago numero 7.

Primero se varió la velocidad de corte desde 10 hasta 50 rpm para cada muestra. Todas las lecturas se realizaron cada 2 minutos de operacion para cada velocidad.

Para checar el buen funcionamiento del equipo, antes de operarlo con las muestras, se realizaron una serie de pruebas con aceite de castor y se compararon con datos de la literatura. Datos reportados en la literatura:

Temperatura °C	Viscosidad Cp.
10	2420
20	986

Ejemplo de calculo:

Muestra: Aceite de castor.

Vastago numero 7.

Velocidad 20 rpm.

Lectura 1.3.

Factor leído 800.

Temperatura ambiente 25 °C.

$n = \text{lectura} \cdot \text{factor.}$

$n = 1.3 \cdot 800.$

Viscosidad (n) = 1000 Cp.

Se obtuvieron iguales resultados a 10 rpm y 25 °C.

3.10 ESTABILIDAD TERMICA.

Esta prueba nos sirve para ver que tanto ha variado la viscosidad aparente de un fluido, despues de que este ha sido calentado a muy altas temperaturas. Esta prueba junto con la de viscosidad son las más importantes que se realizaron en este trabajo.

Material:

- Mufla Sola Basic Lindberg Mod.51848 de 100 a 1100 °C.
- 8 Vasos de precipitados de 150 ml.
- Termoposo Jenway Mod.PHM-6.
- Viscosimetro Brookfield modelo RVT.
- Pinzas pars crisol.
- Guantes de asbesto.

Substancias:

- Aceites lubricantes.

Procedimiento.

En ocho vasos de precipitados de 150 ml, perfectamente limpios y secos, se colocan las muestras en estudio. Posteriormente se calentaron con la ayuda de la mufla a 150 °C.aproximadamente, se saca la muestra de la mufla y se determina con mayor presición la temperaturalempleando para

ello el termoposo. Inmediatamente despues se le determina su viscosidad, variando la velocidad de corte de 10 a 50 rpm y empleando el vastago numero 7. Una vez habiendo realizado lo anterior, se coloca nuevamente la muestra en la mufia y se calienta hasta 200 °C aproximadamente, se retira el vaso contenedor de la mufia y se mide la temperatura de la muestra; inmediatamente se le determina su viscosidad en iguales condiciones que en el caso anterior.

CAPITULO 4

RESULTADOS EXPERIMENTALES

4.0 FABRICANTES Y ABREVIATURAS DE LOS ACEITES LUBRICANTES

Nº	Nombre del aceite	Fabricante	Abreviatura
1.-	Roshfrans SAE-30	Comercial Roshfrans	Rosh.
2.-	Esso Motor Oil SAE-40	Exxon	EMO.
3.-	Esso Extra Motor Oil 20W-40	Exxon	EEMO.
4.-	Esso Super Racing Oil Banda Dorada SAE 15W-40		ESKO-BD
5.-	Brio SAE 10W.	Pemex	Brio.
6.-	Quaker State HD-SAE 40	Comercial Importadora	Q.S.
7.-	Mobil Heavy Duty	Mobiloil	MHD.
8.-	Esso Super Racing Oil SAE-30	Exxon	ESRO.

Para tener un mejor y mas facil acceso a las tablas, solo apareceran las abreviaturas de cada aceite.

4.1 DENSIDAD.

Nº	Aceite	Esp.API	Densidad g/ml
1.-	Rosh.	SD/CC	0.8964
2.-	MHD	SF/CC	0.8962
3.-	Brio	SD/CC	0.8954
4.-	EEMO	SF/CC	0.8920
5.-	Q.S.	SF/CC	0.8844
6.-	ESRO	SG/CD	0.8796
7.-	ESRO-BD	SG/CD	0.8796
8.-	EMO	SF/CC	0.8788

Debido a que no es posible calcular el % de error ya que se desconoce el valor real o esperado de las diferentes

pruebas realizadas a los aceites; se obtendra el intervalo de confianza (I.C.) para cada caso.

$$I.C. = t \sigma / \sqrt{n-1}.$$

El grado de confiabilidad que deseo manejar en todos los casos es del 90 %, por lo que α es igual a 0.1.

Utilizando una tabla de valores seleccionados de la distribución de Student, y sabiendo que el numero de grados de libertad θ es 7, obtenemos un valor de $t = 1.8950$. Y así:

$$I.C. = 1.8950 (0.00747) / \sqrt{7} = 0.0053.$$

$$0.8878 \pm 0.0053$$

Empleando limite inferior (l) y limite superior (L):

$$l = 0.8878 - 0.0053 = 0.8825$$

$$L = 0.8878 + 0.0053 = 0.8931$$

El intervalo de confianza al 90 % es (0.8825, 0.8931), por lo que podemos concluir que con un nivel de confianza del 90 %, el rendimiento promedio de la variedad se encuentra entre esos limites

4.2 PUNTO DE CONGELACION Y ESCURRIMIENTO, ASTM D-97..

Nº Aceite	Temp. Cong. °C	Temp. Esc. °C.
1.- ESRO-BD	- 33.6	- 30.82
2.- ESRO	- 32.5	- 29.72
3.- EEMO	- 27	- 24.22
4.- MHD	- 18.3	- 23.72
5.- Brio	- 26	- 23.22
6.- Rosh.	- 25	- 22.22
7.- O.S.	- 18.3	- 15.52

8.- EMO - 17 - 14.22

(Intervalo de confianza)

I.C. 4.2998 3.9392.

Empleando limites.

Temperatura de congelacion. - 24.71 ± 4.2998 .

l = - 29.0098. L = - 20.4102

El intervalo de confianza al 90 % es (- 29.0098,- 20.410)

Temperatura de escurrimiento. - 22.95 ± 3.9392 .

l = - 26.8892. L = - 19.0108

El intervalo de confianza al 90 % es (- 26.8892,- 19.010)

4.3 TEMPERATURA DE INFLAMACION E IGNICION ASTM D-92.

Nº Aceite	Temp Inf. °C	Temp. Ign. °C.
1.- EMO	225.25	230.25
2.- G.S.	201.25	206.25
3.- MHD	197.25	201.25
4.- ESRO	195.25	199.25
5.- Brio	195.25	199.25
6.- ESRO-BD	183.25	191.25
7.- EEMO	182.25	189.25
8.- Rosh.	170.25	172.25

Los datos reportados son de temperatura de inflamación e ignición corregidos. (Ver paginas 45 y 46)

(Intervalo de confianza)

Temp.Inf. Temp.Ign.

I.C. 10.92 11.049

Empleando límites

Temperatura de inflamación 193.75 ± 10.92

l = 182.83. L = 204.65.

El intervalo de confianza al 90 % es (182.83,204.65)

Temperature de ignición 198.625 ± 11.049

l = 187.576. L = 209.674

El intervalo de confianza al 90 % es (187.576,209.674)

4.4 NUMERO DE NEUTRALIZACION ASTM D-974.

Nº Aceite	Nº de Neut.mg KOH/g Aceite
1.- ESRO	11.11
2.- ESRO-BD	11.10
3.- EMO	11.00
4.- EEMO	9.817
5.- Brio	9.304
6.- Rosh.	9.070
7.- MHD	8.843
8.- O.S.	8.331

(Intervalo de confianza)

I.C. = 0.7466.

Empleando límites. 9.8218 ± 0.7466

l = 9.075. L = 10.5684.

El intervalo de confianza al 90 % es (9.075,10.5684)

4.5 RESIDUO DE CARBON CONRADSON, ASTM D-189.

Nº Aceite	% Residuo de Carbón.
1.- ESRO-BD	1.2000
2.- ESRO	1.1000
3.- Brio	0.9000
4.- O.S.	0.8973
5.- EEMO	0.8955
6.-MHD	0.7000
7.- Rosh.	0.6993
8.- EMO	0.2985

(Intervalo de confianza)

I.C. = 0.186.

Empleando limites 0.8363 ± 0.186 .

$l = 0.6502$. $L = 1.0223$.

El intervalo de confianza al 90 % es (0.6502, 1.0223)

4.6 TENDENCIA A LA FORMACION DE ESPUMA, ASTM D-892.

(a) Volumen de espuma en ml, al termino de un periodo de soplado de 5 minutos, a una velocidad de flujo de aire de 150 ml/min aproximadamente y a una temperatura de 21 °C.

(b) Volumen de espuma en ml, al termino de un periodo de soplado de 15 minutos, a una velocidad de flujo de aire de 200 ml/min aproximadamente y a una temperatura de 21 °C.

(c) Volumen de espuma en ml, al termino de un periodo de soplado de 20 minutos, a una velocidad de flujo de aire de 300 ml/min aproximadamente y a una temperatura de 21 °C.

(d) Volumen de espuma en ml, al termino de un periodo de soplado de 10 minutos, a una velocidad de flujo de aire de 300 ml/min aproximadamente y a una temperatura de 50 y 70 °C

Nº Aceite	(a)	(b)	(c)	(d)
1.- Rosh.	0	0	Trazas	0
2.- EMO	0	0	Trazas	--
3.- EEMO	0	0	Trazas	--
4.- ESRO-BD	0	Trazas	Trazas	--
5.- Brio	0	Trazas	0	--
6.- Q.S.	0	0	Trazas	--
7.- MHD	0	Trazas	Trazas	0
8.- ESRO	0	0	Trazas	--

Con objeto de ver la tendencia a la formación de espuma de los aceites al ser calentados, inciso d, se seleccionaron las muestras 1 y 7 y; al observar que el volumen de espuma no variaba en relación con las demás pruebas, concluimos que el resto de las muestras tendrían el mismo comportamiento. Por lo que las demás muestras, no se sometieron a dicho calentamiento.

4.7 RESIDUOS SULFATADOS ASTM D-874.

Nº Aceite	Residuo g	%Residuo Sulfatado
1.- Rosh.	0.1	0.9980
2.- EEMO	0.1	0.9980
3.- ESRO-BD	0.09	0.9000
4.- Q.S.	0.09	0.8937
5.- ESRO	0.08	0.7984
6.- MHD	0.07	0.6993
7.- Brio	0.07	0.6986

8.- EMO 0.07 0.6986

Para obtener el % de residuo sulfatado, se utiliza la misma relacion empleada para sacar % de residuo de carbon, de la siguiente manera:

Peso residuo g \times 100/Peso muestra = % residuo sulfatado

(Intervalo de confianza)

I.C. = 0.0868.

Empleando limites. 0.8355 \pm 0.0868.

l = 0.7486. L = 0.9223.

El intervalo de confianza al 90 % es (0.7486, 0.9223)

4.8 TENSION SUPERFICIAL, ASTM D-971.

Nº	Aceite	Pull*	R ³ /v	β	@ D/cm
1.-	Q.S.	35.15	1.78	.898	31.56
2.-	MHD	35.15	1.80	.897	31.52
3.-	Brio	35.15	1.80	.897	31.52
4.-	ESRO	35.10	1.77	.898	31.51
5.-	EMO	35.00	1.78	.898	31.43
6.-	EEMO	35.00	1.80	.897	31.39
7.-	ESRO-BD	34.75	1.79	.897	31.18
8.-	Rosh.	32.10	1.98	.891	28.61

* Pull: Fuerza minima necesaria para separar al anillo de la interfase.

(Intervalo de confianza)

I.C. = 0.6762.

Empleando límites. 31.09 ± 0.6762 .

l = 30.413. L = 31.7662.

El intervalo de confianza al 90 % es (30.413, 31.7662)

4.9 VISCOSIDAD DINAMICA ASTM D-445.

Para obtener los cálculos empleamos la siguiente relación:

 $n = \text{lectura} \cdot \text{factor de corrección.}$

Temperatura 25 °C

1.- Roshfrans	10 rpm		20 rpm		50 rpm	
	lect	fact	lect	fact	lect	fact
	0.25	4000	0.25	2000	0.5	800
Viscosidad en Cp	1000		500		400	

Temperatura 64 °C

	10 rpm		20 rpm		50 rpm	
	lect	fact	lect	fact	lect	fact
	0.25	4000	0.25	2000	0.5	800
Viscosidad en Cp	1000		500		400	

Temperatura 100 °C

	10 rpm		20 rpm		50 rpm	
	lect	fact	lect	fact	lect	fact
	0.25	4000	0.25	2000	0.5	800
Viscosidad en Cp	1000		500		400	

2.- Esso Motor Oil.

Velocidad rpm	10			20			50		
Temperatura °C.	25	60	100	25	60	100	25	60	100
Viscosidad Cp	1000			500			320		

3.- Esso Extra Motor Oil.

Velocidad rpm	10	20	50
Temperatura °C.	25 60 100	25 60 100	25 60 100
Viscosidad Cp	1000	500	320

Debido al comportamiento mostrado en estos tres aceites y viendo que la viscosidad no varia al aumentar la temperatura, al menos hasta 100 °C. concluimos que el resto de las muestras se mantendrán o tendrán el mismo comportamiento. Por ello solo estas tres muestras se calentaron a 100 °C.

Temperatura 25 °C

Nº Aceite	10 rpm	20 rpm	50 rpm
4.- G.S.	1000 Cp	800 Cp	600 Cp
5.- MHD	1000	800	560
6.- Brio	1000	900	480
7.- ESSO	1000	500	400
8.- ESRO-BD	1000	500	360

Los datos que se obtienen del sobre los intervalos de confianza a 20 y 50 rpm, son (507.583,742.417) y (358.74,501.26) respectivamente. Son tan amplios, que es difícil creer que el rendimiento promedio de la variedad se encuentra entre esos límites.

4.10 ESTABILIDAD TERMICA.

Temperatura 150 °C

Nº Aceite	10 rpm	20 rpm	50 rpm
1.- EMO	1000 Cp	500 Cp	400 Cp
2.- Rosh	1000	500	320
3.- EEMO	1000	500	320

Temperatura 200 °C

Nº Aceite	10 rpm	20 rpm	50 rpm
1.- EEMO	1000 Cp	500 Cp	320 Cp
2.- Rosh.	1000	500	200
3.- EMO	800	400	320

Debido al comportamiento mostrado en estas tres marcas de aceites y observando que la viscosidad no varia con la temperatura, al menos para el Roshfrans y el Esso Extra Motor Oil y muy poco en el caso del Esso Motor Oil, un 20 %, concluimos que el resto de las muestras tendran el mismo comportamiento. Por ello solo estas tres muestras se sometieron a estabilidad térmica.

El hecho de que la viscosidad no variara con respecto a la temperatura, se debe a la utilización de aditivos mejoradores del indice de viscosidad junto con aditivos que reduzcan el punto de escurrimiento. De no ser por los mejoradores del indice de viscosidad, aceites lubricantes tales como los denominados multigrados, de viscosidad SAE 20W o el SAE 10W-

40. no podrian ser mezclados en una forma práctica para avarcar la gama de viscosidad de un aceite de este tipo.

Los principales mejoradores del indice de viscosidad que se obtienen comercialmente son:

- Polimeros de isobutileno.
- Copolimeros acrilicos.

Se les dejó enfriar a temperatura ambiente y se les determino nuevamente su viscosidad, con objeto de ver si varia. Obteniéndose los siguientes resultados:

Temperatura 25 °C

Nº Aceite	10 rpm	20 rpm	50 rpm
1.- EEMO	1000 Cp	800 Cp	400 Cp
2.- EMO	1000	800	320
3.- Rosh	1000	500	320

Para esta prueba, no se realizó el calculo del Intervalo de confianza; por ser demasiado amplio.

4.11 LISTA DE PRECIOS DE LOS ACEITES LUBRICANTES.

Nº Aceite	Precio/Litro
1.- ESRO-BD	\$ 9.800
2.- ESRO	\$ 9.000
3.- EEMO	\$ 8.500
4.- MHD	\$ 8.000
5.- O.S.	\$ 8.000
6.- Rosh.	\$ 7.500

7.- EMO	\$ 7,500
8.- Brio	\$ 5,200

Precios vigentes de septiembre de 1991.

ESPECIFICACIONES DEL API.

Especificación API: SF/CC.

Pruebas.

	SAE 10W	SAE 30	SAE 15W-40.
Viscosidad a 100 °C. cSt.	5.6-7.4	9.3-12.5	12.5-16.3.
Viscosidad cP max, °C.	3500,-20		3500,-15.
Temp. Inf. °C min.	205	220	215.
Indice de Viscosidad min.	90	75	
Temp. Esc. °C. max -	30	18	23.

Especificación API: SG/CD.

Pruebas.

	SAE 15W-40.	SAE 30.
Viscosidad a 100 °C.cSt.	5.6-7.4	9.3-12.5
Viscosidad a -18 °C.cP	1250-2500.	
Viscosidad a -30 °C.cP.max	25000.	
Indice de viscosidad.min.		75.
Temp. Esc. °C.max.	-30	-18.
Temp. Inf. °C.min.	205	220.

Especificación API: SD/CC.

Pruebas.

	SAE 10W	SAE 30.
Viscosidad a 210 °F.cSt.	5.7-7.5	9.6-12.9.
Viscosidad 0 °F.cP	1200-2400.	
Indice de viscosidad. min.		75.
Temp. Esc. °F.max.	-25	0.
Temp. Inf. °F.min.	400	425.

Estos datos no son para hacer una comparación con los resultados obtenidos en este trabajo, solo son a manera de complemento.

Datos proporcionados por: Veedoll México.

CAPITULO 5.

ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

La información que se puede obtener acerca de los fluidos No-Newtonianos es muy extensa y compleja. En este trabajo se ha tratado de presentar un panorama general que reúna información, con el fin de entender el comportamiento No-Newtoniano; así como presentar un banco de datos que puedan dar soporte a un trabajo experimental. Por medio de este trabajo se encontró en los aceites lubricantes un buen ejemplo para estudiar las propiedades del fluido No-Newtoniano independiente del tiempo de aplicación de la fuerza, además de ser fluidos pseudoplásticos y tixotrópicos.

Por otro parte, es importante hablar acerca de las dificultades encontradas durante el desarrollo experimental, ya que algunas de las pruebas realizadas, presentaban cierto grado de dificultad o requerían el uso de equipo especializado. Por lo que se tuvieron que adaptar algunos de estos equipos, a las posibilidades y condiciones con las que se contaban en el laboratorio.

Tal es el caso del punto de escurrimiento, donde hubo que adaptar un recipiente para colocar el aceite, ya que en la técnica no especifican la forma y tamaño del recipiente de prueba. En la temperatura de inflamación e ignición, en el equipo se requiere de una copa abierta Cleveland hecha de bronce y de acuerdo a los requerimientos dimensionales de la ASTM, dicha copa se sustituyó por un crisol Lofivitrex 100/65

En el caso de residuos sulfatados, se especifica que antes de procesarse, la muestra se debe cernir a través de una malla del número 100. Esto no se realizó, por considerarlo innecesario.

El aparato para determinar la tendencia a la formación de espumas consiste, según la técnica, de una probeta de 1000 ml así como de una piedra difusora de 1 pulgada de diámetro. En nuestro caso empleamos una probeta de 100 ml y un difusor de 0.5 pulgadas de diámetro. Estas son las modificaciones que se realizaron durante el trabajo experimental.

Debido a estas modificaciones en el trabajo experimental, afirmamos que no se siguieron al pie de la letra las normas ASTM, por lo que no se puede hacer una comparación con los datos reportados por los fabricantes.

No se hizo un análisis profundo, desde el punto de vista matemático, del flujo No-Newtoniano por la complejidad que ello implica, además de no ser uno de los objetivos primordiales de este trabajo.

En cuanto a la calidad de los aceites lubricantes, al menos de las ocho marcas estudiadas, hay que señalar que en términos generales los resultados son semejantes, no obstante la diversidad de precios. Este conocimiento podría ser de utilidad, para evitar dejarnos envolver por el aparato publicitario que los mercantiliza.

Cabe hacer notar, que hubiera sido muy útil comparar los resultados obtenidos con las normas oficiales establecidas, con el objeto de ver, si en verdad los aceites lubricantes de producción nacional cumplen o no dichas normas.

Con este fin, busque dichas normas en la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, donde por normas encuentre cuales son y como se realizan las diferentes pruebas a los aceites lubricantes (NOM-L-21-1990), pruebas de la ASTM, las cuales ya conocia. No existen tablas que especifiquen las características mínimas que deberían cubrir los aceites lubricantes en México.

Debido a los resultados obtenidos en SECOFI, contacte con la empresa Aditivos Mexicanos, solicitandoles información, sin éxito, sobre la norma oficial de calidad de aceites lubricantes. Con el mismo propósito, solicite información a comercial Roshfrans S.A., en donde se me informó que en México no existen datos numéricos de tipo oficial, con los cuales se pudieran hacer comparaciones entre los diferentes aceites lubricantes.

Una de las empresas que participó en la elaboración de la norma oficial Mexicana, (NOM-L-21-1990), fue Veedol de México /ALGC S.A. de C.V., en donde de manera mucho más amplia y clara se me informó, que efectivamente en México si existe una norma oficial respaldada por SECOFI-DGN, la cual NO establece datos o valores numéricos sobre las características mínimas que deberían cubrir los aceites lubricantes en México. Por lo que cada lubricantera se basa en sus propias

especificaciones; y es así como se ha manejado desde hace varios años.

Ahora, con el tratado de libre comercio con Estados Unidos y Canada, el gobierno através dela SECOFI, se lanzó a la tarea de formalizar valores numéricos que especifiquen las características de los aceites lubricantes; proyecto que se encuentra en sus primeras etapas de desarrollo. Para ello se le pidió a cada aceitera sus especificaciones, para compararlas entre sí y obtener datos numéricos oficiales.

Sin embargo, se pueden "comparar" los resultados obtenidos en este trabajo, con los datos proporcionados por Veedol Mexico, que de ninguna manera son datos oficiales. (final del capítulo 4).

Por otra parte cabe señalar que las marcas estudiadas hace 14 años ya no existen en el mercado y nada tienen que ver con las actuales. Por lo que este trabajo es un intento, entre otras cosas, por actualizar la tesis desarrollado en 1977.

Se escogieron las marcas de los aceites de manera aleatoria, y posteriormente consultando con comerciantes del ramo, indicaron que son las más representativas del mercado.

Como comentario final, cabe decir, que no se pudieron comparar los resultados de este trabajo con normas, por no existir estas y que la Secretaría de Comercio debería de promulgarlas.

BIBLIOGRAFIA.

1.- Harris J., Rheology and Non-Newtonian flow. Longman USA, 1st Edition (1977).

2.- Shaw D.J., Introduccion a la quimica de superficies y coloides. Alhambra, Madrid España. 2^a Edición (1977).

3.- Oldroyd J.G., Non-Newtonian flow of liquids and solids. Rheology theory and applications. Frederick R. Edition. Vol 1. Academic Press Inc., New York. USA. (1956).

4.- Collier A.A., Time independent fluids. Physics Education, Vol 8, 5. July (1973).

5.- Metzner A.B., and Reed J.C. Flow of Non-Newtonian fluids. Journal of American Chemical Education. (1955).

6.- Adamson A.W., The Physical Chemistry of Surface. Interscience. Publishers Inc. New York. USA. (1960).

7.- Toral Maria I. Fisicoquimica de superficies y sistemas dispersos. Ediciones Urmo. Bilbao, España. (1973).

8.- Robert Resnick. y David Halliday. Fisica Parte 1. Cia. Editorial Continental. Mexico. (1977).

9.- Ira N. Levine. Fisicoquimica. McGraw-Hill Book Co. N.Y. U.S.A. (1981).

10.- Fuller D. Dudley. Teoria y práctica de lubricación. Ediciones interciencia. Madrid España. (1961).

11.- Ranney William M., Synthetic oils and greases for lubricants. Chemicla Technology Review No 72. Noyes Data Corporation. USA. (1976).

12.- Dieter Klamann., Lubricants and Related Products. Verlag Chemie. Federal Republic of Germany. (1984).

13.- William D. Harkins and Hubert F. Jordan. A method for the determination of surface and interfacial tension from the maximum pull on a ring. Vol.52 May (1930).

14.- Norma oficial de calidad de aceites lubricantes para motores de gasolina y diesel para vehiculos automotrices. Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. México. (1989).

15.- Muñoz Montemayor A.Gerardo. Villavicencio Castillo E. Estudio comparativo de las propiedades Fisicoquimicas en los aceites lubricantes multigrado de mayor consumo en México. Tesis profesional. UNAM México (1977).

16.- Crankcase oil specification and engine test manual. PARAMINS. Exxon Chemical Technology Center. June 1987.