

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Facultad de Ingeniería Automotriz

TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

IMPLEMENTACION DE UN LABORATORIO
PORTATIL DE LUBRICANTES

Jerry Hernán Jaya Álava.

Eduardo Lloret Cordero.

Juan Sebastián Salvador Silverio.

DIRECTOR: ING. ANDRÉS CASTILLO

2012

Quito - Ecuador

CERTIFICACIÓN

Nosotros, Jerry Hernán Jaya Álava, Eduardo Lloret Cordero, y Juan Sebastián Salvador Silverio declaramos que somos los autores exclusivos de la presente investigación y que esta es original, auténtica y personal nuestra. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presenta investigación serán de nuestra exclusiva responsabilidad.

Juan Sebastián Salvador Silverio
CI: 171543596-0

Jerry Hernán Jaya Álava
CI: 172067680-6

Eduardo Lloret Cordero
CI: 171084562-7

Yo, Andrés Castillo declaro que, en lo que yo personalmente conozco, los señores Jerry Hernán Jaya Álava, Eduardo Lloret Cordero, y Juan Sebastián Salvador Silverio, son los autores exclusivos de la presente investigación y que esta es original, auténtica y personal suya.

Andrés Castillo
CI: 1713421749
Director de Tesis de Grado

Quito, 09 de enero de 2012

AGRADECIMIENTO

Esta tesis de grado, si bien ha requerido de esfuerzo y dedicación, no hubiese sido posible su culminación sin la cooperación de todas las personas que conforman nuestras familias, quienes durante el desarrollo de esta tesis de grado nos han brindado ese apoyo incondicional con el cual logramos con éxito la culminación de la misma, es por eso que queremos agradecer hoy y siempre a ellos que procuran nuestro bienestar, y nos brindan su colaboración, comprensión y motivación el cual nos guió durante todo este trayecto.

Queremos también agradecer a la Universidad Internacional del Ecuador, quien durante este período nos brindó las herramientas necesarias para poder cumplir con esta meta personal que como estudiantes hemos alcanzado después de estos años de estudio.

De igual manera damos gracias a Dios, quien nos ha acompañado en nuestro camino siempre, iluminando nuestras mentes y llenándonos de sabiduría durante el desarrollo de esta tesis de grado y todo este periodo de estudio.

DEDICATORIA

Dedicamos la presente tesis a nuestras familias por ser la fuente de inspiración y motivación para superarnos cada día más y quienes a lo largo de nuestra carrera nos han alentado para superar los retos que se han presentado. Hoy hemos dado un gran paso y es el principio de nuestra carrera profesional, nuevas metas personales como profesionales se avecinan, en donde cada paso que demos contaremos con ese apoyo incondicional de la familia a quienes queremos hacerles sentir orgullosos ya que seguiremos escalando las diferentes etapas profesionales que se presentan a lo largo de la vida.

INDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
DEDICATORIA.....	III
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICES DE TABLAS.....	XVII
SINTESIS.....	XIX
SUMMARY.....	XXIII
1. CAPITULO I.....	1
FUNDAMENTO TEORICO.....	1
1.1 TRIBOLOGIA.....	1
1.1.1 Concepto.....	1
1.1.2 Fundamentos de la Tribología.....	2
1.1.3 Fricción o Rozamiento.....	2
1.1.3.1 Tipos de Rozamientos.....	3

1.1.4 Desgaste.....	8
1.1.5 Lubricación.....	12
1.1.5.1 Objetivos y Campos.....	12
1.1.5.2 Tipos de Lubricación.....	12
1.1.6 ¿Para qué sirve la Tribología?	13
1.2 LUBRICANTES.....	14
1.2.1 Definición.....	14
1.2.2 Obtención.....	15
1.2.3 Clasificación de los Lubricantes.....	16
1.2.3.1 Sólidos.....	16
1.2.3.2 Talco	17
1.2.3.3 Grafito	18
1.2.3.4 Bisulfuro de Molibdeno	18
1.2.4 Pulverizados.....	18
1.2.5 Grasas.....	19
1.2.6 Líquidos	19
1.2.7 Gaseosos.....	20

1.2.8 Selección de Lubricantes	20
1.2.8.1 Aceites contra grasas.....	20
1.2.8.2 Ventajas de las Grasas.....	21
1.2.8.3 Ventajas de los aceites.....	22
1.3 ACEITES.....	22
1.3.1 Definición	22
1.3.2 Tipos.....	24
1.3.2.1 Aceite Lubricante Base Mineral.....	24
1.3.2.2 Aceite Lubricante Base Animal.....	24
1.3.2.3 Aceite Lubricante Base Vegetal.....	24
1.3.2.4 Aceite Lubricante Base Sintética.....	25
1.3.2.5 Aceite Lubricante Base Semi Sintético.....	25
1.3.3 Obtención de los Aceites.....	25
1.3.3.1 Función del Aceite Lubricante.....	27
1.3.4 Propiedades del Aceite.....	28
1.3.4.1 Refrigeración.....	28
1.3.4.2 Limpieza.....	29

1.3.4.3 Protección.....	29
1.3.4.4 Estanqueidad.....	31
1.3.4.5 Reducción de Fricción.....	31
1.3.5 Tipos de Fricción o Rozamiento.....	32
1.3.5.1 Rozamiento en medios Fluidos.....	34
1.3.6 Protección del aceite contra la oxidación.....	34
1.3.7 Papel fundamental de los aditivos	35
a.- Mejorador del índice de viscosidad	36
b.- Aditivos EP (Presión extrema)	37
c.- Aditivos anti espuma	37
d.- Aditivos inhibidores de oxidación	38
e.- Aditivos reductores de fricción o anti desgaste	38
f.- Aditivos detergentes.....	39
g.- Aditivos anti óxido.....	39
h.- Aditivos demulsificantes.....	39
i.- Aditivos depresores del Punto de Fluencia.....	39
1.4 GRASAS.....	40

1.4.1 Definición.....	40
1.4.2 Características.....	41
1.4.2.1 Consistencia.....	41
1.4.3 Estabilidad.....	44
1.4.4 Punto de Fusión y de Gota.....	44
1.4.5 Obtención.....	45
1.4.6 Función.....	46
1.4.7 Clasificación.....	47
1.4.7.1 Grasas Cálcicas.....	47
1.4.7.2 Grasas Sódicas.....	48
1.4.7.3 Grasas Líticas.....	48
1.4.7.4 Grasas de Jabón Compuesto.....	48
1.4.7.5 Grasas espesadas con sustancias inorgánicas.....	49
1.4.7.6 Grasas Sintéticas.....	49
1.4.7.7 Grasas “antiengrane”	50
1.4.8 Propiedades de las Grasas.....	50
1.4.8.1 Estabilidad Mecánica.....	50

1.4.8.2 Miscibilidad.....	50
1.4.9 Aditivos.....	51
1.4.9.1 Antioxidantes.....	52
1.4.9.2 Anticorrosivos.....	52
1.4.9.3 Antidesgaste.....	52
1.4.9.4 Aditivos EP (extrema presión).....	52
1.4.9.5 Sulfonato de Calcio.....	52
1.5 SEGURIDAD Y SALUD EN EL LABORATORIO.....	54
1.5.1 Introducción.....	54
1.5.2 Principios generales de Seguridad Industrial.....	54
1.5.3 Manipulación de Sustancias Químicas.....	58
1.5.4 Recomendaciones de carácter general.....	60
1.5.5 Manipulación de Sustancias Químicas.....	61
1.5.6 Manipulación de Material de Vidrio.....	63
1.5.7 Actuación en caso de Emergencia.....	65
CAPITULO II.....	68
2.1 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.....	68

2.1.1 Viscosidad.....	69
2.1.1.1 Viscosidad Dinámica.....	71
2.1.1.2 Viscosidad Cinemática.....	71
2.1.1.3 Unidades de Medida de Viscosidad.....	71
2.1.1.4 Índice de Viscosidad.....	72
2.1.2 Densidad.....	74
2.1.2.1 Ensayo de Penetración en Grasas.....	75
2.2 ENSAYOS DESTRUCTIVOS.....	79
2.2.1 Punto de inflamación.....	79
2.2.2 Punto de combustión.....	79
2.2.3 Punto de gota.....	80
CAPITULO III.....	81
DESARROLLO DE EXPERIMENTOS.....	81
Planos de los Equipos.....	81
3.1 VISCOSIDAD EN EL ACEITE.....	89
Introducción.....	89
Objetivo General.....	90

Objetivos Específicos.....	90
Materiales e instrumentos.....	90
Metodología.....	91
Conclusiones.....	100
3.2 DENSIDAD EN EL ACEITE.....	101
Introducción.....	101
Objetivos del experimento.....	101
Materiales e instrumentos.....	102
Metodología.....	102
Conclusiones.....	104
3.3 PUNTO DE INFLAMACIÓN Y COMBUSTIÓN.....	104
Introducción.....	104
Objetivo General.....	105
Objetivos Específicos.....	105
Materiales e instrumentos.....	105
Metodología.....	106
Conclusiones	109

3.4 PUNTO DE GOTA.....	109
Introducción.....	109
Objetivo General.....	110
Objetivos Específicos.....	110
Materiales e instrumentos.....	110
Metodología.....	111
Conclusiones.....	115
3.5 PUNTO DE INFLAMACIÓN Y COMBUSTIÓN EN GRASAS.....	116
Introducción.....	116
Objetivo General.....	117
Objetivo específico.....	117
Materiales e Instrumentos.....	117
Metodología.....	118
Conclusiones.....	120
3.6 PRUEBA DE VISCOSIDAD EN LOS ACEITES.....	120
Introducción.....	120
Objetivo General.....	121

Objetivo específico.....	121
Materiales e Instrumentos.....	121
Metodología.....	121
Conclusiones.....	125
GUIA DE EXPERIMENTOS.....	126
Viscosidad en el Aceite.....	126
Densidad en el Aceite.....	135
Punto de inflamación y combustión.....	138
Punto de Gota.....	142
Punto de Inflamacion y COmbustion en las Grasas.....	146
Prueba de Viscosidad en los aceites.....	150
CAPITULO IV.....	153
IMPLEMENTACION DEL LABORATORIO PORTATIL.....	153
4.1 Introducción.....	153
4.2 Probeta graduada-.....	153
4.3 Pipeta volumétrica.....	154
4.4 Trípode.....	155

4.5 Mechero bunsen.....	156
4.6 Malla bestur.....	157
4.7 Balanza.....	158
4.8 Vasos de precipitado.....	158
CONCLUSIONES.....	160
RECOMENDACIONES.....	161
BIBLIOGRAFÍA.....	162

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Fuerza de Rozamiento Estático.....	3
Figura 1.2 Fuerza de Rozamiento Estático.....	4
Figura 1.3. Fuerza de Rozamiento Cinético.....	4
Figura 1.4 Vista Normal y Microscópica.....	6
Figura 1.5 Vista Normal y Microscópica.....	7
Figura 1.6 Desgaste Adhesivo.....	9
Figura 1.7 Desgaste por abrasión.....	10
Figura 1.8 Desgaste por Erosión.....	10
Figura 1.9 Diagrama viscosidad-temperatura.....	37
Figura 1.10 Proceso de degradación de la grasas.....	42
Figura 1.11 Protección personal.....	57
Figura 1.12 Señalización.....	57
Figura 1.13 Ejemplo de procedimiento	61
Figura 1.14 Extintores.....	62
Figura 1.15 Botiquín.....	62
Figura 1.16 Manipulación de Material de Vidrio.....	64

Figura 1.17 Material de Vidrio.....	64
Figura 1.18 Actuación en caso de emergencia.....	66
Figura 1.19 Actuación en caso de emergencia.....	66
Figura 2.1. Índice de Viscosidad.....	72
Figura 2.2 Viscosímetro Saybolt.....	73
Figura 2.3 Densímetro.....	75
Figura 2.4 Cono para ensayo de penetración.....	77
Figura 2.5 Penetrómetro automático.....	77
Figura 2.6 Proceso de degradación de la grasa.....	78
Figura 3.1 Balanza Electrónica.....	81
Figura 3.2 Vaso de Precipitación.....	82
Figura 3.3 Vaso de Precipitación 2.....	82
Figura 3.4 Termómetro 1.....	84
Figura 3.5 Termómetro 2.....	85
Figura 3.6 Probeta 160ml.....	85
Figura 3.7 Mechero Bunsen.....	87
Figura 3.8 Trípode y Malla.....	88

Figura 3.9 Metodologia Viscosidad.....	91
Figura 3.10 Aceites Utilizados.....	92
Figura 3.11 Aceite SAE 90.....	92
Figura 3.12 Aceite 75w85	92
Figura 3.13 Aceite 20w50.....	93
Figura 3.14 Aceite Mercon Dexron III.....	93
Figura 3.15 Aceite SAE 40.....	94
Figura 3.16 Balanza Electronica	103
Figura 3.17 Metodologia Densidad del Aciete.....	103
Figura 3.18 Vaso de Precipitación.....	106
Figura 3.19 Mechero Bunsen	107
Figura 3.20 Aceite en proceso de Calentamiento.....	107
Figura 3.21 Metodologia punto de Inflamación y combustion.....	108
Figura 3.22 Lectura del Termómetro.....	108
Figura 3.23 Vaso de Precipitación.....	111
Figura 3.24 Proceso de Calentamiento.....	112
Figura 3.25 Calentamiento de la Grasa.....	112

Figura 3.26 Temperatura del Aceite.....	113
Figura 3.27 Grasa Abro Synthetic Lithium.....	113
Figura 3.28 Grasa Abro Lythium.....	114
Figura 3.29 Grasa Texaco.....	114
Figura 3.30 Calentamiento para el punto de gota.....	115
Figura 3.31 Vaso de Precipitación.....	118
Figura 3.32 Mechero Bunsen.....	119
Figura 3.33 Calentamiento de la Grasa.....	119
Figura 3.34 Aceite en proceso de aumento de temperatura.....	122
Figura 3.35 mechero bunsen.....	123
Figura 3.36 Aceite a 5°C.....	123
Figura 3.37 Aceite en pendiente de 45°.....	124
Figura 4.1 Probeta Graduada.....	154
Figura 4.2 Pipeta Volumétrica.....	155
Figura 4.3 Trípode.....	155
Figura 4.4 Mechero bunsen.....	156
Figura 4.5 malla Buster.....	157

Figura 4.6 balanza.....	158
Figura 4.7 Vaso de Precipitados.....	159

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coeficiente de rozamiento, fuerza estática y cinética de diferentes materiales.....	5
Tabla 2. Escala de Mohs.....	17
Tabla 3. Características de las grasas.....	43
Tabla 4. Grados de grasa NLGI.....	43
Tabla 5. Aditivos de las grasas.....	51
Tabla 6. Aditivos empleados en las grasas.....	53
Tabla 7. Equivalencias entre los diferentes tipos de Viscosidad.....	70
Tabla 8. Resultados tiempo de recorrido en Aceite 20w50.....	86
Tabla 9. Resultados tiempo de recorrido en Aceite Mercon Dexron III.....	86
Tabla 10. Resultados tiempo de recorrido en Aceite SAE 40.....	87
Tabla 11. Resultados tiempo de recorrido en Aceite 75w85.....	87
Tabla 12. Resultados tiempo de recorrido en Aceite SAE 90.....	88
Tabla 13. Cuadro de Valores.....	89
Tabla 14. Resultados de Viscosidad en Aceite 20w50.....	89
Tabla 15. Resultados de Viscosidad en Aceite MerconDexron III.....	90
Tabla 16. Resultados de Viscosidad en Aceite SAE 40.....	90

Tabla 17. Resultados de Viscosidad en Aceite 75w85.....	91
Tabla 18. Resultados de Viscosidad en Aceite SAE 90.....	91
Tabla 19. Características de los aceites.....	94

SINTESIS

Esta tesis de grado se realizó con el objetivo de crear un laboratorio portátil con la finalidad de conocer las características fundamentales de funcionamiento que los lubricantes poseen, tratando con este método de investigación, poder conocer sus diferentes propiedades tribológicas, térmicas, ecológicas, etc. El objetivo principal por el cual el aceite fue elaborado es el resolver los distintos problemas de fricción que existe entre materiales que se presentaban en las máquinas industriales, automotrices, agrónomas, etc. Por lo que al momento de someter estos componentes a trabajo real podemos definir que los mismos se encargan de crear una película protectora entre los materiales para así evitar desgaste, alta temperatura, creación de residuos y deformaciones, ya que estas desviaciones no permiten obtener un rendimiento óptimo del mecanismo con el cual se está trabajando.

Los ensayos propuestos en el presente documento son:

- Viscosidad.
- Densidad.
- Determinación del Punto de Inflamación y Punto de Combustión Del Aceite.
- Ensayo de penetración.
- Punto de gota.

Al realizar los diferentes ensayos basados en una guía de procedimientos hemos podido investigar el comportamiento del lubricante en relación al trabajo expuesto, lo que nos indica que cada lubricante es fabricado bajo ciertas especificaciones técnicas con lo cual aseguramos el correcto funcionamiento del mismo, estas especificaciones no deben ser contraindicadas dado a que existen varios factores determinantes que pueden causar que el lubricante no opere de manera correcta y provoque fallas mecánicas como respuesta integral del sistema. Es por eso que cada uno de los experimentos realizados tiene un objeto de investigación, en donde encontramos que cada lubricante depende inicialmente de su estructura molecular y aditivos adheridos, sabemos que un aceite lubricante es un aceite refinado del petróleo en el cual los aditivos son mezclados para producir lubricantes terminados, no podemos solamente emplear el aceite base para lubricar un motor ya que no contiene los suficientes aditivos que se requiere para proteger los componentes internos del mismo. Cuando nos referimos a los aditivos entendemos que estos son parte fundamental para el procesamiento del aceite base, estas sustancias químicas son agregadas al aceite con la finalidad de mejorar las especificaciones técnicas de los lubricantes, y por otra conferirle propiedades que refuerzan a las ya aplicadas, en promedio los aditivos constituyen de un 5% a un 20% del lubricante y estos también logran estabilizar otras propiedades adicionales reduciendo los cambios indeseables en el lubricante. De manera en general los aditivos que son incorporados a los aceites mejoran la calidad técnica de los lubricantes para su correcto funcionamiento y el trabajo de lubricación que exigen los motores actuales. Es por eso que cada uno de los aditivos adheridos al aceite lubricante cumplen diferentes funciones como:

Refrigeración, transferencia y conducción de calor, limpieza y protección, estanqueidad, reducción de la fricción, protección contra la oxidación, etc.

De igual manera la densidad y la viscosidad juegan un papel importante en el desempeño del aceite lubricante, la densidad es una propiedad específica de las distintas sustancias puras, y nos permite diferenciar unas de otras, ya que, una sustancia pura posee una densidad establecida que no varía, siempre y cuando se mida a una temperatura y presión establecida. Cuando aplicamos los diferentes aditivos la densidad de cada aceite lubricante varía según su composición.

La viscosidad del aceite lubricante está vinculada a la propiedad que poseen los fluidos de fluir con mayor o menor facilidad. Cuando mayor es la viscosidad más lenta es su velocidad de flujo. La viscosidad como la consistencia son términos que se aplican a los fluidos que significa la resistencia que ofrecen estos al flujo y deformación cuando son sometidos a un esfuerzo. La viscosidad de un aceite está relacionada con la forma de las moléculas con las que este compuesto. Los que tienen baja viscosidad por lo general están compuestos por moléculas pequeñas y fuerzas intermoleculares débiles.

Adicionalmente al realizar el ensayo de penetración en grasas el cual determina el grado de resistencia del lubricante pudimos determinar que dependemos de dos situaciones de funcionamiento, las cuales, si la grasa es demasiada blanda se puede producir pérdida de la misma lo que ocasionaría por consiguiente la falta de lubricación en el componente, y si por el contrario la grasa es demasiado dura,

esta permite el aumento de fricción lo que lleva a un incremento de la temperatura y origina la degradación de la grasa.

Es necesario conocer de una manera amplia los límites que tienen los aceites, los lubricantes como también las grasas, para poder dar diagnóstico, mantenimiento y soluciones a las diferentes situaciones que se presentan a diario en cualquier taller automotriz y fuera de ellos. Adicionalmente se implementa un documento capaz de instruir acerca de los aceites lubricantes a los futuros ingenieros mecánicos como también a aquellos que están relacionados con materias similares.

Al momento de realizar los estudios necesarios para el análisis de cualquier elemento siempre debemos tener un plan de seguridad al momento de trabajar dentro de un laboratorio, tomando en cuenta todos los aspectos y posibles riesgos de trabajo que se podrían presentar realizando las practicas. Por ende en este trabajo de investigación se incluye el capítulo de seguridad interna de un laboratorio y este es de suma importancia conocerlo con la finalidad de evitar cualquier accidente, y más que todo, mantener una disciplina cuando se trabaje con materiales que tienen características y propiedades inflamables, volátiles, etc.

SUMMARY

This thesis work was conducted with the aim of creating a portable laboratory in order to understand the fundamental characteristics of performance as lubricants have. Achieving with this research method, to know their differences tribological, thermal, environmental, etc . The main purpose for which the oil was produced is to solve the various problems of friction between materials presented in industrial machinery, automotive, agronomists, and so on.

The tests of laboratory proposed in this document are:

- Viscosity.
- Density.
- Determination of flash point and fire point of oil.
- Dropping point.
- Penetration test.

When performing the different tests based on a procedural guide we have investigated the behavior of the lubricant on the above work, which indicates that each lubricant is manufactured under certain technical specifications which ensure the proper functioning of it, these specifications shouldn't be contraindicated given that there are several factors that may cause the lubricant does not operate properly and cause mechanical failure of the system as a comprehensive response.

This research was done because, oils and lubricants have a key role in the career of Automotive Engineering, as in engines and vehicles moving parts there is always friction and wear of parts.

Because of this we need to know in a broad way the limits are oils, lubricants as well as fat, to provide diagnostic, maintenance and solutions to different situations that arise daily in any auto shop and outside. Additionally, implementing a document able to instruct about the future lubricants Automotive Engineers International University of Ecuador as well as those that relate to similar matters.

CAPITULO I

FUNDAMENTO TEORICO

1.1 TRIBOLOGIA:

1.1.1 Concepto:

Tribología es la ciencia que estudia la fricción, el desgaste y la lubricación que se da en dos superficies sólidas cuando estas están en movimiento y generan contacto.

Principalmente la Tribología se ve en la necesidad de reducir la fricción y desgaste para conservar y reducir energía, lograr movimientos más rápidos y precisos, incrementar la productividad y reducir el desgaste y la temperatura.

A la Tribología no siempre se la estableció como ciencia, antes que esta se defina se empleaba el termino lubricación o ingeniería en lubricación, así con la aparición de esta se empieza con el estudio de la disminución de la fricción el desgaste de las piezas, y se empieza a elaborar mejores diseños tanto de las piezas como de los lubricantes que se empleaban en ellos.

Así dentro de los aspectos que se relacionan con la tribología tenemos:

- El Diseño
- Los Materiales de la superficie de contacto
- El sistema de aplicación del lubricante
- El medio circundante

- Las condiciones de aplicación

Dentro de la Tribología tenemos dos sistemas muy importantes:

- *Sistema tribológico*: Es un sistema natural o artificial de elementos materiales, por lo menos dos, donde se presenta la fricción y en casos extremos, el desgaste.
- *Sistema tribotécnico*: Sistema particular o grupo funcional, donde existen varios puntos de fricción, los cuales tienen la función de transmitir energía o movimiento

1.1.2 Fundamentos de la Tribología:

Para poder entender de una mejor manera a la Tribología, debemos entender los siguientes parámetros:

- A) La fricción entre dos cuerpos en movimiento.
- B) El desgaste como efecto natural de este fenómeno.
- C) La lubricación como un medio para reducir el desgaste.

1.1.3 Fricción o Rozamiento:

La fricción se define como la resistencia al movimiento durante el deslizamiento o rodamiento que experimenta un cuerpo sólido al moverse sobre otro con el cual está en contacto. Esta resistencia al movimiento depende de las características de las superficies. Una teoría explica la resistencia por la interacción entre puntos de contacto y la penetración de las asperezas. La fricción depende de:

- La interacción molecular (adhesión) de las superficies.
- La interacción mecánica entre las partes.

La fuerza de resistencia que actúa en una dirección opuesta a la dirección del movimiento se conoce como fuerza de fricción. Existen dos tipos principales de fricción: fricción estática y fricción dinámica. La fricción no es una propiedad del material, es una respuesta integral del sistema.

1.1.3.1 Tipos de Rozamientos:

- *Fuerza de Rozamiento Estático:* Esta fuerza es aquella que se aplica entre dos objetos que no se encuentran en movimiento. En el siguiente gráfico la fuerza F es aplicada sobre el bloque de peso W , el bloque permanece en reposo, sabemos que la aceleración es cero y así la fuerza aplicada es igual y opuesta a la fuerza de rozamiento estático F_e .

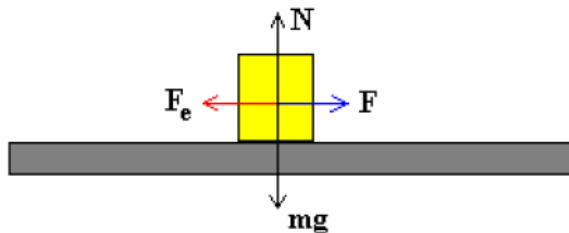


Figura 1.1 Fuerza de Rozamiento Estático

La máxima fuerza de rozamiento corresponde al instante en el que el bloque está a punto de deslizarse, esto es:

$$F_{e\text{máx}} = \mu_e N$$

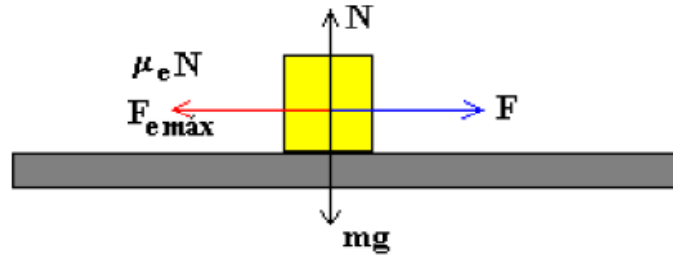


Figura 1.2 Fuerza de Rozamiento Estático

- *Fuerza de Rozamiento Cinético:* Aquí se puede observar el bloque que es arrastrado por una fuerza F la cual es horizontal. El peso del mismo mg , la fuerza N que es igual al peso, y la fuerza de rozamiento F_k que se encuentra entre el bloque y la superficie en la cual este es deslizado. Cuando el bloque es deslizado a velocidad constante la fuerza aplicada F será igual a la fuerza de rozamiento F_k .

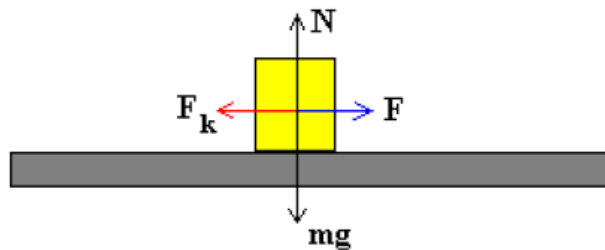


Figura 1.3. Fuerza de Rozamiento Cinético

Podemos deducir que si se duplica la masa m del bloque que se desliza poniendo otro con una masa igual, la fuerza normal N se duplica, así mismo la fuerza F con la que el bloque necesita ser movido, y como resultado F_k se duplica.

- Valores de Coeficientes de Fricción:

Los coeficientes de rozamiento estático y dinámico tienen a variar de acuerdo a las condiciones de preparación y de su naturaleza, siendo estos dependientes del área de superficie de contacto, a continuación los valores de cada uno:

Tabla 1: "Coeficiente de rozamiento, fuerza estática y cinética de diferentes materiales" (<http://www.starbacks.ca/mecanicoweb/17e.html>)

Materiales en contacto	Fricción estática	Fricción cinética
Hielo // Hielo	0,1	0.03
Vidrio // Vidrio	0,9	0,4
Madera // Cuero	0 4	0 3
Madera // Piedra	0,7	0.3
Madera // Madera	0,4	0.3
Acero // Acero	0,74	0,57
Acero // Hielo	0,03	0.02
Acero // Latón	0,5	0,4
Acero // Teflón	0.04	0.04
Teflón // Teflón	0.04	0,04
Caucho // Cemento (seco)	1.0	0,8
Caucho // Cemento (húmedo)	0,3	0,25
Cobre // Hierro (fundido)	1,1	0.3
Esquí (encerado) // Nieve (0°C)	0.1	0,05
Articulaciones humanas	0,01	0,003

No está claramente establecida la diferencia entre el rozamiento dinámico y el estático, pero se entiende que el estático es mayor que el dinámico ya que cuando dos superficies permanecen en reposo suelen aparecer enlaces iónicos y también microsoldaduras y es más común cuando las superficies son más lisas. En el peor de los casos tenemos el Gripaje del

motor, lo que sucede es que el motor se encuentra mucho tiempo parado sucede que las superficies del pistón y la camisa llegan a soldarse después del prolongado tiempo.

Para que podamos entender que la fuerza de rozamiento es independiente a la superficie de contacto, debemos entender que todas las superficies aun sean pulidas en su totalidad, cuando estas son vistas desde un microscopio estas no son perfectamente rectas. Y así tenemos:

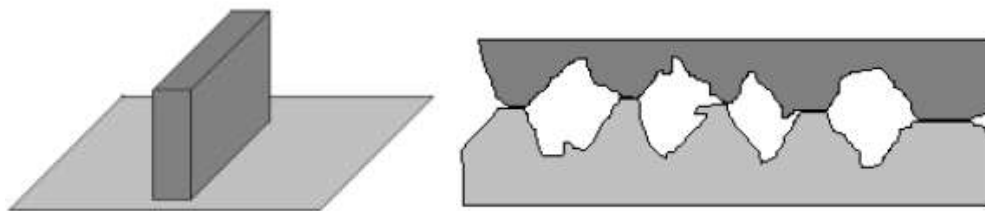


Figura 1.4 Vista Normal y Vista microscópica

Debido al frio los metales suelen proceder a soldarse, ya que las fuerzas de atracción de los diferentes cuerpos tienden a atraerse y sus moléculas se unen entre ellos.

Una vez que el bloque se desliza sobre el plano, las soldaduras en frio se rompen, pero estas se rehacen constantemente, afortunadamente la cantidad de soldaduras que se dan están por debajo del valor estático, de modo que el coeficiente de rozamiento cinético es menor que el estático.

En el caso de la superficie de contacto de la vista normal, los picos son más grandes, ya que la superficie es mayor.

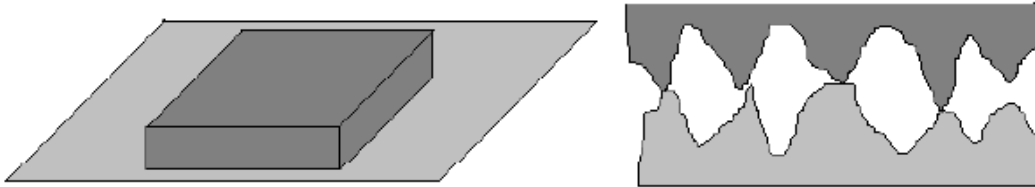


Figura 1.5 Vista Normal y Microscópica

Debido a los últimos estudios que se han hecho en escala atómica para determinar el rozamiento y sus principales problemas en los materiales, nos indica que estos estudios son muy generales y que la naturaleza de la fuerza de rozamiento es muy compleja, pero gracias a los lubricantes se puede evitar las soldaduras y demás problemas en los materiales inertes.

Rozamiento entre superficies de sólidos:

A continuación se indica las leyes de rozamientos para cuerpos sólidos:

- La fuerza de rozamiento es de igual dirección y sentido contrario al movimiento del cuerpo.
- La fuerza de rozamiento es prácticamente independiente del área de la superficie de contacto.
- La fuerza de rozamiento depende de la naturaleza de los cuerpos en contacto, así como del estado en que se encuentren sus superficies.

- La fuerza de rozamiento es directamente proporcional a la fuerza normal que actúa entre las superficies de contacto.
- Para un mismo par de cuerpos, el rozamiento es mayor en el momento de arranque que cuando se inicia el movimiento.
- La fuerza de rozamiento es prácticamente independiente de la velocidad con que se desplaza un cuerpo sobre otro.

Existen tres leyes de la fricción:

1. La fuerza de fricción es proporcional a la carga normal.
2. La fuerza de fricción es independiente del área aparente de contacto entre las superficies deslizantes.
3. La fuerza de fricción es independiente a la velocidad de deslizamiento.

1.1.4 Desgaste:

El desgaste es el daño de la superficie por remoción de material de una o ambas superficies sólidas en movimiento relativo. Es un proceso en el cual las capas superficiales de un sólido se rompen o se desprenden de la superficie. Al igual que la fricción, el desgaste no es solamente una propiedad del material, es una respuesta integral del sistema. Los análisis de los sistemas han demostrado que 75% de las fallas mecánicas se deben al desgaste de las superficies en rozamiento. Se deduce fácilmente que para

aumentar la vida útil de un equipo se debe disminuir el desgaste al mínimo posible, y así tenemos los diferentes tipos de desgaste:

- *Desgaste Adhesivo:* Este se presenta cuando dos superficies se deslizan una contra otra con presión, aquí los puntos de contacto se fracturan debido a los altos esfuerzos que estos sufren, de esta manera se fractura la unión, desgarrando el material de una zona y esta se transfiere a la de la otra zona.

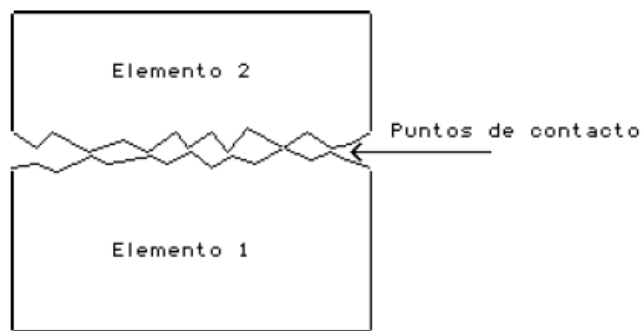


Figura 1.6 Desgaste Adhesivo

- *Desgaste por abrasión:* En este caso sucede que la remoción de materiales provoca que se forme un material abrasivo, y este tiende a quedarse entre las dos superficies, ocasionando un daño mayor ya que se puede incrustar en cualquiera de ellas, es de suma importancia aclarar que este tipo de desgaste puede presentarse cuando existe o no un fluido.

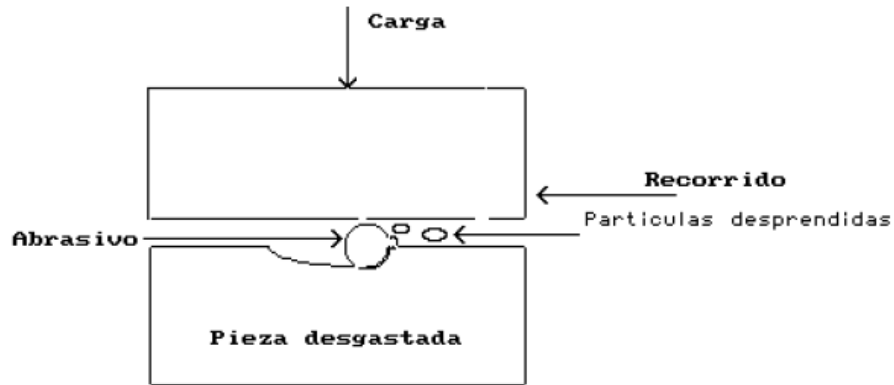


Figura 1.7 Desgaste por abrasión

- *Desgaste por Ludimiento:* Esta forma de desgaste la podemos encontrar en dos superficies que tienen movimiento oscilatorio, como las máquinas que tienen demasiada vibración entre sus partes.
- *Desgaste por Fatiga:* Surge por concentración de tensiones mayores a las que puede soportar el material. Incluye las dislocaciones, formación de cavidades y grietas.
- *Desgaste por Erosión:* Es producido por una corriente de partículas abrasivas, muy común en turbinas de gas, tubos de escape y de motores.

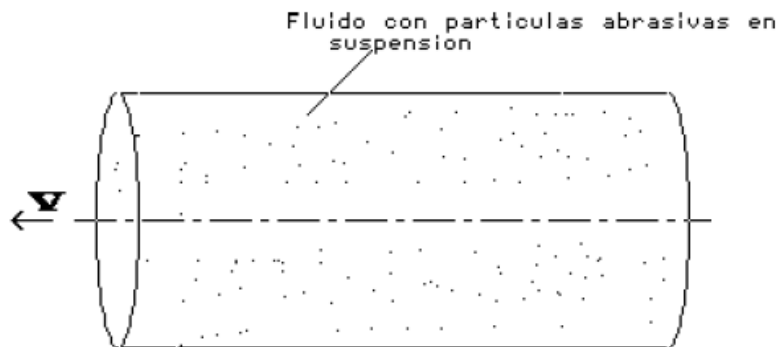


Figura 1.8 Desgaste por Erosión

- *Desgaste por Corrosión:* Originado por la influencia del ambiente, principalmente la humedad, seguido de la eliminación por abrasión, fatiga o erosión, de la capa del compuesto formado. A este grupo pertenece el Desgaste por oxidación. Ocasionado principalmente por la acción del oxígeno atmosférico o disuelto en el lubricante, sobre las superficies en movimiento.
- *Desgaste por Frotación:* Aquí se conjugan las cuatro formas de desgaste, en este caso los cuerpos en movimiento tienen movimientos de oscilación de una amplitud menos de 100 μm . Generalmente se da en sistemas ensamblados.
- *Desgaste por deslizamiento:* También conocido como desgaste por adhesión es el proceso por el cual se transfiere material de una a otra superficie durante su movimiento relativo como resultado de soldadura en frío debido a las grandes presiones existentes entre las asperezas, en algunos casos parte del material desprendido regresa a su superficie original o se libera en forma de virutas o rebaba.
- *Desgaste Fretting:* Es el desgaste producido por las vibraciones inducidas por un fluido a su paso por una conducción.
- *Desgaste de Impacto:* Son las deformaciones producidas por golpes y que producen una erosión en el material.

1.1.5 Lubricación:

El deslizamiento entre superficies sólidas se caracteriza generalmente por un alto coeficiente de fricción y un gran desgaste debido a las propiedades específicas de las superficies. La lubricación consiste en la introducción de una capa intermedia de un material ajeno entre las superficies en movimiento. Estos materiales intermedios se denominan lubricantes y su función es disminuir la fricción y el desgaste. El término lubricante es muy general, y puede estar en cualquier estado material: líquido, sólido, gaseoso e incluso semisólido o pastoso.

1.1.5.1 Objetivos y Campos:

Principalmente la lubricación debe reducir el rozamiento, el desgaste y el calentamiento de las superficies en contacto de piezas en movimiento, como por ejemplo al observar el funcionamiento interno de un motor siendo la lubricación una de sus principales aplicaciones en sus diferentes componentes que son:

- Tren de potencia: Cigüeñal, bielas, pistones, rines y cojinetes de un motor (vida de miles de km).

1.1.5.2 Tipos de Lubricación:

- *Lubricación Hidrodinámica:* En este tipo de lubricación encontramos que las superficies están separadas por una película de lubricante la cual genera estabilidad, esta exige un caudal de aceite y la presión es generada por un movimiento relativo.

- *Lubricación Límite:* En este tipo de lubricación la película del lubricante es tan fina que existe un contacto parcial entre los metales. Se puede transformar de lubricación Hidrodinámica a Límite por la caída de velocidad, el aumento de la carga o la disminución del caudal de aceite. Para tener una idea más clara de lubricación límite, esta se da cuando arrancamos el vehículo, por eso no es bueno acelerar el vehículo apenas este es encendido.
- *Lubricación Hidrostática:* Aquí es necesario que la lubricación sea introducida a presión en el área de trabajo para poder crear una película, no es necesario que exista movimiento entre las superficies, esta se emplea en cojinetes lentos, y se puede emplear con agua o aire como lubricante.

1.1.6 ¿Para qué sirve la Tribología?:

Para que podamos minimizar el desgaste de las piezas y obtener un óptimo consumo de energía, es necesario que podamos controlar la fricción, pero así mismo las acciones que hacemos diariamente como el caminar, recoger algo, abrir un libro y frenar un vehículo es necesario que siempre exista un nivel de fricción y que este sea controlado, y así mismo si no tuviéramos la existencia de la fricción no podríamos realizar todas estas acciones.

Y ahí es cuando podemos determinar la importancia de la Tribología en nuestras vidas, ya que nos puede ayudar a evitar gastos innecesarios, ya que toda acción que realiza un ser vivo puede ser un proceso tribológico positivo o negativo según si evita o reduce al máximo la fricción.

Por otro lado la fricción es un tema que toca varios campos dentro de las ingenierías, por esto la Tribología debería ser objeto de estudio de estas. De esta manera al conocer la Tribología, podemos llegar a determinar que esta nos ayuda a:

- Ahorro de materias primas.
- Aumento en la vida útil de las herramientas y la maquinaria.
- Ahorro de recursos naturales.
- Ahorro de energía.
- Protección al medio ambiente.
- Ahorro económico.

1.2 LUBRICANTES

1.2.1 Definición:

El lubricante es un elemento el cual cuando dos superficies móviles entran en contacto, forma una película que impide que estas, generen desgaste, alta temperatura, residuos de material, y deformaciones del mismo. Al lubricante lo podemos encontrar en estado líquido, gaseoso o sólido.

Cuando mencionamos los lubricantes gaseosos nos referimos al aire, ya que este crea una capa que no es tan consistente como las grasas o aceites lubricantes, pero ayuda a disminuir el rozamiento de dos o más piezas que entren en contacto, este tipo de lubricantes generalmente lo podemos encontrar en componentes a los cuales se somete una presión de

aire con lo cual logramos separar las superficies y lubricarlas de manera gaseosa. Los Lubricantes líquidos de base mineral o vegetal son necesarios para la lubricación hidrodinámica también llamada lubricación de película gruesa de modo que esta impide el contacto directo de las superficies.

La lubricación sólida es utilizada para reducir la fricción y el desgaste entre las superficies en contacto, podría considerarse como un caso especial de lubricación seca ya que la función del lubricante se genera bajo un índice mínimo de coeficiente de fricción¹. En el área automotriz, la lubricación es aquel proceso por el cual un lubricante se interpone entre elementos o superficies mecánicas tales como pistones, bielas, cigüeñal, engranajes, cojinetes, etc. En estos componentes uno está soportado o conducido por otro elemento móvil y existe un movimiento relativo entre estos, de tal forma que el lubricante debe reducir considerablemente los índices de fricción y desgaste entre estos.

1.2.2 Obtención:

Los lubricantes en su gran mayoría son derivados de los hidratos de carbono, más conocido como los hidrocarburos. Podemos observar que existen lubricantes basados en otras composiciones químicas y no principalmente hidrocarburos, pero estos se los emplea en actividades muy especializadas donde los lubricantes comunes no podrían trabajar de

¹*Coeficiente de Fricción:* expresa la oposición al movimiento que ofrecen las superficies de dos cuerpos en contacto.

óptima manera. Todo lubricante automotriz tiene como composición base el petróleo, a partir del mismo mediante un proceso de refinado, en el cual por medio de destilación es calentado a diferentes temperaturas para obtener productos tales como los lubricantes, a los cuales después de este proceso se les agregan diferentes aditivos como antioxidantes y anticorrosivos para su óptimo funcionamiento.

Todos los aditivos son de suma importancia ya que brindan resistencia a la corrosión y a la oxidación, protegiendo así a los metales con los cuales el lubricante va a estar en contacto permanente, una vez que los lubricantes ya contienen estos aditivos, se les agrega otra dosis de aditivos en los cuales se determina para qué va a ser empleado.

Es de suma importancia saber la calidad de la materia prima con lo que los lubricantes son elaborados, ya que si la calidad es mala al pasar el tiempo, se observan resultados como la deficiente protección de las piezas metálicas, un desgaste excesivo y se acorta la vida útil de las mismas.

1.2.3 Clasificación de los Lubricantes:

1.2.3.1 Sólidos:

Podemos encontrar algunos mecanismos en los cuales no es posible utilizar aceite o grasas, si bien es por la dificultad que estos presentan para emplearlos por problema de sellado o por condiciones ambientales tales como temperaturas extremas, exceso de polvo, agua salada, y presiones elevadas. Dado a las situaciones anteriormente mencionadas los científicos se han visto en la necesidad de desarrollar lubricantes sólidos como el Bisulfuro de

Molibdeno, el grafito, bentonitas², el talco, greda³ (con base silicosa), óxido de Zinc (Zn O2) y otros con la finalidad de evitar un alto índice de fricción entre los componentes.

1.2.3.2 Talco:

Este tiene una dureza de entre 1 y 1,5 en la escala de Mohs (Siendo 1 el talco y 10 el diamante), su coloración varía desde el verde manzana, el gris, el blanco y plateado, proviene de un mineral de escasa dureza llamado silicato de magnesio y este se lo emplea principalmente en piezas plásticas de automóviles tales como tablero de instrumentos, interiores de parachoques.

Tabla 2. Escala de Mohs⁴ (<http://www.starbacks.ca/cuadromohs.html>)

Dureza	Mineral					
1	Talco					
2	Yeso					
3	Calcita					
4	Fluorita					
5	Apatito					
6	Ortoclasa					
7	Cuarzo					
8	Topacio					
9	Corindón					
10	Diamante					



² Bentonitas: La bentonita es una arcilla de grano muy fino (coloidal) del tipo de montmorillonita que contiene bases y hierro, utilizada en cerámica.

³La greda es una arcilla utilizada principalmente para alfarería, se origina de rocas arcillosas que son las rocas sedimentarias más abundantes sobre la tierra.

⁴ Fuente: <http://www.elmusiquiatra.com.ar/viewtopic.php?f=30&t=30783&start=45>

1.2.3.3 Grafito:

Este es de un color negro y opaco, su dureza se encuentra entre 1 y 2 en la escala de Mohs. Es un conductor de electricidad único, ya que este no es metálico, pero es un pésimo transmisor del calor, este tiene la capacidad de resolver gran cantidad de problemas como la lubricación seca a temperaturas extremas, separación de moldes, etc. Así mismo podemos mencionar que este tiene una alta resistencia a la oxidación ya que su estructura no se afecta por la presencia de ácidos ni de alcalinos, adicionalmente este es adhesivo a las superficies metálicas.

1.2.3.4 Bisulfuro de Molibdeno:

A este lubricante se lo utiliza desde el año de 1950, aquí se descubrió que reunía muchas de las cualidades del lubricante ideal, principalmente este puede soportar el ataque de muchos ácidos, como el ácido clorhídrico. Además este no es magnético, es semi-aislante, se lo utiliza en extremas temperaturas sean altas o bajas, se mantiene en condiciones donde podemos encontrar gran cantidad de polvo, por esto se lo emplea en mecanismos de alta precisión y en aparatos ultrasensibles.

1.2.4 Pulverizados:

Los lubricantes pulverizados son aquellos que los podemos encontrar en latas o sprays, por lo general se encuentran almacenados a presión y con diferentes gases para su evacuación.

En la mayoría de casos son de coloración blanca o de colores claros, se los emplea generalmente para lubricar cadenas de las motocicletas, elementos cuyo acceso es de difícil, o se los emplea en las bisagras y chapas de los vehículos, etc.

Entre sus principales características encontramos que evitan la corrosión, son resistentes al agua, gravilla y la sal del ambiente, presentando una gran penetración y adherencia entre los materiales los cuales reducen notablemente el rozamiento entre sí. Su única desventaja es que estos no mantienen la lubricación por un tiempo prolongado a los diferentes mecanismos a los cuales son aplicados y debemos realizar su aplicación en períodos más cortos.

1.2.5 Grasas:

A la mezcla entre el jabón y el aceite, lo conocemos como grasa, están creadas para poder lubricar zonas en las que el aceite no puede ser retenido, o por que las piezas se encuentran en un ambiente con polvo o suciedad excesiva.

Dentro de sus características principales para poder determinar su utilización, encontramos el “punto de goteo”, a esta se procede a calentarla y así se determina la temperatura mínima en la cual empieza a gotear, siendo esta muy importante ya que podemos conocer bajo a que intensidad de trabajo puede ser empleada las grasas.

1.2.6 Líquidos:

Los lubricantes líquidos también llamados aceites, son aquellos que su estado temporal es líquido, estos pierden sus características bajo

circunstancias extremas como el desgaste, temperatura o presión excesiva. Los aceites lubricantes se los emplea en la industria Automotriz e Industrial.

1.2.7 Gaseosos:

Dentro de los lubricantes gaseosos encontramos al Helio, Hidrógeno, Xenón, Neón y el de mayor uso y existencia es el aire, el cual lubrica cuando existen 2 piezas o más en lugares muy reducidos como en las herramientas neumáticas⁵, cilindros y actuadores, herramientas de corte y electrodos de soldadura principalmente. El aire ayuda a que no exista demasiada fricción entre las piezas que están en contacto y que estas obtengan un movimiento de trayectoria no forzada.

1.2.8 Selección de Lubricantes:

1.2.8.1 Aceites contra grasas:

Para poder determinar en qué va a ser empleado el aceite o la grasa, debemos entender claramente en que mecanismos van a ser alojados, esto quiere decir que debemos analizar cada componente según las especificaciones que los fabricantes indican, por ejemplo si analizamos un motor de combustión interna no podríamos utilizar grasas, dado a que los componentes internos del motor requieren de un fluido lubricante de flujo constante como el aceite, el cual lubricará, limpiará y refrigerará las piezas móviles con lo que aseguraríamos el correcto funcionamiento del motor.

⁵Herramientas Neumáticas: Estas se caracterizan dado a que trabajan con aire comprimido.

En el caso de las grasas, estas deben ser utilizadas en componentes en los cuales generalmente la temperatura y la velocidad deben estar en condiciones normales de funcionamiento, lo que quiere decir que estas no pueden sobrepasar los límites establecidos por el fabricante, por ejemplo el uso en los cojinetes de fricción, guías, correderas, piñonería abierta, etc. Las grasas principalmente brindan protección contra las impurezas que pueden afectar al componente y es por esto que esta no puede estar expuesta a la temperatura y al polvo excesivo.

Las grasas por lo general no disponen de un recipiente en las que sea almacenada.

1.2.8.2 Ventajas de las Grasas:

- Los periodos de mantenimiento donde se emplea grasa son más largos, esto hace que la grasa sea un óptimo lubricante en lugares de difícil acceso.
- Por su consistencia la grasa es menos propensa a derramarse, y se la puede emplear en lugares que no tengan alojamiento o depósito para el lubricante.
- Por lo general es necesario emplear una cantidad menor de grasa para poder lubricar un componente, ya que usando aceite la cantidad sería mayor y de mayor dificultad.
- Otra gran propiedad de la grasa es que esta actúa como sello contra el polvo, la suciedad y el agua.

1.2.8.3 Ventajas de los aceites:

- El aceite tiene una mayor adaptación a las partes en donde este va a ser utilizado, como maquinas, engranajes, correderas, etc.
- Es más fácil llenar o vaciar los depósitos de aceite, sean estos abiertos o cerrados.
- Es más fácil controlar la cantidad correcta de aceite que la de grasa.
- En las variaciones de temperaturas, el aceite tienen un óptimo desempeño, ya que este se lo diseña y construye para estas funciones, así mismo se lo puede emplear como sistema de refrigeración de diferentes mecanismos.
- Los aceites tienen una mayor variedad de viscosidades que las grasa, y por esto pueden soportar mayores velocidades y cargas en el trabajo.

1.3 ACEITES:

1.3.1 Definición:

Los aceites lubricantes son mezclas de aceites básicos parafínicos y aditivos, estos conforman la base para su manufactura. Sabemos que un aceite lubricante es un aceite refinado del petróleo, en el que los aditivos son mezclados para producir lubricantes terminados, debido a la carencia completa de aditivos, los aceites lubricantes base no pueden ser utilizados para lubricar un motor o cualquier maquinaria.

Décadas atrás los aceites lubricantes no podían soportar trabajos extremos y convertían su composición química en herrumbre y barnices⁶. Esto bloqueaba todos los conductos de lubricación en el motor y no permitía la correcta lubricación de las partes causando avería, y esto solía suceder en un periodo corto de funcionamiento del motor. Esto fue el catalizador para la elaboración de nuevos lubricantes que fueran más avanzados tecnológicamente.

El aceite lubricante automotriz debe contener aditivos inhibidores para la formación de espuma, ya que donde hay burbujas de aire no existe presencia de aceite además, donde hay aire se promueve la oxidación del aceite y de las piezas metálicas a ser protegidas. Adicionalmente el aceite lubricante debe actuar como refrigerante, contener agentes limpiadores que mantengan en suspensión los agentes contaminantes para ser eliminados por el filtro, debe contener aditivos que neutralicen los ácidos corrosivos formados durante el proceso de combustión, actuar como sellante de los anillos de los pistones, mantener una viscosidad adecuada en las diferentes temperaturas expuestas en su operación para impedir la fricción que puede ser provocada por el contacto directo de los componentes metálicos .

En general los aceites lubricantes automotrices dependiendo del uso que se los aplique tales como para motores Otto, motores Diesel, transmisiones manuales o automáticas, sistemas de dirección, etc., son mezclas de dos o más aceites

⁶*Barnices*: Disolución de una o más resinas en un aceite o una sustancia volátil que se utiliza para recubrir superficies y hacerlas resistentes al aire y la humedad.

básicos más diferentes tipos de aditivos que mejoran las propiedades de los aceites básicos para el diferente uso que se desee brindar.

1.3.2 Tipos:

1.3.2.1 Aceite Lubricante Base Mineral:

Los Aceites Minerales proceden del petróleo, y son elaborados del mismo después de múltiples procesos en las plantas de producción o refinerías cuya función es la de evitar el desgaste entre dos piezas de un mecanismo. En la actualidad este tipo de lubricantes son los más utilizados ampliamente por la industria metalmecánica y automotriz ya que los aceites de origen animal y vegetal tienen poca estabilidad y se oxidan con mucha facilidad.

1.3.2.2 Aceite Lubricante Base Animal:

Las grasas animales están compuestas por unión de glicerina y ácidos grasos saturados o insaturados de los cuales depende el estado físico de las grasas, si predominan los saturados el producto es sólido y se le llama grasa, mientras que si abundan los insaturados el producto será líquido y se llama aceite. Los aceites naturales derivados de la grasa de animales se extrae de las sustancias grasas de los animales y este suele contener aceite animal o aceite marino para incrementar la capacidad de lubricación.

1.3.2.3 Aceite Lubricante Base Vegetal:

El aceite vegetal es un compuesto orgánico obtenido a partir de semillas u otras partes de las plantas en cuyos tejidos se acumula como fuente de

energía. Algunos no son aptos para consumo humano, como el de ricino (castor oil) o algodón.

1.3.2.4 Aceite Lubricante Base Sintética:

Los Aceites Sintéticos no tienen su origen directo del petróleo, sino que son creados de Sub-productos petrolíferos combinados en procesos de laboratorio. Al ser más larga y compleja su elaboración, resultan más caros que los aceites minerales. Son de máxima calidad, y su función es cumplir los más exigentes requisitos de los motores de vehículos actuales.

1.3.2.5 Aceite Lubricante Base Semi Sintético:

Es un fluido de corte a base de agua, el cual contiene una mezcla de químicos y aceite soluble, formulados sobre la base de un aceite mineral. Los aceites semi sintéticos se obtienen a partir de una mezcla de aceites minerales y aceites sintéticos (generalmente compuestos entre un 70 y un 80% por aceite mineral y entre el 20 y el 30% por aceite sintético).

1.3.3 Obtención de los Aceites:

El proceso consiste en separar una fracción del petróleo haciendo que este se caliente, adicionando propiedades que caracterizan la calidad de un aceite básico, y es aquí donde obtenemos la materia prima la cual es el residuo de la destilación primaria con lo cual comenzaremos los procesos de destilación. Tres son los pasos para transformar esta en aceite básico.

Empezamos con la destilación del vacío la cual es utilizada para separar la materia prima en dos o tres fracciones de viscosidad ascendente y una fracción más pesada que se deriva por remoción del asfalto del residuo. En esta primera etapa se determinan los grados de viscosidad de los aceites básicos.

Después utilizamos la extracción con disolvente comúnmente llamado hidrotratamiento⁷, con la finalidad de reducir el contenido de aromáticos de estas fracciones. Durante esta segunda etapa, se establecen las propiedades que van de la mano con la calidad del aceite, como son el índice de viscosidad y la resistencia a la oxidación. En la extracción con disolventes, estos actúan extrayendo selectivamente compuestos indeseables del aceite, mientras que en el hidrotratamiento, esto se logra mezclando el aceite con hidrógeno en presencia de un catalizador a temperaturas y presiones altas, a fin de transformar estos componentes.

Un proceso similar al hidrotratamiento es el hidroprocesamiento, la diferencia es que este utiliza un catalizador más activo que soporta temperaturas y presiones mucho más altas y esta tiene la ventaja de lograr mayor rendimiento del petróleo crudo pero a costa de mayor inversión de capital. Para asegurarse de que el aceite fluya a bajas temperaturas debemos extraer las parafinas y para esto utilizamos disolventes o catalizadores.

⁷*Hidrotratamiento:* Se trata normalmente de reacciones de hidrogenación utilizando hidrógeno gaseoso sobre mezclas de sustancias, generalmente complejas. Al tratarse de reacciones industriales es habitual el uso de catalizadores, alta temperatura o calor, o combinaciones de los mismos.

El producto final de la extracción con disolventes y la separafinación contiene moléculas que se encontraban en el petróleo original (crudo) mientras que por el hidrotratamiento y el hidroprocesamiento se forman nuevas moléculas y aumenta el rendimiento. Posteriormente este aceite mineral básico es mezclado con aditivos para obtener las propiedades deseadas de un aceite lubricante terminado.

1.3.3.1 Función del Aceite Lubricante:

Entre las funciones básicas de un aceite lubricantes tenemos la de actuar como un enfriador, removiendo el calor generado por la fricción o por otras fuentes como la combustión o el contacto con sustancias a alta temperatura. Para realizar esta función, el lubricante debe permanecer relativamente sin cambios térmicos. Los cambios en la estabilidad térmica y estabilidad a la oxidación⁸ harán disminuir la eficiencia del lubricante. Para resolver estos problemas es que generalmente se agregan los aditivos.

La dispersión de los contaminantes y proteger las superficies internas del motor contra la corrosión son otras funciones de suma importancia en los aceites. Todos los aceites lubricantes sin importar su composición tiene como objetivo el evitar que las piezas metálicas entren en contacto para evitar la fricción y el desgaste prematuro de los componentes internos del motor, adicionalmente al

⁸*Oxidación:* Es una reacción química donde un metal o un no metal cede electrones, y por tanto aumenta su estado de oxidación. El oxígeno es el mejor oxidante que existe debido a que la molécula es poco reactiva (por su doble enlace) y sin embargo es muy electronegativo, casi como el flúor.

actuar el aceite debe disipar el calor que es generado por la fricción de los componentes, y este se lo realiza por medio de la transferencia de calor.

Otra función importante es el mantener en suspensión todos los contaminantes que son creados por la combustión de la gasolina, la habilidad de un lubricante para permanecer efectivo en la presencia de contaminantes es bastante importante. Entre estos contaminantes se cuentan agua, productos ácidos de la combustión y materia particulada. Los aditivos son generalmente la respuesta para minimizar los efectos adversos de los contaminantes. El aceite lubricante debe limpiar los motores internamente de estos contaminantes que son dañinos para el funcionamiento normal de los mismos.

1.3.4 Propiedades del Aceite:

1.3.4.1 Refrigeración:

Cuando hablamos de refrigeración entendemos que es un proceso de reducción y mantenimiento de la temperatura de un objeto a un valor menor a la que está sometido, para alcanzar la reducción de la temperatura lo realizamos extrayendo energía del cuerpo, esta generalmente es su energía térmica, lo que contribuye a reducir la temperatura de este cuerpo.

La reducción de la temperatura implica transferir la energía del cuerpo que pretendemos enfriar a otro, aprovechando sus propiedades termodinámicas. La temperatura es la cantidad o nivel de energía que posee el cuerpo, lo que indica que el objeto solo tiene menos energía térmica, y cuando esto sucede, empieza el proceso de refrigeración. De esta manera la refrigeración

corresponde a retirar Energía (calor) de tal manera que es simplemente la eliminación de calor.

1.3.4.2 Limpieza:

El aceite debe actuar como agente limpiador, esto quiere decir que debido a que las maquinarias cuando se mantienen en reposo se producen pequeños depósitos de oxidación en algunos mecanismos, de tal manera que el aceite debe limpiar las piezas para poder impedir la oxidación en las mismas, de igual manera debido al trabajo de las maquinarias se producen pequeños desprendimientos de las piezas que se encuentran en trabajo, y el aceite debe limpiar a dichas piezas, parte fundamental para que se pueda producir dicha limpieza es el filtro de aceite, o los diversos tipos de filtración.

1.3.4.3 Protección:

Un buen lubricante debe ser capaz de resistir a los agentes perjudiciales a los que está expuestos la maquinaria, durante la vida útil de servicio de la maquinaria, el aceite se encuentra expuesto a la acción nociva de diversos agentes como son el oxígeno, humedad del aire, altas presiones, altas temperaturas, productos químicos originados por el propio proceso de funcionamiento, etc.

Uno de los principales problemas que se presentan en las maquinarias es la oxidación, para poder contrarrestarla el aceite base incorpora aditivos que reaccionan con agentes como el oxígeno, neutralizando el poder oxidante de estos frente al aceite, de esta manera estos aditivos se oxidan para evitar la

oxidación del aceite, y se consumen por lo que llega un momento en el que es necesario la sustitución del aceite. Es importante mencionar que la estabilidad térmica no puede ser mejorada con aditivos y depende exclusivamente de la composición química del aceite base.

De igual manera en el momento de iniciar un ciclo de trabajo, principalmente cuando la maquinaria se encuentra a temperaturas bajas, o no ha sido utilizada en algún tiempo, el aceite debe satisfacer las necesidades de los mecanismos para que estos no sufran ningún daño, esto quiere decir que brinde la protección adecuada a bajas o altas temperaturas.

Para proteger el equipo de todas las circunstancias que pueden resultar nocivas, el aceite base necesita mejorar sus propiedades intrínsecas con aditivos:

- Antiherrumbe⁹: Retarda la oxidación de los metales de la maquinaria.
- Anticorrosivos: Protegen los metales frente a los agentes químicos.
- Antidesgaste: Modifican la fricción entre las piezas en movimiento, en orden a disminuir su desgaste.
- Detergentes y dispersantes: Rodean las partículas extrañas y las mantienen en suspensión y dispersas en el aceite, adicionalmente impiden que se depositen en los distintos componentes de la maquinaria.
- Extrema Presión: Son aditivos en los lubricantes de engranajes que los protegen en condiciones de lubricación límite.

⁹Herrumbre: Capa de óxido de color rojizo que se forma en la superficie del hierro y otros metales a causa de la humedad o del agua.

- Anti aire y anti espuma: Eliminan el aire que pueda quedar en el aceite y evitan la formación de espuma en el mismo.

1.3.4.4 Estanqueidad:

Fluidos tales como el vapor, aire, aceite, agua, requieren de la ayuda de máquinas para que estos puedan circular a través de diferentes circuitos sea para generar trabajo, o fabricar un producto. En este proceso existen puntos a través de los cuales los fluidos tienen tendencia a fugar, o salir de su camino establecido y es ahí donde la estanqueidad¹⁰ aparece para evitarlo.

Conseguir una buena estanqueidad es uno de los objetivos principales que tienen los fabricantes, cada operación de sellado requiere un material concreto y de propiedades diferentes dependiendo de las características del fluido (ácido, alcalino, viscoso, oxidante, etc.), temperatura de trabajo, presión o vacío y velocidad del punto a sellar. Los productos comúnmente utilizados para estas tareas son los retenes refiriéndonos a los aceites y grasas.

1.3.4.5 Reducción de Fricción:

Se define como fuerza de rozamiento o fuerza de fricción, entre dos superficies en contacto, a aquella que se opone al movimiento entre ambas superficies (fuerza de fricción dinámica) o a la fuerza que se opone al inicio del movimiento (fuerza de fricción estática). Se genera debido a las imperfecciones, especialmente microscópicas, entre las superficies en contacto. Estas imperfecciones hacen que la fuerza normal entre ambas superficies no sea

¹⁰*Estanqueidad*: Es la manera con la cual creamos una superficie por donde no acceda un fluido cualquiera al interior de un material o componente.

perfectamente perpendicular a éstas, sino que forma un ángulo con la perpendicular (el ángulo de rozamiento). Por tanto, la fuerza resultante se compone de la fuerza normal (perpendicular a las superficies en contacto) y de la fuerza de rozamiento, paralela a las superficies en contacto.

Incluso una superficie de metal pulido presenta ciertos puntos microscópicos con asperezas que provocan la fricción cuando las superficies se mueven. Para evitar ese contacto en el deslizamiento y el excesivo calor que crea, se emplea una capa de aceite lubricante entre las dos superficies.

Para el uso de máquinas se emplean habitualmente fluidos compuestos de aceites minerales y los motores de combustión interna contienen bombas de aceite para lubricar los pistones y los cojinetes.

- Cinemática: La cinemática, es un área de estudio de la mecánica que describe el movimiento en función del espacio y el tiempo, sin tomar en cuenta los agentes presentes que lo producen.
- Dinámica: Fuerza la cual se ocupa de las causas que originan el movimiento.
- Estática: Es la que se ocupa de estudiar el estado de equilibrio o reposo de los cuerpos.

1.3.5 Tipos de Fricción o Rozamiento:

Existen dos tipos de rozamiento o fricción, la fricción estática (FE) y la fricción dinámica (FD). El primero es la resistencia que se debe superar para poner en

movimiento un cuerpo con respecto a otro que se encuentra en contacto. El segundo, es la resistencia, de magnitud considerada constante, que se opone al movimiento pero una vez que éste ya comenzó. En resumen, lo que diferencia a un roce con el otro, es que el estático actúa cuando los cuerpos están en reposo relativo en tanto que el dinámico lo hace cuando ya están en movimiento. La fuerza de fricción estática necesaria para vencer la fricción homóloga¹¹, es siempre menor o igual al coeficiente de rozamiento entre los dos objetos.

No se tiene una idea perfectamente clara de la diferencia entre el rozamiento dinámico y el estático, pero se tiende a pensar que el estático es algo mayor que el dinámico, porque al permanecer en reposo ambas superficies pueden aparecer enlaces iónicos, o incluso microsoldaduras entre las superficies, factores que desaparecen en estado de movimiento. Éste fenómeno es tanto mayor cuanto más perfectas son las superficies. Un caso más o menos común es el del gripaje de un motor por estar mucho tiempo parado (no sólo se arruina por una temperatura muy elevada), ya que al permanecer las superficies, del pistón y la camisa, durante largo tiempo en contacto y en reposo, pueden llegar a soldarse entre sí.

Un ejemplo bastante común de fricción dinámica es la ocurrida entre los neumáticos de un auto y el pavimento en un frenado abrupto.

¹¹*Fricción Homóloga*: Cuando entre dos superficies estas se encuentran equiparadas, sin imperfecciones entre los materiales para ejercer una fricción estática.

1.3.5.1 Rozamiento en medios Fluidos:

La viscosidad es una medida de la resistencia de un fluido que está siendo deformado por cualquier esfuerzo cortante o tensión extensional. En términos generales, es la resistencia de un líquido a fluir, o su "espesor". Viscosidad describe la resistencia interna de un líquido a fluir y puede ser pensado como una medida de la fricción del fluido. Así, el agua es "delgada", tiene baja viscosidad, mientras que el aceite vegetal es "densa", con una mayor viscosidad. Todos los fluidos reales (excepto los superfluidos) tienen cierta resistencia a la tensión, pero un fluido que no tiene resistencia al esfuerzo cortante se conoce como un fluido ideal o líquido viscoso. Por ejemplo, un magma de alta viscosidad creará un volcán alto, porque no se puede propagar con suficiente rapidez; la lava de baja viscosidad va a crear un volcán en escudo, que es grande y ancho. El estudio de la viscosidad que se conoce como reología¹².

1.3.6 Protección del aceite contra la oxidación:

Una de las principales funciones que un aceite lubricante debe realizar es el actuar como un antioxidante, lo cual nos permite retardar o prevenir la oxidación de las piezas metálicas. La oxidación es una reacción química de transferencia de electrones de una sustancia a un agente oxidante. Las

¹²Reología: es la ciencia del flujo que estudia la deformación de un cuerpo sometido a esfuerzos externos.

reacciones de oxidación pueden producir radicales libres¹³ que comienzan reacciones en cadena que dañan los componentes.

Algunos antioxidantes se agregan a productos industriales y estos se utilizan como estabilizadores como por ejemplo en combustibles y lubricantes para prevenir la oxidación, en la gasolina y en los lubricantes para prevenir la polimerización que conduce a la formación de residuos en los motores. También se utilizan para prevenir la degradación oxidativa del caucho, los plásticos y los pegamentos que causa una pérdida de la fuerza y flexibilidad de estos materiales.

1.3.7 Papel fundamental de los aditivos:

Cuando nos referimos a los aditivos entendemos que estos son parte fundamental para el procesamiento del aceite base, estas sustancias químicas son agregadas al aceite con la finalidad de mejorar las especificaciones técnicas de los lubricantes, y por otra conferirle propiedades que refuerzan a las ya aplicadas y también en algunos casos estabilizar otras propiedades, adicionalmente estos reducen los cambios indeseables en el lubricante. De manera en general los aditivos que son incorporados a los aceites mejoran la calidad técnica de los lubricantes para su correcto funcionamiento y el trabajo de lubricación que exigen los motores actuales.

Existen dos tipos de aditivos, los químicamente inertes y los químicamente activos. En promedio los aditivos constituyen de un 5% a un 20% del

¹³*Radicales Libres:* Compuestos químicos altamente reactivos que interaccionan rápida y agresivamente con otras moléculas.

lubricante. Los productos químicos que componen los aditivos se mezclan unos con otros y compiten por espacio sobre las superficies en movimiento, y dentro del aceite mismo con lo cual cumplen su función. Los aditivos extras pueden destruir el equilibrio del conjunto ya que al mezclar el aceite con más aditivos brinda un rendimiento más pobre que el original dado al desequilibrio generado, ya que en general los aditivos proveen las cualidades necesarias a un aceite para que este proteja los componentes, pero estos interfieren con el proceso mismo de lubricación de las partes móviles cuando estos son agregados en una cantidad mayor al 20%. Entonces menor cantidad de aditivos junto con una base superior dará una lubricación más efectiva que más aditivos en una base mediocre. Algunos aditivos pueden reaccionar químicamente con las partes internas de ciertas piezas del equipo. En la actualidad existen una infinidad de aditivos para mejorar las características de los Aceites, estos se clasifican en:

a.- Mejorador del índice de viscosidad:

Los mejoradores del índice de viscosidad, son una clase de aditivos que mejoran las características de la relación viscosidad y temperatura del lubricante. Esta modificación de las propiedades reológicas, resultan en un incremento de la viscosidad a todas las temperaturas. El incremento en la viscosidad es más pronunciado a altas temperaturas, lo cual mejora sensiblemente el índice de viscosidad del lubricante. Esto se manifiesta por un decrecimiento en la pendiente de la curva viscosidad - temperatura.

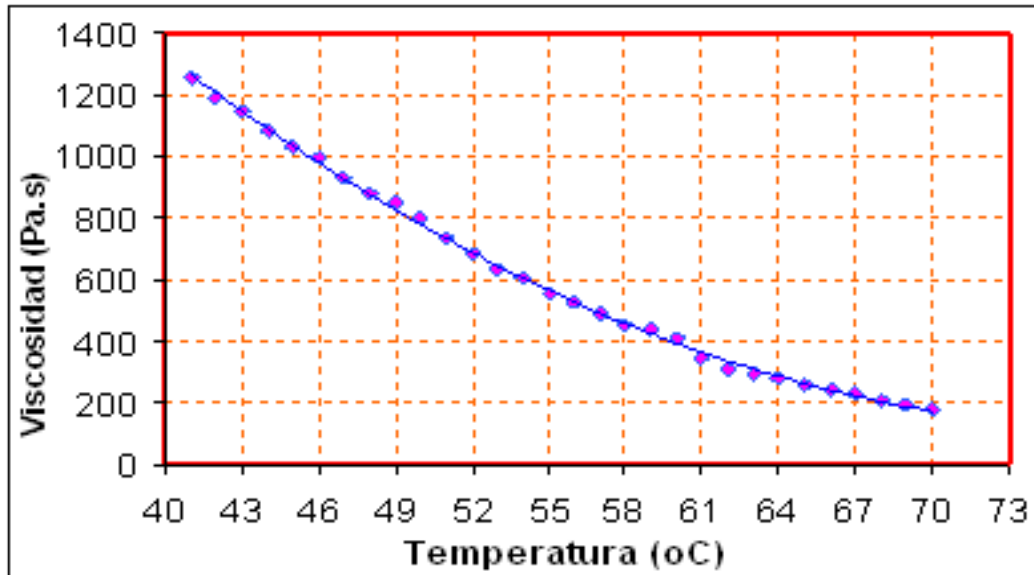


Figura 1.9 Diagrama viscosidad-temperatura¹⁴

b.- Aditivos EP (Presión extrema):

Reacciona con la superficie de metal asegurando una película de lubricante para hacer frente a cargas aún mayores, que las que permiten los aditivos que operan sobre la resistencia de la película fluida.

c.- Aditivos anti espuma:

Promueven el rompimiento rápido de las burbujas de espuma por debilitamiento de las películas de aceite entre estas mismas burbujas. La espuma es causada por agitación del aceite y atrapamiento de aire.

¹⁴ Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos73/disminucion-viscocidad-petroleos-disminucion-temperatura/disminucion-viscocidad-petroleos-disminucion-temperatura2.shtml>

d.- Aditivos inhibidores de oxidación:

Interrumpen la reacción en cadena de oxidación para evitar o desacelerar el rompimiento de la molécula de aceite asociado con el ataque del oxígeno. Entre los antioxidantes más conocidos se encuentran los de tipo fenólicos¹⁵ y los ditiofosfatos de zinc, estos no solo inhiben la oxidación sino que también forman una capa protectora sobre la superficie de los elementos de máquina haciéndoles impenetrables al ataque de los ácidos.

e.- Aditivos reductores de fricción o anti desgaste:

Forman una película que se adhiere fuertemente a las superficies del metal. Reducen el contacto metal con metal, disminuyendo así el desgaste y la fricción. El contacto metal con metal puede ser prevenido adicionando compuestos formadores de capas que protejan la superficie, bien por absorción física o por reacción química. Los ditiofosfatos de zinc se usan ampliamente para este propósito. Otros aditivos contienen fósforo, azufre, o combinaciones de estos elementos. El desgaste por corrosión se puede prevenir usando aditivos alcalinos tales como fenatos básicos y sulfonatos.

¹⁵*Antioxidantes Fenólicos:* Antioxidantes que tienen como propiedades estructurales el grupo fenólico, que cede el hidrógeno y permite la deslocalización del electrón. Aquellos que tienen grupos más voluminosos son más estables, manteniéndose a lo largo del procesado, pero también menos efectivos de forma inmediata.

f.- Aditivos detergentes:

Se utilizan en los lubricantes ya que existe una variedad de efectos que tienden a causar el deterioro del aceite, además de la formación de depósitos nocivos. El detergente previene o reduce la cantidad de depósitos formados bajo condiciones de temperaturas elevadas.

Los aditivos detergentes mantienen partículas potenciales de lodo en suspensión, para evitar que se asienten y formen depósitos en el equipo. Además los detergentes pueden reducir la corrosión de los cojinetes neutralizando los ácidos corrosivos, de igual manera ayudan en la limpieza del motor, ya que esta se da en situaciones específicas, como el arranque en bajas temperaturas, o el trabajo en altas temperaturas.

g.- Aditivos anti óxido:

El aditivo cubre las superficies de metal. Desplaza el agua, protegiendo como una fina película al metal, de la acción del líquido.

h.- Aditivos demulsificantes:

Habilita al agua para escurrirse en gotas con más facilidad, mientras mejor sea la demulsibilidad del lubricante más rápidamente se separará del agua cuando ambos se encuentren mezclados.

i.- Aditivos depresores del Punto de Fluencia:

Los depresores del punto de fluencia previenen la congelación del aceite a bajas temperaturas. Este fenómeno se asocia con la cristalización de las ceras de parafina que están presentes en las fracciones de aceite mineral. Para lograr bajos puntos de fluencia, las refinerías eliminan los constituyentes que contienen ceras, los cuales solidifican a temperaturas relativamente altas, mediante un proceso conocido como descerado. El descerado completo podría reducir el rendimiento del aceite a un nivel no económico. Por lo tanto el proceso de descerado se mejora usando aditivos que bajan el punto de fluencia del aceite.

1.4 GRASAS

1.4.1. Definición:

La grasa es una sustancia orgánica formada por una variedad de ácidos grasos, unidos al glicerol y así formando un Ester¹⁶. Debido a su alta capacidad de almacenar energía química, las grasas son las formas que los organismos eligen para almacenar la energía obtenida en el metabolismo de los alimentos. En el sector automotriz la grasa es un lubricante cuyo estado físico es semilíquido a sólido, que consiste en una mezcla de aceite mineral o sintético en un 85% a 90% dependiendo de la utilización en la cual vaya a ser empleada. Adicionalmente agregamos un espesante, que en el 90% de las grasas es un jabón metálico que se forma cuando un metal hidróxido

¹⁶Ester: Son compuestos orgánicos en los cuales un grupo orgánico reemplaza a un átomo de hidrógeno (o más de uno) en un ácido oxigenado

reacciona con un ácido graso, un ejemplo es el estearato de litio que se emplea para espesar los aceites.

Para las grasas que se emplean en casos especiales, a estas se les agregan diferentes aditivos ya sean estos para funcionamiento de alto rendimiento, o en lugares donde el clima sea demasiado extremo.

Especialmente se emplea grasa en lugares en los que el aceite no permanece fijo, ya que este por su estado físico tiende a irse al fondo de los mecanismos.

1.4.2 Características:

1.4.2.1 Consistencia:

Es el grado de dureza o resistencia a la penetración que se puede encontrar en cualquier grasa. Esta característica depende de los materiales con los que son elaboradas las grasas, la cantidad de los mismos y el proceso de elaboración. La consistencia es una de las propiedades más importantes de la grasa y es importante monitorear los cambios de consistencia puesto que pueden revelar fallas futuras en su composición.

El grado de consistencia en las grasas oscila desde 000 hasta 6, una vez que se selecciona la consistencia para una aplicación, ésta no debe cambiar en forma abrupta durante el tiempo de operación, dependemos de dos situaciones que se presentan en las grasas, si es demasiado blanda se podría producir pérdida de grasa y la consiguiente falta de lubricación, y si por el contrario, la grasa es demasiado dura, el aumento de la fricción produce el incremento de la temperatura y origina la degradación de la grasa, las grasas duras también

pueden ser problemáticas a bajas temperaturas y causar, por ejemplo, problemas en el arranque.

Es así que la temperatura de operación es un parámetro importante que influye en la rigidez de la grasa, cuanto más elevada la temperatura, mayor es la tendencia del aceite a separarse de la matriz de grasa, a evaporarse y oxidarse, produciendo el endurecimiento de la misma. Cuando la temperatura excede el punto de goteo, la grasa pierde su estructura semisólida y por lo tanto se fluidifica.

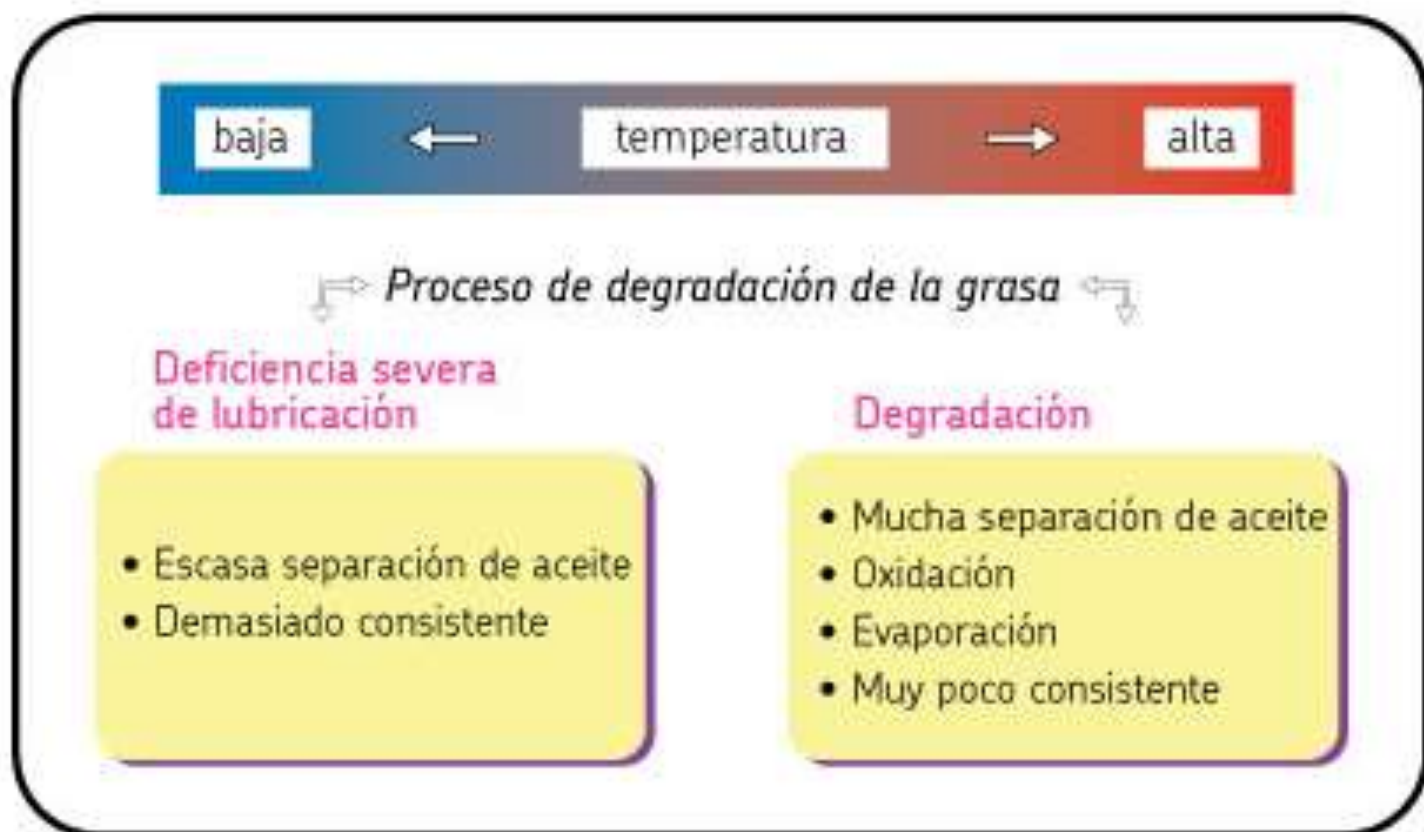


Figura 1.10 Proceso de degradación de la grasas

Tabla 3. “Características de las grasas” (<http://ejeadigital.com/motor/articulo.>)

Propiedades	Sodio	Calcio (convencional)	Calcio (anhidro)	Litio	Complejo de Aluminio	Complejo de Calcio	Complejo de Litio	Poliurea	Arcillas orgánicas
Punto de Gota (°C)	163-177	96-104	135-143	177-204	>260	>260	>260	243	>260
Temperatura máx. uso	121	93	110	135	177	177	177	177	177
Resistencia al agua	P-F	G-E	E	G	G-E	F-E	G-E	G-E	F-E
Estabilidad al trabajo	F	F-G	G-E	G-E	G-E	F-G	G-E	P-G	F-G
Estabilidad a la oxidación	P-G	P-E	F-E	F-E	F-E	P-G	F-E	G-E	G
Protección herrumbre	G-E	P-E	P-E	P-E	G-E	F-E	F-E	F-E	P-E
Bombabilidad	P-F	G-E	F-E	F-E	F-G	P-F	G-E	G-E	G
Apariencia	De lisa a fibrosa	Lisa, mantecosa	Lisa, mantecosa	Lisa, mantecosa	Lisa, mantecosa	Lisa, mantecosa	Lisa, mantecosa	Lisa, mantecosa	Lisa, mantecosa
Otras propiedades	Adhesivas, cohesiva	EP	EP	EP, reversible	EP, reversible	EP, antidesgaste	EP	EP	
Volumen producción y tendencia	Decayendo	Decayendo	Sin cambios	El Líder	Aumentando	Decayendo	Aumentando	Aumentando	Decayendo

P = poco, F =Regular, G = bueno, E = Excelente

Tabla 4. “Grados de grasa NLGI” (<http://ejeadigital.com/motor/grafphp.>)

Grado de consistencia NLGI	ASTM - Penetración trabajada - 60 golpes dobles (10-1 mm)	Aspecto a temperatura ambiente
000	445-475	muy fluida
00	400-430	fluida
0	355-385	semi-fluida
1	310-340	muy blanda
2	265-295	blanda
3	220-250	dureza media
4	175-205	dura
5	130-160	muy dura
6	85-115	extra dura

1.4.3 Estabilidad:

Esta es una de las principales propiedades de la grasa, por medio de la cual se determina el comportamiento de la misma, ya que estas pueden separarse en sus dos ingredientes principales, el jabón y las grasas dependiendo de la temperatura, velocidad y presión a las que son sometidas.

Así se verifica si la grasa pierde sus propiedades durante su trabajo o cuando los mecanismos han sido almacenados por un periodo prolongado de tiempo. La manera más común para determinar si la grasa ha perdido esta propiedad, es la de realizar una inspección visual en la cual aparece una capa superficial de aceite líquido sobre la grasa y cabe mencionar que las grasas a base de calcio son las más comunes a sufrir esta desventaja ya que solo la pueden usar a una temperatura máxima de 60°, las grasas de Calcio presentan excelentes propiedades de adherencia y obturación.

1.4.4 Punto de Fusión y de Gota:

Se denomina punto de goteo a la temperatura en la cual una grasa cambia de estado general semisólido a estado líquido. Las grasas pueden llegar a este estado de manera paulatina o de manera brusca siendo el resultado siempre el mismo, y se consideraría el final de proceso. Es importante recalcar que en los experimentos propuestos al momento de realizar el punto de gota de una grasa, es aquí donde podemos apreciar la separación de sus componentes dependiendo si estos son grasas tipo jabón u otro tipo de grasa, ya que tanto el aceite como el jabón se separan, y como en todas las propiedades estas se

manifiestan de diferentes maneras incluso pudiendo llegar al punto de gota sin la separación del aceite como del espesante como podremos observar en el experimento propuesto.

Se considera que el rango de temperatura útil de una grasa está entre 100 y 150° F por debajo del punto de goteo y se puede observar en esta práctica que el uso de diferentes grasas nos da una idea más amplia de las diferentes características que tiene cada una de ellas. Por otro lado se puede concluir que el punto de goteo es una práctica determinante para la correcta aplicación en los diferentes campos automotrices, sin embargo tenemos que recalcar que el punto de goteo no está relacionado con la calidad de las grasas.

1.4.5 Obtención:

Para poder elaborar los diferentes tipos de grasas, lo que necesitamos es usar aceites minerales o sintéticos y mezclarlos con diferentes aditivos y principalmente el estearato de litio, que es el material que ayuda a que el aceite se vuelva espeso, pero no totalmente sólido.

Así mismo para poder obtener grasas, necesitamos contar con diferentes equipos como son:

- Reactor: Este es un mecanismo que gracias a su hermeticidad permite que dos o más productos obtengan una reacción y así puedan formar un producto.
- Mezclador: Está compuesto por una hélice que gira indeterminadamente hasta que dos o más productos se mezclen hasta formar un producto.

- Serpentín: Principalmente se trata de uno o más tubos adaptados a un sistema, que ayuda en el proceso con la transferencia de calor.
- Molino: Este es un mecanismo que posee dos discos, los cuales están separados milimétricamente uno del otro, por medio de los cuales realizan que el producto pase forzosamente por medio de los discos, y así generar condiciones requeridas.
- Desairador: Este equipo se encarga de eliminar las moléculas de aire mediante vibraciones y así poder generar un producto de óptima calidad.

1.4.6 Función:

La grasa al igual que el aceite tiene como principal objetivo, reducir el roce y el desgaste de dos superficies en movimiento, pero las grasas no tienen la capacidad de enfriar y limpiar las piezas, lo cual si realiza el aceite, adicionalmente la grasa puede mantenerse en un mecanismo, así mismo cuando las necesidades de lubricación son limitadas o se necesita una mayor economía.

Principalmente las grasas se las emplea cuando:

- Se necesita impedir que elementos contaminantes entren en partes lubricadas.
- Cuando se necesita prevenir fugas y goteras.
- Cuando se necesita reducir la frecuencia de lubricación, ya que esta se mantiene fija en los elementos de lubricación.
- Cuando se realicen operaciones intermitentes, ya que esta se puede emplear en periodos de trabajo cuando este se encuentra en suspensión o parado.

- Cuando las piezas de cualquier mecanismo se encuentran muy desgastadas.
- Cuando se presente ruidos por desgaste en las maquinas.

1.4.7 Clasificación:

1.4.7.1 Grasas Cálcicas:

Este tipo de grasas tienen una estructura suave, generalmente de tipo mantecoso, y poseen una buena estabilidad mecánica¹⁷ la cual se refiere a dos puntos los cuales mencionan que un sistema está en equilibrio mecánico cuando la suma de fuerzas y momentos sobre cada partícula del sistema es cero y, que un sistema está en equilibrio mecánico si su posición en el espacio de configuración es un punto en el que el tope de la curva en el plano es igual a cero, de esta manera el sistema tiene que cumplir una de dos condiciones: estas no tienden a ser disueltas por el agua, normalmente su estabilidad es óptima entre 1% – 3% de agua siendo así que en condiciones extremas el jabón se separa del aceite y así la grasa pierde su consistencia y su estado físico pasa de ser semilíquida a líquida, por esta razón estas grasas no deben ser utilizadas en mecanismos que superen los 60°C.

Algunas de estas grasas poseen jabón de calcio con plomo, ofrecen una buena protección contra el agua salada por esto estas grasas son utilizadas en mecanismos que trabajan en ambientes marítimos, pero así mismo podemos encontrar grasas cuya resistencia tolera hasta los 120°C y a estas se las conoce como grasas cálcicas compuestas.

¹⁷*Estabilidad Mecánica:* Un sistema está en equilibrio mecánico cuando la suma de fuerzas y momentos sobre cada partícula del sistema es cero.

1.4.7.2 Grasas Sódicas:

Este tipo de grasas generalmente se las utiliza en mecanismo que la temperatura sea mayor al de las grasas cálcicas, tienen una excelente adherencia y obturación. Este tipo de grasas presentan una excelente protección contra la oxidación ya que absorben el agua, pero esto al largo tiempo es un inconveniente ya que empiezan a perder sus propiedades. Hoy en día las grasas sódicas pueden soportar temperaturas de hasta 120°C.

1.4.7.3 Grasas Líticas:

Su consistencia es muy parecida a las cálcicas, ya que estas son suaves y mantecosas, tienen todas la características positivas de las anteriores pero ninguna de las negativas. Su capacidad para adherirse a las superficies metálicas es excelente al igual que su resistencia a las altas temperaturas. Estas tienden a ser muy poco solubles en el agua.

1.4.7.4 Grasas de Jabón Compuesto:

Esta es la terminología que se emplea en grasas que llevan consigo una sal y un jabón metálico generalmente del mismo metal. Las más comunes son las grasas de jabón de calcio, y su principal ingrediente es el acetato cálcico, también podemos encontrar compuestos de litio, sodio, bario y aluminio. Las grasas que están constituidas por jabones compuestos pueden trabajar sin ningún problema a temperaturas más elevadas.

1.4.7.5 Grasas espesadas con sustancias inorgánicas:

En estas grasas en lugar de jabón metálico se emplean distintas sustancias inorgánicas como son los espesantes gel de sílice (Este espesante a pesar de ser más sólido, se lo puede encontrar comúnmente en forma de pequeñas esferas envasadas en bolsas transpirables para prevenir la humedad). La superficie activa que se encuentra en estas grasas absorben las moléculas de aceite. Su estabilidad es óptima en altas temperaturas, poseen una excelente resistencia al agua, pero así mismo a temperaturas normales, si llegamos a tener temperaturas bajas sus propiedades tienen a desaparecer.

1.4.7.6 Grasas Sintéticas:

Para la elaborar estas grasas se necesita aceites sintéticos, que no sufren el proceso de oxidación tan rápidamente como los aceites minerales. Por esta razón a las grasas sintéticas se las aplica en un mayor campo de actividades, y para poder espesarlas se las aplica compuestos como son el jabón de litio, bentonita y PTFE (teflón)¹⁸. La calidad de este tipo especial de grasas están principalmente determinadas por pruebas militares, ya que se las emplean en dispositivos de control e instrumentación en aeronaves, robots y satélites.

Especialmente estas grasas pueden trabajar en temperaturas extremas, esto quiere decir en temperaturas desde los -70°C hasta 120°C.

¹⁸El Teflón (PTFE) es un polímero similar al polietileno, en el que los átomos de hidrógeno han sido sustituidos por átomos flúor. La fórmula química del monómero, tetrafluoretileno, es $CF_2=CF_2$.

1.4.7.7. Grasas “antiengrane”:

En este caso, este tipo de grasas se las emplea en dos áreas:

- En el área industrial, son grasas sintéticas a base de diferentes elementos como el cobre laminar, litio, grafito y bisulfato de molibdeno, en esta grasa no existen residuos de carbono y se la puede usar hasta temperaturas de 800°C.
- También se las utiliza para evitar el engranamiento (esto ocurre cuando los engranajes se quedan sin lubricación, y así la fricción tiene a unirlos y dañarlos), pegado de elementos con rosca y cojinetes planos sometidos a altas temperaturas, humedad o ataque químico con ácidos o álcalis.

1.4.8 Propiedades de las Grasas:

1.4.8.1 Estabilidad Mecánica:

Ciertas grasas, particularmente las líticas de los tipos antiguos, tienen una tendencia para ablandarse durante el trabajo mecánico, pudiendo dar lugar a pérdidas. En instalaciones con vibración, el trabajo es particularmente severo, ya que la grasa está continuamente vibrando en los elementos lubricados.

1.4.8.2 Miscibilidad:

Cuando sea necesario limpiar un mecanismo que contenga grasa y volver a colocarla, hay que tener el máximo cuidado de no usar diferentes tipos de grasas que no sean a las recomendadas por el fabricante. De hecho hay tipos de grasas

que no son compatibles; si dos de estas se mezclan, la mezcla resultante tiene normalmente una consistencia más blanda que puede causar la pérdida de grasa y fallo en la película lubricante.

1.4.9 Aditivos:

Se utiliza una gran variedad de aditivos para mejorar las características de las grasas. Estos aditivos pueden alterar el comportamiento de las mismas, para poder determinar los factores que determinan el tipo de aditivos tenemos:

- Requerimientos de la aplicación
- Compatibilidad
- Consideraciones Ambientales
- Color
- Costo

Tabla 5. “Aditivos de las grasas” (<http://ejeadigital.com/grasasaditivos=52>)

Elementos	Origen
Silicio	Polvo del ambiente/Aditivo antiespumante.
Calcio	Aditivos detergente.
Zinc, Fósforo	Aditivos antidesgaste.
Hierro	Pistones y camisas.
Cromo	Anillos del pistón
Aluminio	Cojinetes principales/Combustible.
Estaño, Cobre y Plata	Cojinetes de biela y cojinetes principales.
Plomo	Cojinetes del árbol de levas.
Vanadio	Combustible.
Sodio	Combustible/Aditivo agua de enfriamiento
Boro	Aditivo agua de enfriamiento
Magnesio	Contaminación agua.
Níquel	Vástago de válvulas y cigüeñal/ Combustible

1.4.9.1 Antioxidantes:

Este tipo de aditivo impide la oxidación y descomposición de la grasa, esto da lugar a mayores kilómetros libres de mantenimientos, y a un menor costo.

1.4.9.2 Anticorrosivos:

Estos aditivos suprimen definitivamente la corrosión en las superficies de las piezas, y si en el caso de existir un proceso de oxidación en la pieza nueva también las suprime, especialmente son agregadas por el oxígeno del ambiente y el agua.

1.4.9.3 Antidesgaste:

Estos aditivos mejoran la protección de la grasa en sí, también ofrece protección al equipo en el que esta es empleada y actúa en contra de la humedad.

1.4.9.4 Aditivos EP (extrema presión):

En este caso se emplea jabones de plomo y compuestos de azufre, cloro o fósforo, aumentando así la capacidad de la película, para que esta no presente ningún inconveniente en el momento en el que se ejerza extrema presión, evitando la pérdida de sus propiedades generales y así se mantengan protegidos los diferentes mecanismos.

1.4.9.5 Sulfonato de Calcio:

Este aditivo se lo emplea principalmente en mecanismos que se encuentran en contacto con el agua, y este permite que la grasa no pierda sus propiedades al

tener contacto con la misma, ya que el calcio tiene la principal ventaja de repeler al agua.

Tabla 6 “Aditivos empleados en las grasas” (<http://ejeadigital.com/lubriaditivos/>.)

EJEMPLOS DE ADITIVOS USADOS EN LAS GRASAS LUBRICANTES

TIPO ADITIVO	COMPOSICIÓN QUÍMICA	OBJETO
Agente espesador.	Jabones metálicos.	Retiene fluidos por absorción
Materiales de relleno.	Oxidos metálicos.	Aumenta volumen de la grasa
Inhibidor de oxidación.	Fenil-beta-naftilamino.	Impide la oxidación.
Desactivador metálico.	Mercaptobenzotiazolo.	Impide efectos catalíticos de metales.
Inhibidor de corrosión.	Sulfonato de amoniaco dionil naftaleno.	Suspende la corrosión
Agente antidesgaste.	Bisulfuro de dibensilo.	Reduce desgaste.
Agente contra presiones extremas.	Caras clorinadas Naftenato de plomo.	Reduce fricción
Mejorador de punto de goteo.	Jabones grasos.	Aumenta el punto de goteo.
Estabilizador.	Esteres de ácidos grasos.	Aumenta temperatura para el uso.
Agente espesador.	Polibutilenos.	Suministra adhesividad en superficies metálicas.

1.5 SEGURIDAD Y SALUD EN EL LABORATORIO

1.5.1 Introducción:

Cuando realizamos investigaciones en un laboratorio, es en este entorno de trabajo donde se generan los principales factores de riesgo que pueden llegar a afectar negativamente las condiciones de Seguridad y Salud de profesores, alumnos, a corto o mediano plazo, por lo tanto el objetivo del presente manual es formar una serie de criterios aplicables a estos factores de riesgos que pueden estar relacionados con actividades que se llevan a cabo en la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador.

Es conveniente leer detenidamente y conocer los principios que a continuación se exponen, ya que son de carácter universal, y con aplicarlos desde un primer momento, puede prevenirse gran parte de los posibles problemas de seguridad que pudiesen generarse al llevar a cabo una actividad. No obstante, la información que se presenta no es un sustituto, sino un complemento para los procedimientos de trabajo que hayan sido establecidos por la Facultad de Ingeniería Automotriz.

1.5.2 Principios generales de Seguridad Industrial:

En el Diseño del Laboratorio cuando nos referimos a distribución, procedimientos de trabajo, etc., este debe ser el adecuado para el mantenimiento de un buen nivel preventivo del mismo, adicionalmente se debe disponer de las instalaciones de emergencia o elementos de

actuación como un botiquín, lavador de ojos, extintores, lava manos, etc., y no debemos dejar de lado los equipos de protección individual o personal también denominados EPIs.

El laboratorio, incluidas las zonas de paso, salidas, vías de circulación, equipos e instalaciones deben estar en perfecto estado de orden y limpieza, estableciendo para ello un mantenimiento periódico de las mismas. Los desperdicios generados, manchas y residuos de sustancias peligrosas deberán ser eliminados con rapidez, a continuación detallaremos unos cuantos aspectos que debemos tener en consideración por regla general dado al factor de riesgo del laboratorio.

Este manual está desarrollado para protección personal de los investigadores bajo los siguientes experimentos y de manera general al encontrarse trabajando en un laboratorio de investigación.

- 1 *Viscosidad*
- 2 *Densidad*
- 3 *Punto de Inflamación*
- 4 *Punto de Combustión*
- 5 *Penetración en grasas*
- 6 *Punto de Gota*

Debemos tener en cuenta los siguientes aspectos generales cuando realicemos las prácticas individuales mencionadas en el presente proyecto de investigación.

- A) Está prohibido realizar trabajos diferentes a los autorizados por los responsables directos (Profesores), así como utilizar aparatos e instalaciones sin conocer previamente su funcionamiento.
- B) El personal debe lavarse las manos antes y después de su entrada en el laboratorio.
- C) La ropa de trabajo debe estar abrochada en todo momento, evitando vestir mangas anchas o colgantes, y tener el cabello recogido.
- D) Se prohíbe comer, beber y fumar en el laboratorio.
- E) Cuando se utilice lentes de contacto, será obligatorio el uso de gafas de seguridad.
- F) El buen estado de los productos y materiales así como su etiquetado debe comprobarse antes de su utilización.
- G) Todos los preparados deben estar etiquetados adecuadamente, estando prohibida la reutilización de los envases vacíos sin la retirada de la etiqueta original.
- H) Para el encendido de los mecheros Bunsen se recomienda la utilización de encendedores piezoeléctricos, intentando reducir al máximo el uso de llamas vivas una vez encendidos.
- I) Se deberá trabajar, siempre que sea posible y operativo, en los mesones.
- J) Una vez finalizada la operación o la tarea en el laboratorio, se deberán guardar los materiales y reactivos, limpiar el lugar de trabajo, y asegurarse la desconexión de aparatos, conductos de agua y gas, etc.



Figura 1.11 Protección personal



Figura 1.12 Señalización

1.5.3 Manipulación de Sustancias Químicas:

Las sustancias químicas peligrosas, son aquellos elementos químicos y sus compuestos, tal y como se presentan en su estado natural o como se producen por la industria, que pueden dañar directa o indirectamente a personas, bienes y/o medio ambiente. En este caso estamos expuestos a sustancias químicas como aceites, lubricantes, grasas, fluidos varios, componentes altamente inflamables, etc.

Estas sustancias químicas están clasificadas de forma general, en función de su peligrosidad como:

a) *Explosivas*.- Sustancias y preparados que pueden explosionar por el efecto de una llama o del calor, o que sean muy sensibles a los choques y a los roces.

b) *Comburentes*.- Sustancias y preparados, que en contacto con otros, particularmente con los inflamables, originan una reacción fuertemente exotérmica (siendo esta una reacción química que desprende energía).

c) *Inflamables*.- Sustancias y preparados cuyo punto de ignición es bajo. En función de su mayor o menor inflamabilidad se distinguen tres grupos:

- Extremadamente Inflamables
- Fácilmente Inflamables
- Inflamables

d) **Tóxicas.**- Sustancias y preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden alterar la salud de un individuo. El grado de toxicidad se establece en tres categorías:

- Muy Tóxicas
- Tóxicas
- Nocivas

e) *Corrosivas.*- Sustancias y preparados que en contacto con el tejido vivo pueden ejercer una acción destructiva del mismo.

f) *Irritantes.*- Sustancias y preparados no corrosivos, que por contacto inmediato, prolongado o repetido con la piel o las mucosas puedan provocar una reacción inflamatoria.

g) *Peligrosas para el medio ambiente.*- Sustancias y preparados que, en caso de contacto con el medio ambiente, pueden suponer un peligro inmediato o futuro para uno o más componentes del mismo.

h) *Cancerígenas.*- Sustancias y preparados que, por inhalación o penetración cutánea, pueden producir cáncer o aumentar su frecuencia.

i) *Teratogénicas.*- Sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden producir alteraciones en el feto durante su desarrollo intrauterino.

j) *Mutagénicas*.- Sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden producir defectos genéticos hereditarios o aumentar su frecuencia.

k) *Alergénicas*.- Sustancias y preparados que, por inhalación o penetración cutánea, pueden ocasionar una reacción en el sistema inmunitario, de forma que la exposición posterior a esa sustancia o preparado de lugar a una serie de efectos negativos característicos.

1.5.4 Recomendaciones de carácter general:

- Es necesario conocer la reacción de las sustancias cuando son sometidas a diferentes pruebas, especialmente a presión y temperaturas.
- Por seguridad es recomendable utilizar una cantidad mínima de reactivos.
- Cuando se realice la apertura de frascos que contengan sustancias tóxicas, esta se debe hacer de manera lenta y cuidadosa, con guantes, protección visual y máscaras.
- En el momento que se realice el vertido del frasco hacia cualquier recipiente, se lo debe realizar de manera cuidadosa, para evitar salpicaduras.
- Cuando sea necesario mover sustancias de un envase a otro se lo debe realizar en cantidades pequeñas y en zonas determinadas, en el caso de sustancias inflamables esto se debe hacer lejos de cualquier objeto que presente calor, nunca olvidarse del equipo de protección para el cuerpo, y por último ayudarse por medio de embudos o dosificadores.

- Para la eliminación de las sustancias que han sido trabajadas específicamente en el caso de los aceites, se debe contener recipientes para poder almacenar el aceite trabajado, y una vez que el recipiente se encuentre lleno, llamar a la empresa Biofactor para que procesada a retirarlo, nunca permitir que los recipientes permanezcan destapados, las telas o papeles que se utilizan para la limpieza del aceite, no pueden ser depositadas en el basurero, sino en una funda especial para que la misma empresa se lleve estos residuos.



Figura 1.13 Ejemplo de procedimiento

1.5.5 Manipulación de Sustancias Químicas

- Cuando se trabaje con este tipo de sustancias es necesario implementar equipos de protección como son las gafas de seguridad, guantes, equipos respiratorios, verificando que su calidad siempre este en óptimas condiciones.
- Todos los estudiantes deben tener conocimiento de cómo utilizar los extintores, en el caso del profesor este debe tener conocimientos de primeros auxilios, así respectivamente con su botiquín en un lugar visible.



TIPOS DE EXTINTORES		
TIPO A.....	madera, papel, telas de algodón, etc	A
TIPO B.....	gasolina, pinturas, solventes, etc	B
TIPO C.....	todo tipo de electrónico conectado.	C
TIPO D.....	Metales, sodio, magnesio, etc.	D

Figura 1.14 “Extintores” (Manual de salud y seguridad en laboratorios)



Figura 1.15 “Botiquín” (Manual de salud y seguridad en laboratorios)

1.5.6 Manipulación de Material de Vidrio:

- Cuando se trabaje con materiales que estén hechos a base de vidrio debemos verificar que estos se encuentren en buen estado, y si no es así debemos desecharlos.
- Si el material sufre un impacto duro, de igual manera debemos desecharlo, a pesar de que no presente ningún tipo de daño a simple vista.
- Cuando tengamos la necesidad de calentar el vidrio, debemos verificar que este sea apto para poder calentarlo, así mismo debemos utilizar una malla metálica entre el vidrio y la fuente de calor.
- En el caso de manipular estos recipientes debemos tener en cuenta que se debe evitar que los materiales se encuentren tensionados, debemos utilizar abrazaderas y soportes, en el caso que estos contengan tapones de plástico se utilizará grasas a base de siliconas para que no se produzcan atascos.
- En el caso de que se presente un atascamiento en estos materiales, se debe trabajar con todas las protecciones anteriormente mencionadas, como son visual, respiratoria y guantes, Para mayor seguridad se debe colocar una lámina de acrílico para una mayor protección.
- Cuando se realicen trabajos con la varilla de vidrio debemos tener cuidado especialmente en el cambio brusco de temperaturas a los que estas van a ser expuestas.



Figura 1.16 “Manipulación de Material de Vidrio” (MSSL)



Figura 1.17 “Material de Vidrio” (MSSL)

1.5.7 Actuación en caso de Emergencia:

- Incendios

- Instalar una sirena, encenderla inmediatamente para dar aviso a todo el personal.
- Se debe tener extintores en aéreas visibles y de fácil acceso.
- Todo el personal presente en el laboratorio debe conocer el funcionamiento de estos equipos y practicar de forma periódica con ellos.
- En caso de pequeños incendios, utilizar mantas (nunca agua).
- En caso de evacuar el laboratorio, se lo debe hacer de manera tranquila y cerrando todas las puertas.
- Hay que prestar especial atención a todos los compuestos altamente inflamables.

- Quemaduras

- Lavar con abundante agua la zona afectada para enfriarla.
- NO quitar la ropa que se encuentra pegada a la piel.
- No romper las ampollas.
- Tapar la parte quemada con ropa limpia.
- No aplicar ninguna grasa o desinfectante en la zona afectada por la quemadura, a no ser que se disponga de un botiquín y aplicar medicación específica para quemaduras.
- No suministrarle bebidas ni alimentos.
- Permanecer como mínimo una persona junto al accidentado.

- Acudir siempre al médico, independientemente del grado de la quemadura.



Figura 1.18 “Actuación en caso de emergencia” (MSSL)

- Salpicaduras

- Lavarse con abundante agua durante 10 o 15 minutos, empleando.
- Si la salpicadura se ha producido en los ojos, lavarse con un lavaojos durante el mismo periodo.
- Quitarse la ropa afectada por el producto.
- Acudir al médico con la etiqueta o la ficha de seguridad del producto.



Figura 1.19 “Actuación en caso de emergencia” (MSSL)

- Vertidos

- Abrir todas las ventanas.
- En el caso de las vitrinas o anaqueles, abrir totalmente las puertas.
- Apagar todos los instrumentos que trabajen con llamas.
- Si el vertido es importante, evacuar el laboratorio.
- No permitir el ingreso al laboratorio hasta asegurarse que la contaminación no presenta riesgo alguno.
- Líquidos inflamables: Absorber con Carbón Activo u otros absorbentes comercializados.
- Ácidos: Neutralizar con productos a base de Bicarbonato Sódico.
- Bases: Neutralizar con productos comercializados para la absorción y neutralización. En su defecto emplear Agua de pH Ligeramente Ácido y lavar posteriormente la zona afectada con agua y detergente.
- Otros líquidos no corrosivos, ni tóxicos ni inflamables: Absorber con aserrín.

CAPITULO II

ENSAYOS

2.1 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS:

Se denomina a ensayos no destructivos a todos los tipos de pruebas que se realizan a un material de manera que no se altere de forma permanente las propiedades físicas del mismo ya sea mecánicas, químicas o dimensionales. Este tipo de pruebas o ensayos implican en el material estudiado un daño imperceptible o nulo. Dentro de los ensayos no destructivos se aplican fenómenos físicos que no representen una alteración considerable a las muestras de aceites y lubricantes.

En las pruebas que se practicarán a los aceites, nos daremos cuenta que los datos son menos exactos en relación al estado de la variable a medir en comparación con los ensayos destructivos. Se han seleccionado este tipo de prácticas ya que son más factibles y accesibles en cuestión de costos ya que no implican la destrucción de los materiales.

En ocasiones los ensayos no destructivos se enfocan únicamente en verificar la homogeneidad y continuidad de los aceites, lo que se complementaría con la información que nos dan los ensayos destructivos.

En conjunto con los dos tipos de ensayos y la investigación técnica apropiada podemos llegar a conclusiones y resultados cercanos a lo que se podría obtener con máquinas e instrumentos que trabajan bajo normas ASTM o DIN, de igual

manera enumeraremos algunas técnicas utilizadas bajo normas para llegar al final a desarrollar teórica y técnicamente las pruebas a realizarse con el laboratorio portátil el cual es nuestro objetivo en el presente proyecto de investigación previo a la obtención de nuestro título profesional.

En el estudio de los lubricantes o fluidos a estudiar es de suma importancia el conocimiento de sus propiedades ya que de ellos depende de manera directa la obtención de datos que son imprescindibles para el cálculo en un problema como lo es la viscosidad de un aceite o la densidad del mismo.

Esta es la razón por la cual es necesario conocer la prueba o ensayo de donde se obtienen los datos para el estudio siguiendo una experimentación ordenada.

2.1.1 Viscosidad:

Es la medida de la resistencia de un líquido al fluir, en este caso aplicada a los aceites lubricantes. La medida absoluta de la viscosidad es el Poise que es la fuerza necesaria para mover un centímetro cuadrado de área sobre una superficie paralela a la velocidad de 1 cm por segundo, la viscosidad varía inversamente proporcional con la temperatura del fluido.

La viscosidad es una de las características más importantes de un fluido, ya que es indispensable en la lubricación de cualquier máquina.

Un aceite delgado es menos resistente a fluir, por eso su viscosidad es baja. Un aceite grueso es más resistente a fluir y por eso tiene una viscosidad más alta. Las viscosidades de los aceites normalmente son medidas y especificadas en

centistoke (cSt) a 40°C o 100°C. Frecuentemente se habla de esta viscosidad como viscosidad dinámica o viscosidad cinemática. Esto es la viscosidad absoluta dividido por la densidad del aceite. En la práctica es determinada midiendo el tiempo necesario para que pase una cantidad específica de aceite por un tubo capilar por gravedad a 40°C y/o 100°C. Por esta misma definición podemos ver que el aceite más viscoso ofrece más resistencia y consume más energía para moverse y permitir el movimiento de las piezas del motor, reductor, transmisión, sistema hidráulico o cualquier otro sistema que tenemos.

Las viscosidades de los aceites normalmente son medidas y especificadas en centistoke (cSt) a 40°C o 100°C.

Tabla 7 “Equivalencias entre los diferentes tipos de Viscosidad”

(<http://www.starbacks.ca/mecanicoweb/17e.htm>)

Grado ISO	Grado ASTM	Grado AGMA	Grado SAE			
			Motor		Engranajes	
			Unigrado	Multigrado	Unigrado	Multigrado
10						
15	75					
22	105		OW, 5W		75W	
32	150		10W			
46	215	1	10,15W			
68,68EP	315	2, 2EP	20W,20	10W30,20W20	80,80W	
100,100EP	465	3,3EP	25W,30	5W50, 15W40		
150,150EP	700	4,4EP	40	15W50, 20W40		
220,220EP	1000	5,5EP	50		90	85W-90
320,320EP	1500	6,6EP				85W-140
460,460EP,460C	2150	7,7EP,7C			140	
680,680EP,680C	3150	8,8EP,8C				
1000,1000EP,1000C	4650	9,9EP,9C				
1500,1500EP,1500C	7000	10,10EP,10C			250	

2.1.1.1 Viscosidad Dinámica:

Es la fuerza tangencial por unidad de área, de los planos paralelos por una unidad de distancia, cuando el espacio que los separa está lleno con un fluido y uno de los planos se traslada con velocidad unidad en su propio plano con respecto al otro también denominado viscosidad dinámica; coeficiente de viscosidad.

2.1.1.2 Viscosidad Cinemática:

La viscosidad cinemática representa la característica anteriormente mencionada omitiendo las fuerzas que generan el movimiento. Es decir, con dividir la viscosidad dinámica por la densidad del fluido y se obtiene una unidad de movimiento: cm^2/seg (Stokes), sin importar sus características propias de densidad.

2.1.1.3 Unidades de Medida de Viscosidad:

Existe en la actualidad un número considerable al momento de medir la viscosidad, algunas se relacionan con la fuerza aplicada y el deslizamiento conseguido; otras se basan por el tiempo que tarda el lubricante en fluir por un orificio calibrado a una determinada temperatura.

- *Stoke (St)*: Unidad de viscosidad cinemática del sistema CGS. Se basa en la relación entre la viscosidad dinámica de un fluido y su densidad También puede denominarse cm^2/seg . Submúltiplo el centistocke (cSt). $1 \text{ cSt} = 0.01 \text{ St}$.

- *Segundos Saybolt (SUS)*= Indica el tiempo que tarda el fluir 60 ml de aceite a través de un tubo capilar a una temperatura dada entre 70°F y 210°F. Si el fluido es de viscosidad muy alta viscosidad se usa un tubo de mayor diámetro, expresando entonces el resultado en Segundos Saybolt Furol (SSF). Se usa sobre todo en Estados Unidos.
- *Grados Engler*: Es el cociente entre el tiempo que tarda en fluir 200 ml de aceite a través de un orificio calibrado y el tiempo que tarda en fluir 200 ml de agua a través de un orificio del mismo calibre, a la misma temperatura. El resultado se da en grados Engler. Usado sobre todo en la Europa continental.

2.1.1.4 Índice de Viscosidad:

El índice de viscosidad es la medida de la variación de la viscosidad de un aceite en función de la temperatura.

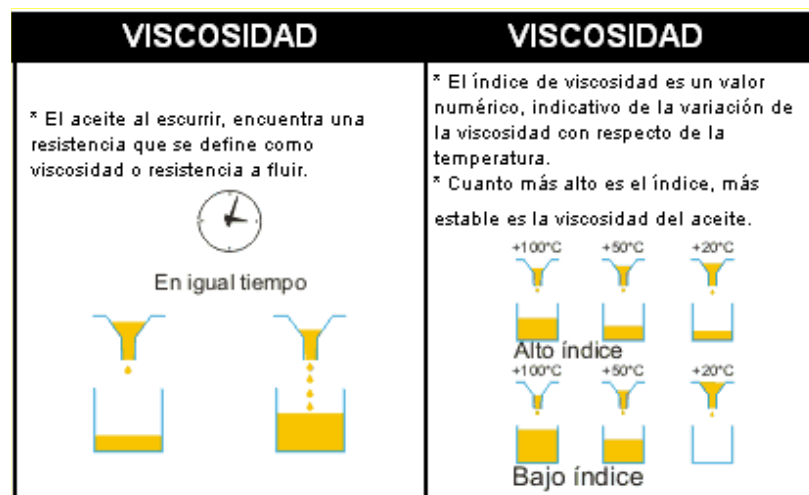


Figura 2.1 “Índice de Viscosidad” (<http://www.starbacks.ca/visc.htm>)

La prueba seleccionada es un ejemplo siguiendo los procedimientos de las normas técnicas ASTM:

Viscosidad: norma ASTM D445 ASTM D446.

- *Viscosímetro Universal Saybolt*: La facilidad con que un fluido fluye a través de un orificio de diámetro normalizado es una indicación de su viscosidad. Éste es el principio del viscosímetro de Saybolt.

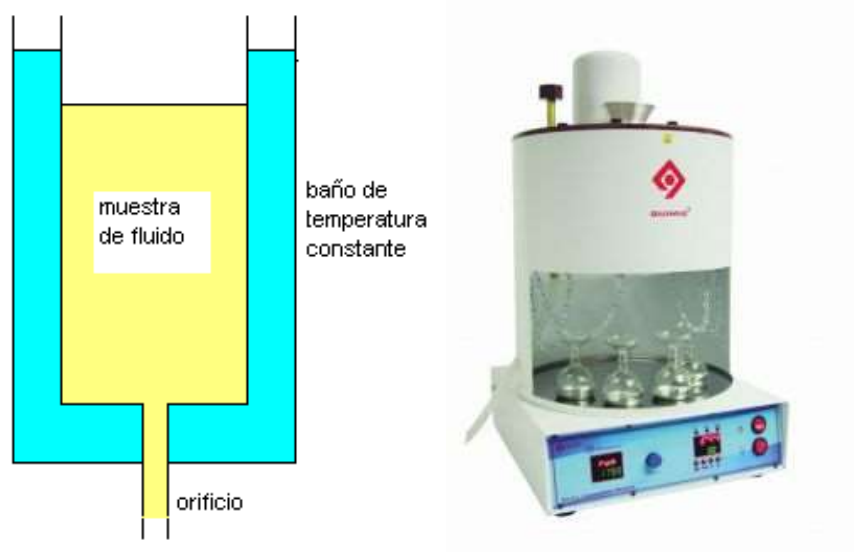


Figura 2.2 “Viscosímetro Saybolt” (<http://starbacks.ca/visco.htm>)

Se establece el flujo, se mide el tiempo requerido para coleccionar 60 mL del fluido. El tiempo resultante se reporta como la viscosidad del fluido en Segundos Universales Saybolt.

Puesto que la medición no está basada en la definición fundamental de viscosidad, los resultados son solamente relativos. Sin embargo, sirven para comparar las viscosidades de diferentes fluidos.

Las normas ASTM D445 y D446 son los métodos estándar de prueba para viscosidad cinemática de líquidos transparentes y opacos, y las especificaciones estándar e instrucciones de operación para viscosímetros cinemáticas capilares de vidrio, respectivamente.

2.1.2 Densidad:

La Densidad es la masa de un cuerpo por unidad de volumen. En ocasiones se habla de densidad relativa que es la relación entre la densidad de un cuerpo y la densidad del agua a 4 °C, que se toma como unidad. Como un centímetro cúbico de agua a 4 °C tiene una masa de 1 g, la densidad relativa de la sustancia equivale numéricamente a su densidad expresada en gramos por centímetro cúbico.

La densidad puede obtenerse de varias formas. Por ejemplo, para objetos macizos de densidad mayor que el agua, se determina primero su masa en una balanza, y después su volumen; éste se puede calcular a través del cálculo si el objeto tiene forma geométrica, o sumergiéndolo en un recipiente calibrando, con agua, y viendo la diferencia de altura que alcanza el líquido. La densidad es el resultado de dividir la masa por el volumen. Para medir la densidad de líquidos se utiliza el densímetro, que proporciona una lectura directa de la densidad.

El Densímetro es un instrumento de metal graduado que se utiliza para medir la densidad de un líquido. Se basa en el principio hidrostático del matemático e inventor griego Arquímedes, que establece que cualquier cuerpo sumergido en un líquido experimenta un empuje hacia arriba igual a la masa del líquido desalojado.

El densímetro tiene una parte inferior en forma de ampolla llena de plomo o mercurio y flota por sí mismo en la disolución a medir. Cuando está sumergido, la varilla graduada se eleva verticalmente para dar una lectura de la escala. Los densímetros deben calibrarse según el tipo de líquido que hay que analizar, y a una temperatura tipo, normalmente 4 °C o 20 °C. Existen distintos tipos de densímetros que miden la densidad y la pureza de los acumuladores, de las calderas de los barcos, del suelo y de la leche.

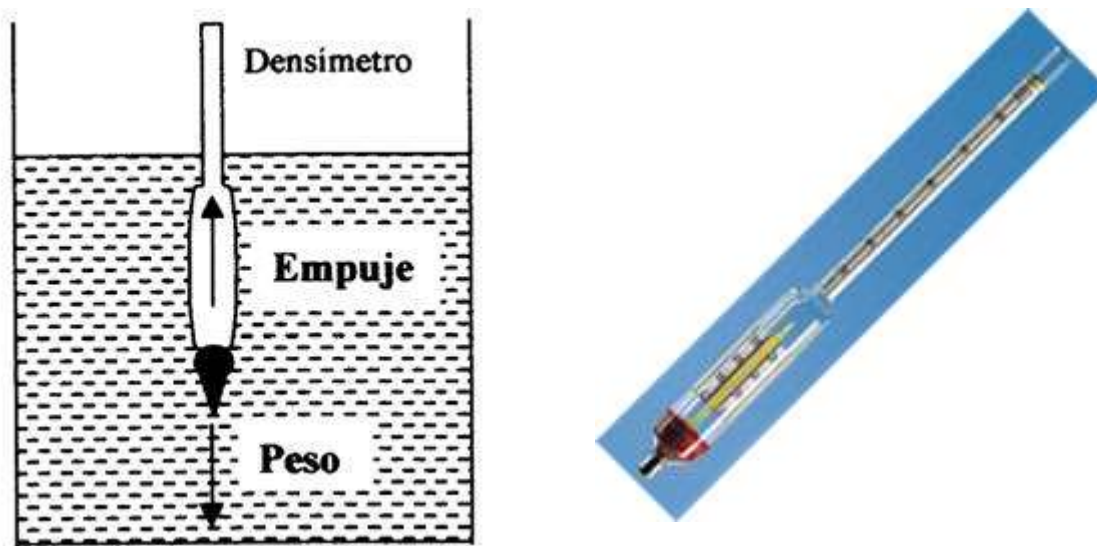


Figura 2.3 “Densímetro” (<http://starbacks.ca/densimetro>)

2.1.2.1 Ensayo de Penetración en Grasas:

Este ensayo se realiza para determinar el grado de resistencia a la penetración o grado N.L.G.I. (National Lubricating Grease Institute, E.E.U.U.) que tienen las grasas, de forma similar como se mide la dureza de los materiales. La consistencia es una de las propiedades más importantes de la grasa y es

importante monitorear los cambios de consistencia puesto que pueden revelar Ofallas futuras en su composición.

El grado de consistencia en las grasas oscila desde 000 hasta 6, una vez que se selecciona la consistencia para una aplicación, ésta no debe cambiar en forma abrupta durante el tiempo de operación, dependemos de dos situaciones que se presentan en las grasa, si es demasiado blanda se podría producir pérdida de grasa y la consiguiente falta de lubricación, y si por el contrario, la grasa es demasiado dura, el aumento de la fricción produce el incremento de la temperatura y origina la degradación de la grasa, las grasas duras también pueden ser problemáticas a bajas temperaturas y causar, por ejemplo, problemas en el arranque.

Es así que la temperatura de operación es un parámetro importante que influye en la rigidez de la grasa, cuanto más elevada la temperatura, mayor es la tendencia del aceite a separarse de la matriz de grasa, a evaporarse y oxidarse, produciendo el endurecimiento de la misma. Cuando la temperatura excede el punto de goteo, la grasa pierde su estructura semisólida y por lo tanto se fluidifica.

Es muy importante diferenciar entre un grado de penetración o “dureza” de una grasa, por ejemplo una grasa muy dura no sería adecuada para la lubricación de un rodamiento que gire a elevadas velocidades, porque al ofrecer mayor resistencia, se calentaría demasiado. Dependiendo la profundidad de penetración en algún ensayo las grasas se clasifican en fluidas, blandas, semiduras, sólidas y duras.

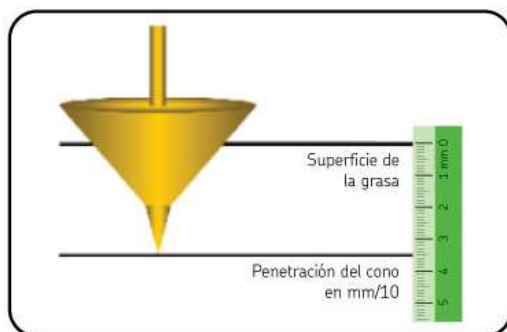


Figura 2.4 “Cono para ensayo de penetración”¹⁹

En las pruebas de calidad de la grasa, la estabilidad mecánica se evalúa mediante un ensayo de penetración prolongado, en donde la grasa se cizalla en un trabajador de grasa durante 100.000 golpes dobles (casi 24 horas) y se realiza la medición de consistencia según la DIN 2137. Luego se evalúan los cambios en la consistencia y se tiene una idea de cómo influye el cizallamiento en esta propiedad de la grasa (estabilidad al cizallamiento).



Equipo: *Penetrómetro automático Petrotest PNR 10*

Ensayo: Método para la penetración con cono de grasas lubricantes.

Norma: ASTM D-217

Figura 2.5 “Penetrómetro automático” (www.equipomecanico.mx.vent.html)

En el siguiente gráfico podemos analizar el proceso de degradación de la grasa, en donde podemos encontrar la deficiencia severa de la lubricación, esta se da por

¹⁹ Fuente: <http://widman.biz/boletines/67.html>

su escasa separación de aceite y por su consistencia cuando tenemos bajas temperaturas de trabajo, por otro lado la degradación se da cuando tenemos temperaturas altas, en donde podemos encontrar oxidación, evaporación, mucha separación de aceite y esta es muy poco consistente.

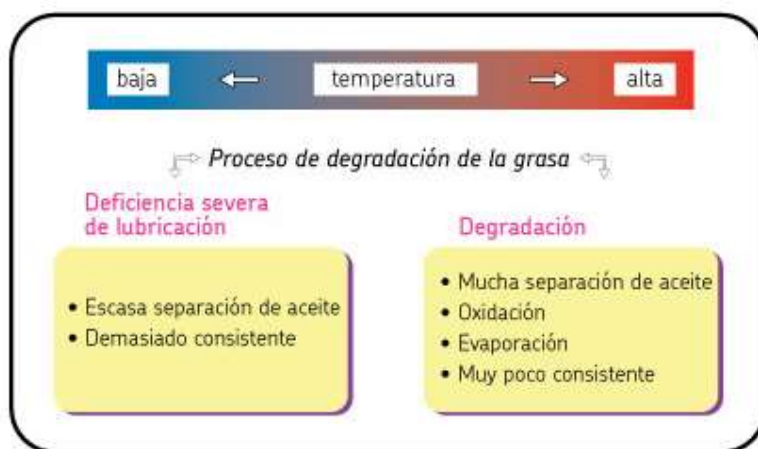


Figura 2.6 “Proceso de degradación de la grasa”²⁰ (<http://.starback.ca/tablatem.gtr>)

Para definir la escala de consistencia NLGI utilizamos un penetrómetro, este ensayo se basa en el grado de penetración que se logra cuando se deja hundir en la grasa un cono estándar a una temperatura de 25°C durante un período de cinco segundos. La profundidad de la penetración se mide en una escala de 10-1 mm. Cuando la grasa es más blanda y, por lo tanto, permite que el cono penetre a mayor profundidad, aumenta el valor de penetración, que indica el cambio de consistencia, y disminuye el grado NLGI. El método de ensayo está de acuerdo con la Norma DIN 2137.

²⁰ Fuente: <http://www.skflam.com/LAM/enews/sept09/es/lubricacion.html>

2.2 ENSAYOS DESTRUCTIVOS:

2.2.1 Punto de inflamación:

Aquí es donde la temperatura mínima, a la cual la evaporación el aceite lubricante origina una mezcla inflamable de vapores y aire. El punto de inflamación es determinado según normas DIN 53661, así se determina la temperatura a la cual se forma una cantidad necesaria de vapor para que se inflame al contacto con una llama desnuda. En todos los aceites se halla el punto de inflamación por encima de los 100°C. Su determinación es importante a la hora de almacenamiento.

2.2.2 Punto de combustión:

Es la temperatura mínima a la cual, una mezcla de aire y vapores del aceite, arde 5 segundos consecutivos, por lo menos. Su diferencia con respecto al punto de inflamación, permite formar juicio sobre la presencia de componentes volátiles.

Se da por hecho que un material puede poseer, en una cierta escala, un grado de ignición térmica, por lo que añadido a esta idea cabe tener en cuenta la relación entre la resistencia del material y el tipo de reacción al que se somete el material. La presión es uno de los elementos que hacen que un material pueda comenzar a calentarse en un determinado cierto punto, que puede ser considerado en una escala de 0 a 9. Cuando un material, por algún tipo de inducción externa, cambia su resistencia, modifica este punto y puede comenzar a calentarse.

El punto de inflamación es, por tanto, un estado crítico que puede alcanzar un material ante el intento pasivo de absorber una energía externa que no puede

liberar de ningún modo posible, de tal modo que entra en reacción con el nivel de energía recibido. El material recibe energía y no la puede disipar, por lo que sigue acumulando más y más energía, hasta que su estructura ya no puede más y se transforma en una reacción total de energía.

2.2.3 Punto de gota:

Se denomina punto de goteo a la temperatura en la cual una grasa cambia de estado general semisólido a estado líquido. Las grasas pueden llegar a este estado de manera paulatina o de manera brusca siendo el resultado siempre el mismo, y se consideraría el final de proceso. La separación de sus componentes depende si son grasas de tipo jabón, en este caso tanto el aceite como el jabón se separan, en cambio, los otros tipos de grasas pueden llegar a punto de gota sin la separación del aceite como del espesante.

Se considera que el rango de temperatura útil de una grasa está entre 100 y 150° F por debajo del punto de goteo.

CAPITULO III

DESARROLLO DE EXPERIMENTOS

(PLANOS DE LOS EQUIPOS)

- **Balanza Electronica:**

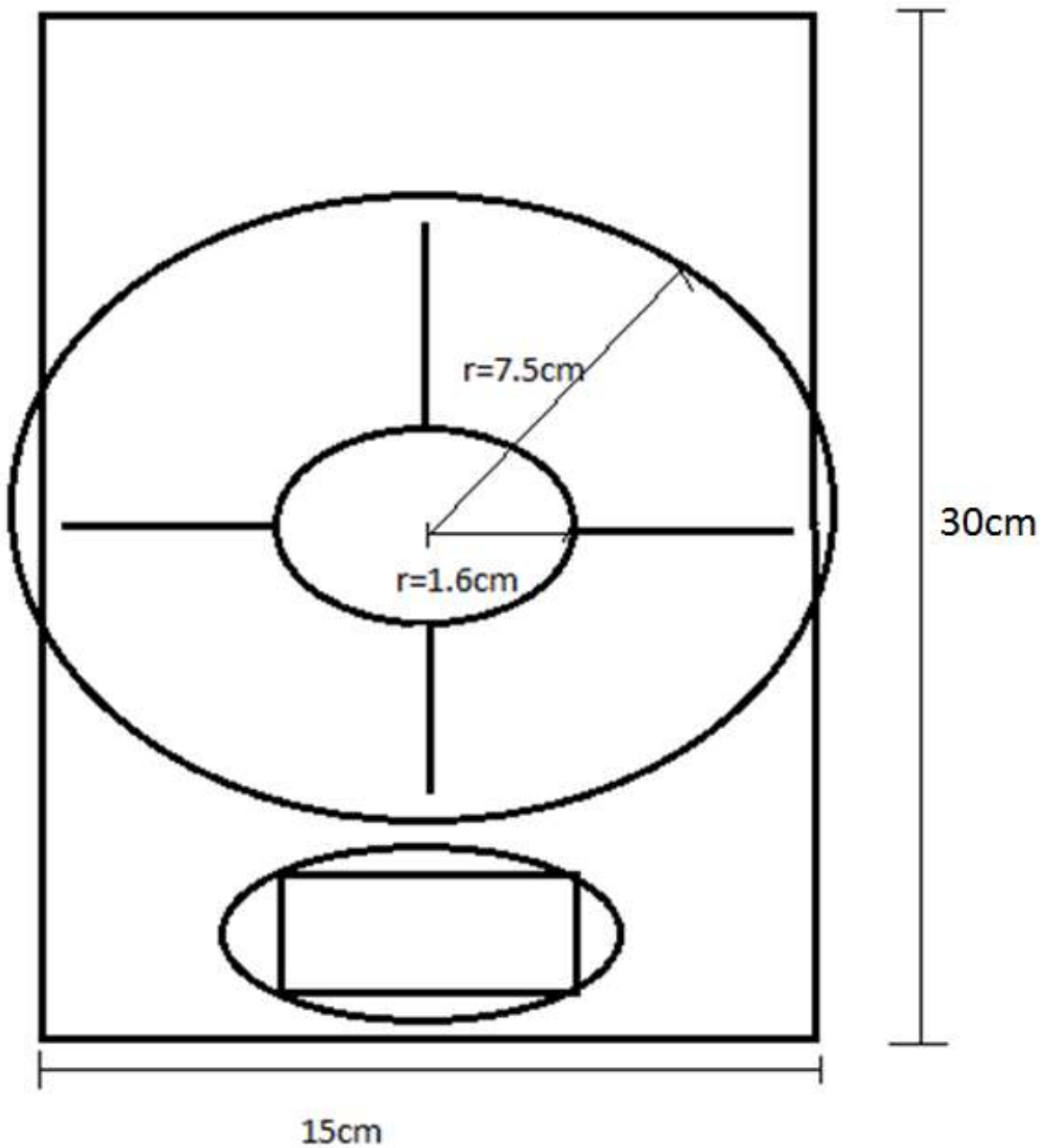


Figura 3.1 "Balanza Electronica"

- Vaso de Precipitación de 100ml:

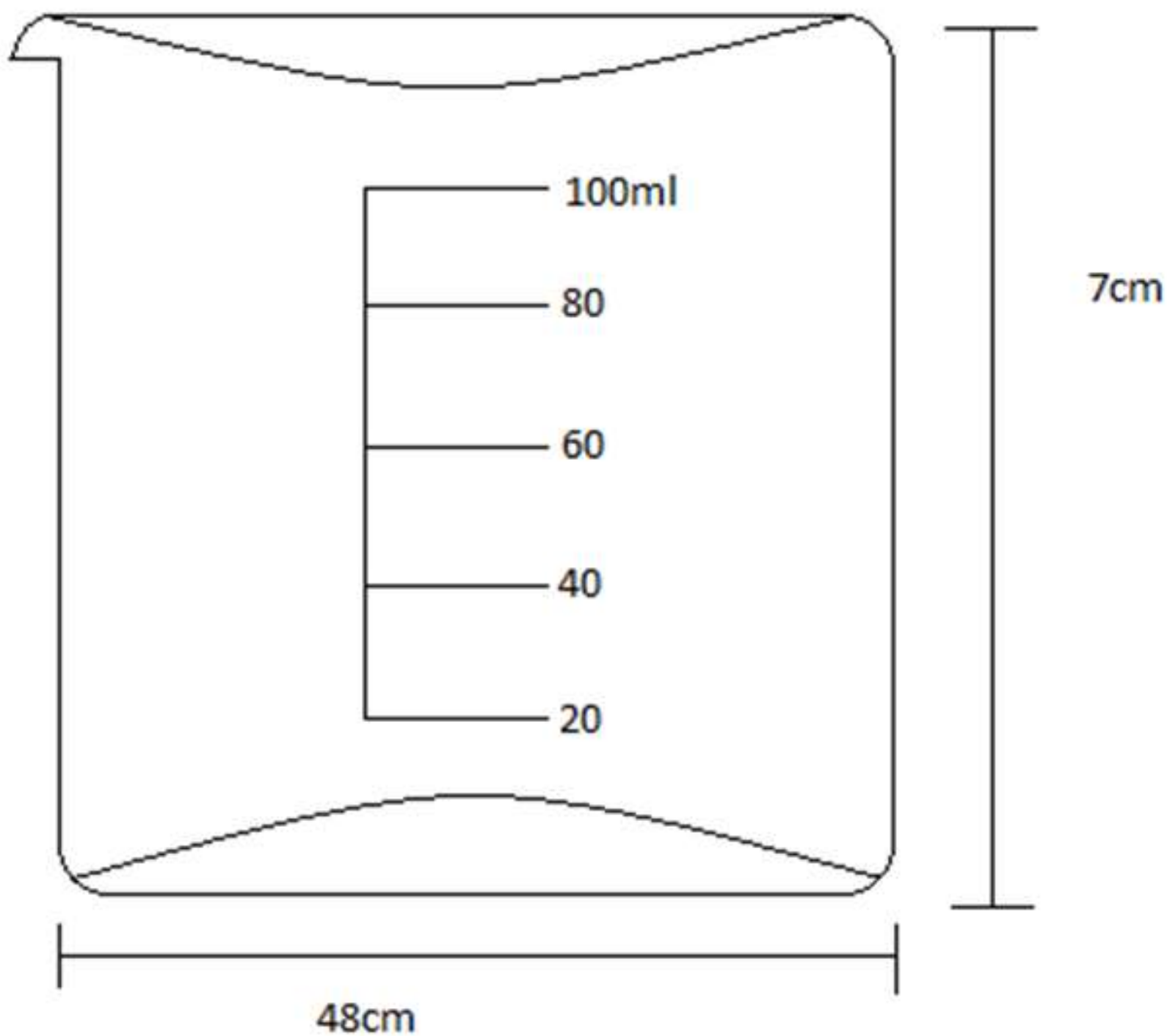


Figura 3.2 “Vaso de Precipitación 1”

- Vaso de Precipitación de 300ml:

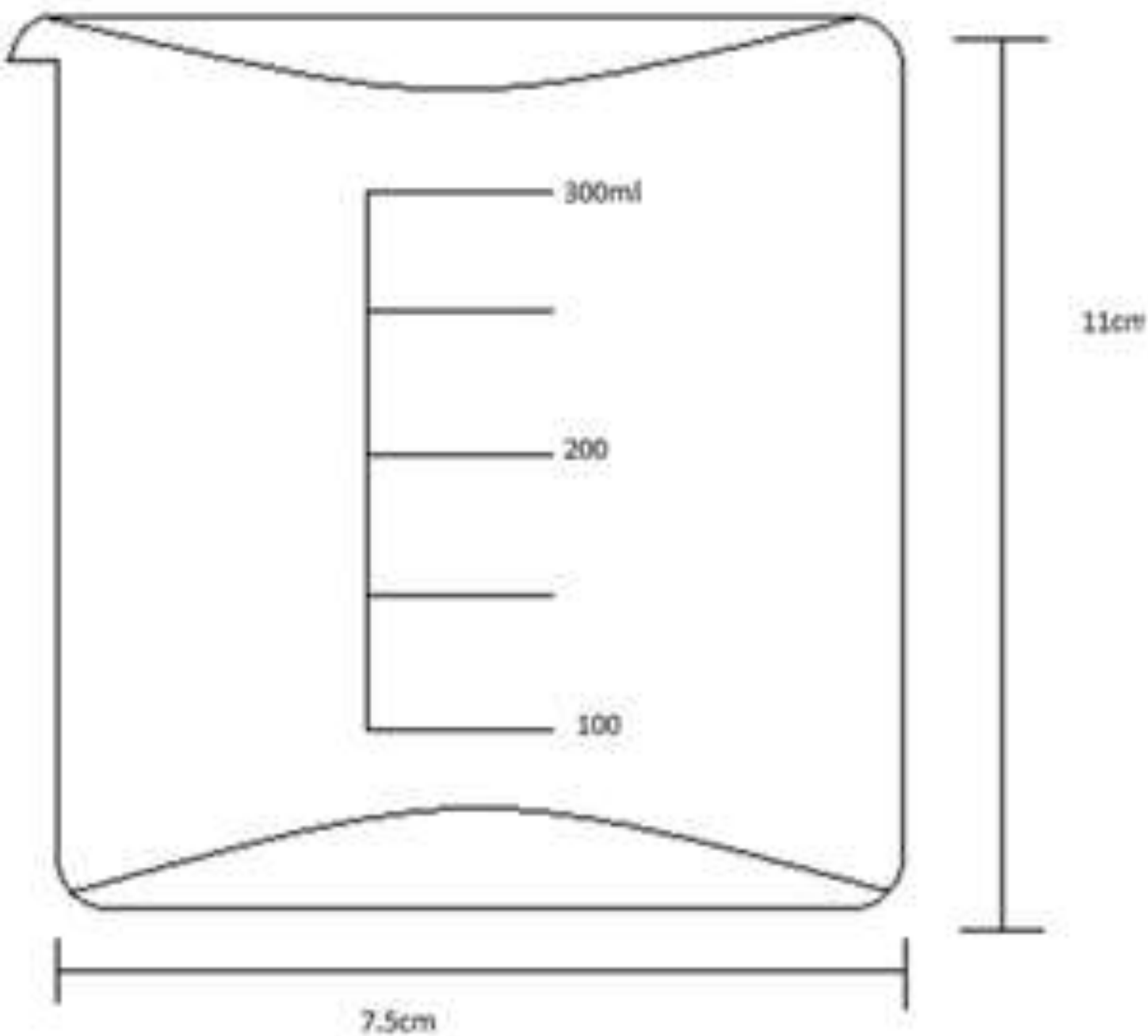


Figura 3.3 “Vaso de Precipitación 2”

- **Termómetro 1:**

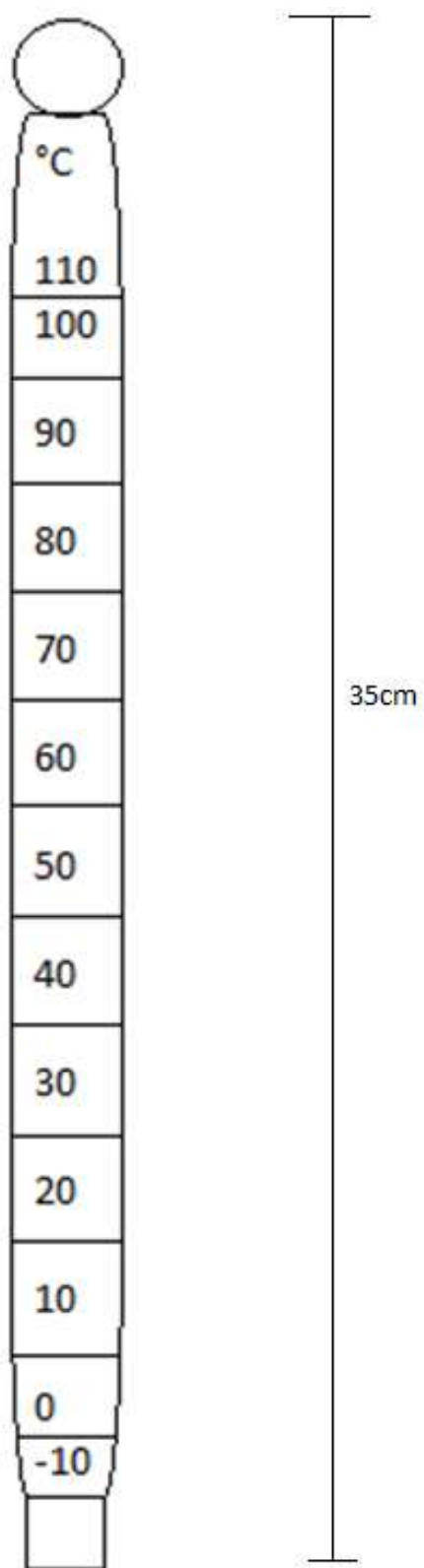


Figura 3.4 “Termómetro 1”

- **Termometro 2:**

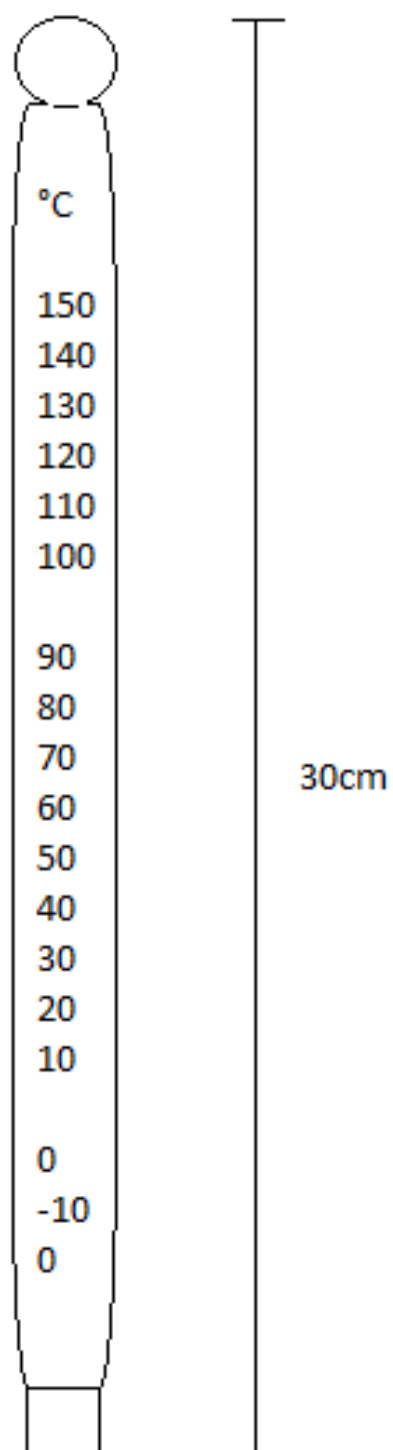


Figura 3.5 "termómetro 2"

.Probeta de 100ml

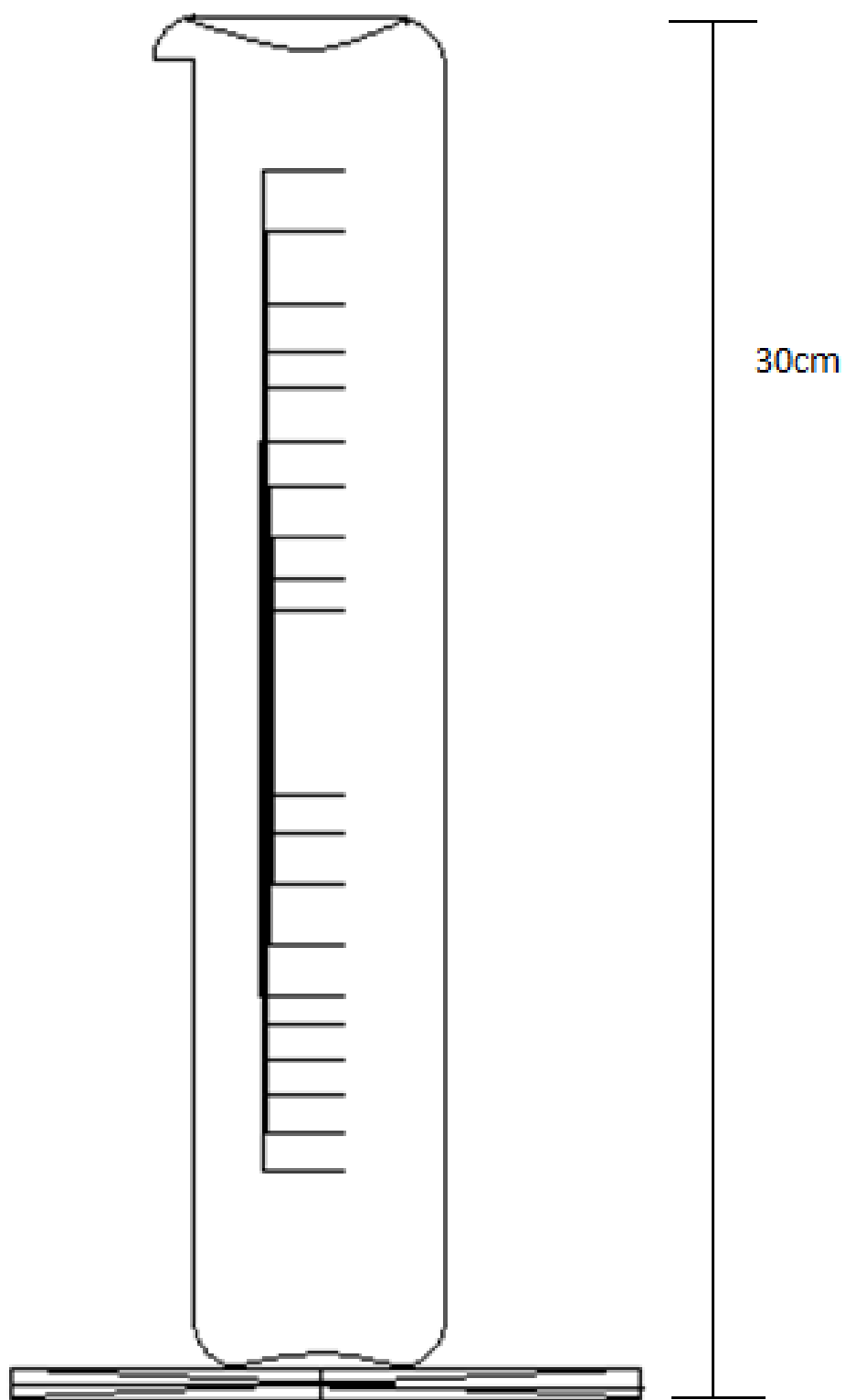


Figura 3.6 “Probeta de 100ml”

- Mechero Bunsen:

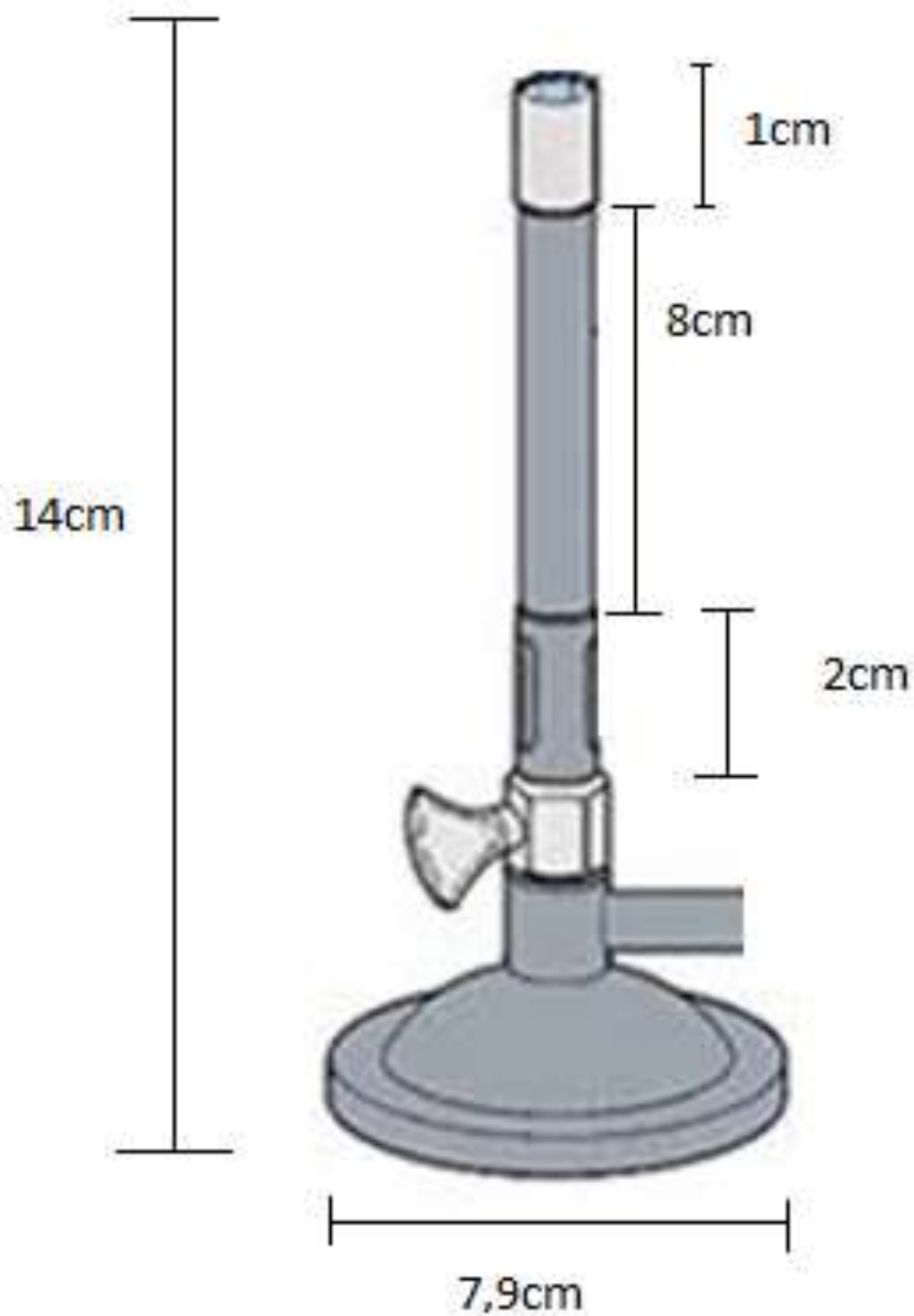


Figura 3.5 "Mechero Bunsen"

- Trípode y malla:

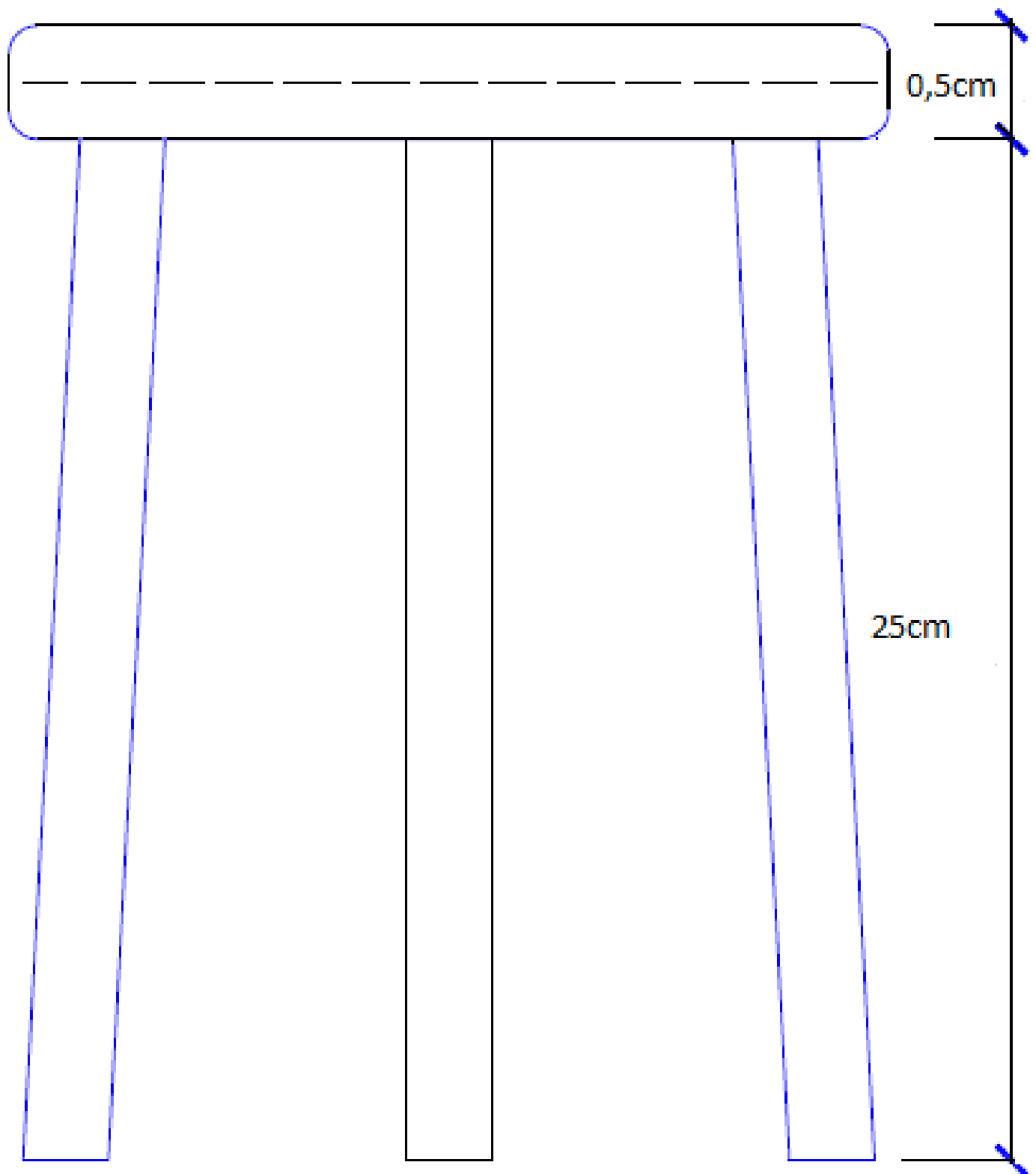


Figura 3.8 “Trípode y Malla”

3.1 VISCOSIDAD EN EL ACEITE

Tema: prueba de Viscosidad en los Aceites

Introducción:

La viscosidad es la propiedad más importante de los fluidos, por lo que esta requiere mayor consideración en su estudio cuando a flujo de fluidos nos referimos. Esta es la resistencia que ejercen los fluidos al ser deformado cuando este se aplica un mínimo de esfuerzo cortante, y la viscosidad de la misma depende de su temperatura por lo que en el presente estudio podemos apreciar que los líquidos a mayor temperatura menor viscosidad presentan.

Los líquidos y los gases corresponden a dos tipos diferentes de fluidos. Los primeros tienen un volumen constante que no puede alterarse apreciablemente si son sometidos a compresión, por ende se dice que son fluidos incompresibles. Los segundos no tienen un volumen propio, sino que ocupan el del recipiente que los contiene; son fluidos compresibles porque, a diferencia de los líquidos, sí pueden ser comprimidos.

Existen diferentes formas de expresar la viscosidad de un fluido, pero las más importantes son las siguientes: viscosidad absoluta o dinámica, cinemática, Saybol y Redwoor.

Para el presente estudio realizaremos las pruebas de viscosidad a temperatura ambiente, utilizando la ley Stokes. Se quiere determinar la viscosidad absoluta de cinco aceites, el SAE 20W50, API40, SAE 75W85, SAE 90 y Mercon Dexron III.

Esto se logrará utilizando 3 probetas marcadas con un intervalo de 12.4 cm c/u y se tomará el tiempo que tarda una esfera de acero (ruliman) en recorrer cada intervalo. Luego se usaran estos resultados para determinar el a viscosidad experimental de los aceites usados en la práctica y compararlos con las viscosidades proporcionadas por el fabricante.

Objetivo General:

Calcular la viscosidad absoluta de diversos fluidos de manera experimental y comparar los valores obtenidos con los suministrados por los fabricantes.

Objetivos Específicos:

- a) Determinar la viscosidad absoluta de 5 aceites multigrados mediante la relación que existe entre el tiempo empleado por una esfera en recorrer una cierta distancia al ser introducida en el fluido (Método de Stokes).
- b) Comparar valores experimentales de viscosidad, con los aportados por el fabricante para evaluar el error porcentual.
- c) Descripción breve y concisa de los diferentes tipos de Viscosímetros.

Materiales e instrumentos:

- a) Probeta de 100 ml
- b) Cronómetro.
- c) Aceites
- d) Ruliman
- e) Imán

Metodología:

Usando una probeta de 25 [cm] de largo, se dispuso a colocar los líquidos y hacer una marca en cada extremo, con el fin de tomar el tiempo que demora en caer el ruliman entre estas dos marcas, para calcular así, la velocidad límite.

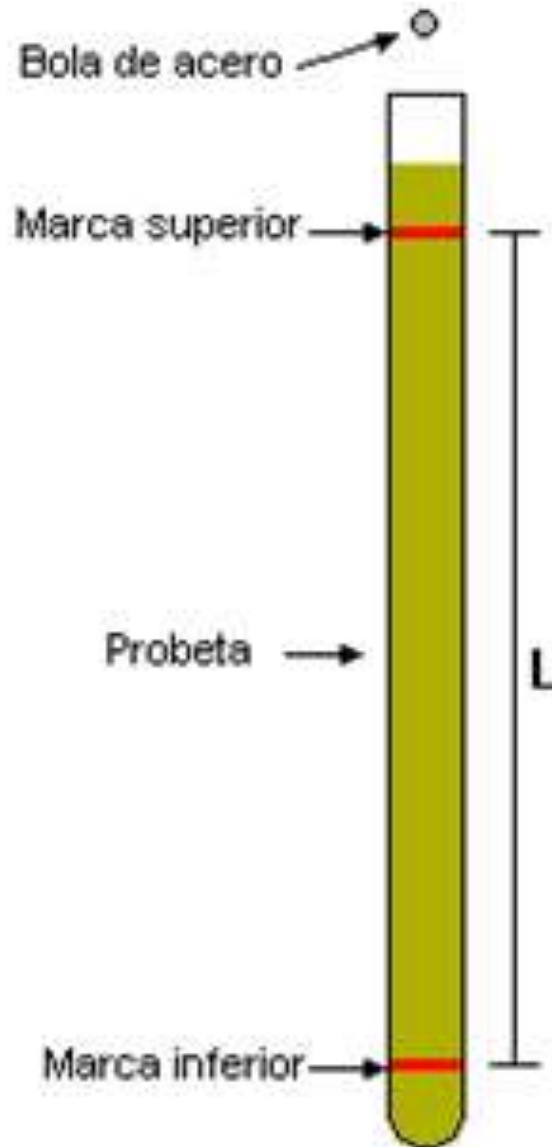


Figura 3.9 “Metodología Viscosidad” (www.meccanicaparatodos/experimentos.kl)



Figura 3.10 Aceites Utilizados



Figura 3.11 Aceite SAE 90



Figura 3.12 Aceite 75 W 85

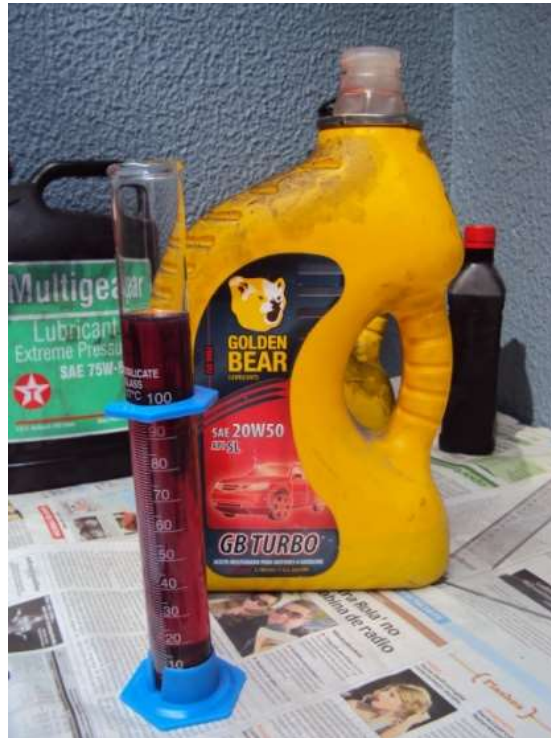


Figura 3.13 Aceite 20W50



Figura 3.14 Aceite Mercon Dexron III



Figura 3.15 Aceite SAE 40

Una vez tomado el tiempo y el recorrido (distancia entre marca), se dispuso a calcular la velocidad límite. Con esta velocidad límite, el diámetro del ruliman y las densidades respectivas (la del ruliman y la del líquido en estudio).

Nota: La temperatura se toma constante, a la temperatura ambiental (16°C).

Los datos (medida del tiempo en segundos) se pueden resumir en las siguientes tablas, de acuerdo al líquido en estudio, con 1 ruliman de diámetro = 11 mm

Tabla 8. Resultados tiempo de recorrido en Aceite 20w50

ACEITE 20 W 50 (= 1 [g/cm³])	
N°	Ruliman 1 (D=11 [mm])
1	0,28
2	0,28
3	0,27
4	0,3
5	0,28
6	0,28
7	0,28
8	0,3
9	0,27
10	0,27
Promedio	0,28

Tabla 9. Resultados tiempo de recorrido en Aceite MerconDexron III

ACEITE Mercon Dexron III (= 1 [g/cm³])	
N°	Ruliman 1 (D=11 [mm])
1	0,13
2	0,13
3	0,14
4	0,14
5	0,13
6	0,12
7	0,13
8	0,12
9	0,14
10	0,14
Promedio	0,13

Tabla 10. Resultados tiempo de recorrido en Aceite SAE 40

ACEITE SAE 40 (= 1 [grm/cm3])	
N°	Ruliman 1 (D=11 [mm])
1	0,37
2	0,18
3	0,25
4	0,27
5	0,26
6	0,28
7	0,26
8	0,3
9	0,27
10	0,24
Promedio	0,27

Tabla 11. Resultados tiempo de recorrido en Aceite 75w85

ACEITE 75 W 85 (= 1 [grm/cm3])	
N°	Ruliman 1 (D=11 [mm])
1	0,18
2	0,15
3	0,14
4	0,18
5	0,21
6	0,18
7	0,18
8	0,15
9	0,19
10	0,17
Promedio	0,17

Tabla 12. Resultados tiempo de recorrido en Aceite SAE 90

SAE 90 (= 1 [grm/cm³])	
Nº	Ruliman 1 (D=11 [mm])
1	0,3
2	0,36
3	0,37
4	0,42
5	0,49
6	0,51
7	0,47
8	0,45
9	0,44
10	0,48
Promedio	0,43

Además se tomó el recorrido para cada aceite.

RECORRIDO DEL RULIMAN [m] EN ACEITE= 0.12

ANALISIS DEL ACEITE

Se procedió a la toma del tiempo de la caída del ruliman entre marcas con un cronómetro. Para obtener un único valor de los tiempos, velocidad y viscosidad, se tomó el promedio y se tomó un error determinado con la desviación estándar de las muestras.

Tabla 13. Cuadro de Valores

Densidad del Ruliman [Kgm/m3]	Densidad del Fluido [Kgm/m3]	Aceleración de gravedad [m/s2]
800	93000	9,81

RESULTADOS DEL ANALISIS DEL ACEITE

Tabla 14. Resultados de Viscosidad en Aceite 20w50

ACEITE 20W 50					
N°	Diámetro [m]	Tiempo [s]	Recorrido [m]	Velocidad límite [m/s]	VISCOSIDAD [Kgm/(m*s)]
1	0,11	0,28	0,12	0,43	1,30
2	0,11	0,28	0,12	0,43	1,30
3	0,11	0,27	0,12	0,44	1,26
4	0,11	0,3	0,12	0,40	1,39
5	0,11	0,28	0,12	0,43	1,30
6	0,11	0,28	0,12	0,43	1,30
7	0,11	0,28	0,12	0,43	1,30
8	0,11	0,3	0,12	0,40	1,39
9	0,11	0,27	0,12	0,44	1,26
10	0,11	0,27	0,12	0,44	1,26
Promedio	0,11	0,28	0,12	0,43	1,31

Tabla 15. Resultados de Viscosidad en Aceite MerconDexron III

MERCEN DEXRON III					
N°	Diámetro [m]	Tiempo [s]	Recorrido [m]	Velocidad límite [m/s]	VISCOSIDAD [Kgm/(m*s)]
1	0,11	0,13	0,12	0,92	0,60
2	0,11	0,13	0,12	0,92	0,60
3	0,11	0,14	0,12	0,86	0,65
4	0,11	0,14	0,12	0,86	0,65
5	0,11	0,13	0,12	0,92	0,60
6	0,11	0,12	0,12	1,00	0,55
7	0,11	0,13	0,12	0,92	0,60
8	0,11	0,12	0,12	1,00	0,55
9	0,11	0,14	0,12	0,86	0,65
10	0,11	0,14	0,12	0,86	0,65
Promedio	0,11	0,13	0,12	0,91	0,61

Tabla 16. Resultados de Viscosidad en Aceite SAE 40

ACEITE SAE 40					
N°	Diámetro [m]	Tiempo [s]	Recorrido [m]	Velocidad límite [m/s]	VISCOSIDAD [Kgm/(m*s)]
1	0,11	0,37	0,12	0,32	1,72
2	0,11	0,18	0,12	0,67	0,83
3	0,11	0,25	0,12	0,48	1,16
4	0,11	0,27	0,12	0,44	1,26
5	0,11	0,26	0,12	0,46	1,21
6	0,11	0,28	0,12	0,43	1,30
7	0,11	0,26	0,12	0,46	1,30
8	0,11	0,3	0,12	0,40	1,39
9	0,11	0,27	0,12	0,44	1,26
10	0,11	0,24	0,12	0,50	1,17
Promedio	0,11	0,27	0,12	0,46	1,26

Tabla 17. Resultados de Viscosidad en Aceite 75w85

ACEITE 75 W 85					
N°	Diámetro [m]	Tiempo [s]	Recorrido [m]	Velocidad límite [m/s]	VISCOSIDAD [Kgm/(m*s)]
1	0,11	0,18	0,12	0,67	0,83
2	0,11	0,15	0,12	0,80	0,71
3	0,11	0,14	0,12	0,86	0,65
4	0,11	0,18	0,12	0,67	0,83
5	0,11	0,21	0,12	0,57	0,97
6	0,11	0,18	0,12	0,67	0,83
7	0,11	0,18	0,12	0,67	0,83
8	0,11	0,15	0,12	0,80	0,71
9	0,11	0,19	0,12	0,63	0,88
10	0,11	0,17	0,12	0,71	0,79
Promedio	0,11	0,17	0,12	0,70	0,78

Tabla 18. Resultados de Viscosidad en Aceite SAE 90

SAE 90					
N°	Diámetro [m]	Tiempo [s]	Recorrido [m]	Velocidad límite [m/s]	VISCOSIDAD [Kgm/(m*s)]
1	0,11	0,3	0,12	0,40	1,39
2	0,11	0,36	0,12	0,33	1,69
3	0,11	0,37	0,12	0,32	1,72
4	0,11	0,42	0,12	0,29	1,95
5	0,11	0,49	0,12	0,24	2,28
6	0,11	0,51	0,12	0,24	2,38
7	0,11	0,47	0,12	0,26	1,68
8	0,11	0,45	0,12	0,27	2,10
9	0,11	0,44	0,12	0,27	2,05
10	0,11	0,48	0,12	0,25	2,23
Promedio	0,11	0,43	0,12	0,29	1,95

Conclusiones:

Para poder apreciar la situación en que los datos fueron tomados y en la forma en que los fluidos se comportan, se tomó sólo el promedio (valor aproximado) y finalmente su análisis:

- Cuando la densidad aumenta, la velocidad límite disminuye.
Inconscientemente, se dice que mientras más denso es el fluido, la velocidad límite de caída de la bola es menor, concluyendo que a medida que aumenta la densidad, la viscosidad aumenta.
- La viscosidad es inversamente proporcional a la velocidad límite.
- La velocidad límite es directamente proporcional al diámetro del ruliman

- La velocidad límite es directamente proporcional a la densidad de un fluido, para un cierto material (ruliman).

3.2 DENSIDAD EN EL ACEITE:

Tema: Prueba de densidad en los aceites

Introducción:

La densidad puede ser de dos tipos: absoluta y relativa. La densidad absoluta (ρ) se define como la relación de la masa y el volumen. Es muy importante resaltar que la masa y el volumen son propiedades extensivas pero que la densidad es una propiedad intensiva, es decir que es independiente de la cantidad de masa, es un valor constante. $\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$

La densidad de sólidos y líquidos es comúnmente expresada en unidades de gramos por centímetro cúbico (g/cm^3) o gramos por mililitro (g/mL). La masa de las muestras no cambia si su temperatura aumenta o disminuye. Sin embargo, los volúmenes tanto de los sólidos como de los líquidos aumentan ligeramente si su temperatura aumenta.

La densidad relativa es la relación entre la masa de una sustancia y la masa de un volumen igual de agua (las medidas a la misma temperatura). Es decir la densidad relativa compara la densidad (la densidad absoluta) con la de un patrón.

Objetivos del experimento:

a) Aprender a determinar la densidad de cuerpos sólidos y líquidos.

b) Aprender a distinguir las propiedades físicas de las propiedades químicas.

c) Aprender a determinar los métodos para hallar volúmenes.

Materiales e instrumentos:

- Probeta de 250 ml
- Vaso de precipitación de 300 mL
- Termómetro de Laboratorio
- Fluidos a ser analizados
- Balanza Analítica

Metodología:

Primero pesamos los materiales que íbamos a utilizar en el experimento, el material que utilizamos para eso fue la balanza analítica y los materiales que pesamos y utilizamos fueron los aceites SAE 20W50, API 40, SAE 75W85, SAE 90 y Mercon Dexron III.

Paso 1: Determinar la densidad del aceite:

Tabla 19. Características de los aceites

MUESTRAS DE ACEITE			
TIPO	DENSIDAD (g/ml)	VOLUMEN (ml)	PESO PROBETA (gr)
ACEITE 20W 50	93	100	95
MERCON DEXRON III	93	100	95
ACEITE SAE 40	96	100	95
ACEITE 75 W 85	93	100	95
ACEITE SAE 90	99	100	95



Figura 3.16 “Balanza Electrónica”



Figura 3.17 “Metodología Densidad del Aceite”

Conclusiones:

- Al realizar las mediciones se adquirió mayor habilidad en la determinación de densidades, en donde pudimos apreciar la diferencia entre el volumen y la densidad de un líquido, en donde 3 de 5 aceites poseen la misma densidad.
- Es muy importante resaltar que la masa y el volumen son propiedades extensivas pero que la densidad es una propiedad intensiva, es decir que es independiente de la cantidad de masa, es un valor constante. $\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$, a mayor concentración, mayor masa.

3.3 PUNTO DE INFLAMACIÓN Y COMBUSTIÓN:

Tema: Prueba de punto de Inflamación

Introducción:

La rotura del aceite causada por descargas eléctricas o por exposición prolongada a muy altas temperaturas puede producir cantidades suficientes de hidrocarburos de bajo peso molecular para reducir el punto de inflamación del aceite. Un bajo punto de inflamación puede indicar la presencia de productos combustibles volátiles en el aceite. Esto puede deberse a contaminación con un disolvente.

Si un aceite tiene puntos de inflamación y de ignición altos, es el mejor indicador de que este no contiene soluciones volátiles, esto puede descubrirse fácilmente, mediante la prueba de los puntos de inflamación e ignición. El punto de inflamación de un aceite es la temperatura más baja, a la cual el vapor de aceite existente sobre la superficie se inflama al ser expuesto a una flama, pero se

apaga inmediatamente, esta temperatura no es lo suficientemente alta para mantener al aceite ardiendo.

El punto de ignición es la temperatura a la cual un aceite arde y continúa quemándose, cuando menos durante 5 segundos, al ser expuesto a una flama. Estos puntos se determinan utilizando un vaso de precipitación. En este se coloca la muestra de aceite y se calienta, mientras una pequeña flama de gas se hace pasar periódicamente sobre la superficie del aceite. Dentro del aceite hay un termómetro. La temperatura a la cual se inflama el vapor, pero se extingue inmediatamente, es el punto de inflamación. De igual manera una vez que le aceite se enciende y se mantiene encendido, se determina la temperatura a la cual sucede dicha acción.

Objetivo General:

Determinar la calidad del aceite, sus aditivos, para conocer las temperaturas a las que se presenta el Punto de Inflamación y Combustión.

Objetivos Específicos:

- a) Determinar el punto de inflamación y combustión de 5 aceites multigrados.
- b) Mediante este cálculo verificar la relación del punto de inflamación con el calor.

Materiales e instrumentos:

- a) Vaso de Precipitación de 250 ml
- b) Aceites
- c) Mechero
- d) Cilindro de gas

e) Fósforos

Metodología:

Usando un vaso de precipitación de 250 [ml], se colocó los líquidos a ser estudiados con el fin de identificar la presencia las temperaturas a las cuales estos se encienden.

Para efectuar esta determinación, se coloca una muestra de aceite en un vaso de precipitación y se calienta lentamente pasando una pequeña flama por la superficie de la muestra. La temperatura de inflamación será cuando el aceite desprenda vapores y se enciendan en forma rápida. Por otro lado el punto de ignición o combustión es cuando se producen vapores suficientemente capaces de mantener encendida la muestra durante 5 segundos como mínimo.



Figura 3.18 “Vaso de Precipitación”



Figura 3.19 “Mechero bunsen”



Figura 3.20 “Aceite en proceso de calentamiento”



Figura 3.21 “Metodología Punto de Inflamación y Combustión”



Figura 3.22 “Lectura de Termómetro al finalizar el proceso “

ANALISIS DEL ACEITE

El aceite fue calentado hasta una temperatura máxima de 160°C, a partir de los 100° se procedió a pasar una flama por el vaso de precipitación cada 20 segundos, queriendo obtener el punto de inflamación. Ninguno de los aceites no presentaron desprendimiento de combustibles volátiles durante todo el proceso.

Conclusiones:

Los aceites con los cuales se procedieron a realizar los experimentos, no se pudieron determinar su punto de inflamación o combustión, se los calentó hasta los 160°C, pero por motivos de seguridad no se exigió el aumento de temperatura a dichos aceites.

De esta manera se verifica que los aceites si cumplen con las normas según API.

3.4 PUNTO DE GOTA:

Tema: Prueba de Punto de Gota en las Grasas

Introducción:

Se define a la grasa lubricante como una dispersión semilíquida a sólida de un agente espesante en un líquido (aceite base). Consiste en una mezcla de aceite mineral o sintético (85-90%) y un espesante. Al menos en el 90% de las grasa, el espesante es un jabón metálico, formado cuando un metal hidróxido reacciona con un ácido graso.

Cuando la grasa tiene que contener propiedades especiales, se incluyen otros constituyentes que actúen como inhibidores de la oxidación y mejoren la resistencia de la película ya que la propiedad más importante que debe tener la

grasa es la de ser capaz de formar una película lubricante lo suficientemente resistente como para separar las superficies metálicas y evitar el contacto.

La grasa es un producto que va desde sólido a semilíquido y es producto de la dispersión de un agente espesador y un líquido lubricante que dan las propiedades básicas de la grasa, generalmente las grasas son aceites que contienen jabones como agentes que le dan cuerpo, el tipo de jabón depende de las necesidades que se tengan y de las propiedades que debe tener el producto.

Objetivo General:

Determinar la temperatura máxima a la cual las grasas pierden sus propiedades de lubricación y protección de componentes.

Objetivos Específicos:

- a) Determinar el punto de inflamación de las grasas multigradas.

Materiales e instrumentos:

- a) Vaso de Precipitación de 250 ml
- b) Grasas
- c) Mechero
- d) Cilindro de gas
- e) Fósforos

Metodología:

Para la realización de este experimento debemos sumergir dentro del vaso de precipitación un tubo de vidrio especial, similar a un tubo de ensayo, dentro del cual se coloca una pequeña muestra de grasa y tiene un pequeño orificio en la parte inferior. En contacto con la muestra se coloca un termómetro (para medir la temperatura de la grasa), y otro en el baño de aceite para determinar la temperatura de este.

Una resistencia eléctrica o un mechero calienta el aceite siliconado hasta que del dispositivo que contiene a la grasa cae la primer gota de aceite que se separa de la grasa por efecto de la temperatura. En ese momento se registra la temperatura de la grasa con el termómetro y esta se denomina temperatura del punto de goteo, propiedad particular de cada grasa. Este punto es la temperatura máxima a la que puede operar una grasa antes de que el aceite se separe del jabón.



Figura 3.23 “Vaso de precipitación”



Figura 3.24 “Proceso de Calentamiento”



Figura 3.25 “Calentamiento de la grasa”



Figura 3.26 “Temperatura del Aceite”



Figura 3.27 “Grasa Abro Synthetic Lithium”



Figura 3.28 “Grasa Abro Lithium”



Figura 3.29 “Grasa Texaco Multipurpose”



Figura 3.30 “Calentamiento para el punto de gota.”

ANALISIS DE LAS GRASA

En las grasas, Abro y Texaco se elevó la temperatura de las mismas, hasta una temperatura máxima de 200°C con la probeta y vaso de precipitación, con una muestra de la grasa a ser estudiada, a partir de 130°C de temperatura se procedió a visualizar que la grasa Texaco presentó punto de gota a la temperatura mencionada, y las grasas Abro no presentaron ningún punto de gota hasta los 200°C . Únicamente la grasa Texaco presentó desprendimiento de bases parafínicas durante este proceso.

Conclusiones:

De las grasas estudiadas, el punto de goteo más bajo se presentan a los 130°C , y 200°C con lo cual podemos asegurar un buen funcionamiento de protección y

lubricación hacia cada componente destinados a ser lubricados, ya que estos pueden alcanzar altas temperaturas por fricción o rozamiento. Se considera que el rango de temperatura útil de una grasa está entre 100 y 150° F (65°C), por debajo del punto de goteo. La operación en temperaturas próximas al punto de goteo obviamente afectará a la eficacia lubricante de la grasa.

3.5 PUNTO DE INFLAMACIÓN Y COMBUSTIÓN EN LAS GRASAS:

Tema: Prueba de punto de Inflamación

Introducción:

El punto de inflamación es la temperatura a la cual surge una llamarada repentina sobre la superficie del aceite o grasa cuando se aproxima allí una llama o se hace saltar una chispa. Esa llama se apaga inmediatamente después. Si se mantuviera, ya no estaríamos refiriéndonos al punto de inflamación, sino al de combustión. El punto de inflamación no representa la temperatura a la cual arde por completo el aceite o grasa hasta consumirse totalmente, sino que proporciona una interesante información sobre la volatilidad de esos aceites y grasas, lo que permite aventurar un pronóstico muy certero sobre el consumo que va a registrarse después de un determinado lubricante durante su trabajo en un motor. Cuanto más alto sea el punto de inflamación, tanto mejor entenderemos que es la calidad de ese aceite y menores serán su volatilidad y su consumo. Por lo general, la mayoría de los lubricantes comerciales tienen un punto de inflamación bastante elevado, superior a los 200°C normalmente, lo que significa, además, que los aceites y grasas son

sustancias que pueden manejarse sin necesidad de tener que extremar las precauciones, al revés de lo que sucede con los combustibles.

El punto de combustión suelen tenerlo situado a unos 30 ó 35°C por encima del de inflamación. El punto de combustión representa la temperatura a la que la llama se mantiene viva durante 5 segundos al menos.

Objetivo General:

Determinar la calidad de la grasa, sus aditivos, para conocer las temperaturas a las que se presenta el Punto de Inflamación y Combustión.

Objetivos Específicos:

- a) Determinar el punto de inflamación y combustión de 3 grasas multipropósito.
- b) Mediante este cálculo verificar la relación del punto de inflamación con el calor.

Materiales e instrumentos:

- f) Vaso de Precipitación de 250 ml
- g) Grasas
- h) Mechero
- i) Cilindro de gas
- j) Fósforos

Metodología:

Usando un vaso de precipitación de 250 [ml], se colocó las grasas a ser estudiadas con el fin de identificar la presencia las temperaturas a las cuales estos se encienden.

Para efectuar esta determinación, se coloca una muestra de grasa en un vaso de precipitación y se calienta lentamente pasando una pequeña flama por la superficie de la muestra. La temperatura de inflamación será cuando la sustancias parafínicas desprenda vapores y se enciendan en forma rápida. Por otro lado el punto de ignición o combustión es cuando se producen vapores suficientemente capaces de mantener encendida la muestra durante 5 segundos como mínimo.



Figura 3.31 “Vaso de Precipitación”



Figura 3.32 “Mechero Bunsen”



Figura 3.33 “Grasa en proceso de calentamiento”

ANALISIS DE LAS GRASAS

Las grasas fueron calentadas hasta una temperatura máxima de 200°C, a partir de los 130° se procedió a pasar una flama por el vaso de precipitación cada 20 segundos, queriendo obtener el punto de inflamación. Ninguno de las grasas presentaron desprendimiento de combustibles volátiles durante todo el proceso.

Conclusiones:

Las grasas con las cuales se procedieron a realizar los experimentos, no se pudieron determinar su punto de inflamación o combustión, se los calentó hasta los 200°C, pero por motivos de seguridad no se exigió el aumento de temperatura a dichas grasas.

3.6 PRUEBA DE VISCOSIDAD EN LOS ACEITES:

Tema: Prueba de viscosidad en los aceites

Introducción:

La propiedad de un fluido es que tiende a oponerse a su flujo cuando se le aplica una fuerza es por eso que los fluidos de alta viscosidad presentan una cierta resistencia a fluir; mientras que los fluidos de baja viscosidad fluyen con facilidad. La viscosidad de un fluido disminuye con la reducción de densidad que tiene lugar al aumentar la temperatura. En un fluido menos denso hay menos moléculas por unidad de volumen que puedan transferir impulso desde la capa en movimiento hasta la capa estacionaria. Esto, a su vez, afecta a la velocidad de las distintas capas. El momento se transfiere con más dificultad entre las capas, y la viscosidad

disminuye. En algunos líquidos, el aumento de la velocidad molecular compensa la reducción de la densidad.

Objetivo General:

Determinar el tiempo que un aceite se demora en recorrer una distancia de 26,5 cm cuando la temperatura de esta varía entre 5°C y 100°.

Objetivos Específicos:

a) Determinar si la viscosidad de un fluido disminuye al aumentar su temperatura.

Materiales e instrumentos:

- k) Vaso de Precipitación de 250 ml
- l) Aceites
- m) Mechero
- n) Cilindro de gas
- o) Fósforos
- p) Termómetro

Metodología:

Usando un vaso de precipitación de 250 [ml], se colocó los aceites a ser estudiadas con el fin de identificar si su viscosidad varia con la presencia las temperaturas entre 5°C y 100°C.

Para efectuar esta determinación, se coloca una muestra de aceite en un vaso de precipitación y se calienta lentamente hasta que esta alcance una temperatura de 50°C y 100°C en donde procedemos a ubicar 1 ml de aceite sobre la bandeja

posicionada a 45° y tomamos el tiempo en el que el aceite se demora en desplazarse en una distancia de 26,5 cm. De la misma manera procedemos a tomar el tiempo a temperatura ambiente (17°C) y 5°C enfriando el fluido.



Figura 3.34 “Aceite en proceso de aumento de temperatura”



Figura 3.24 “Mechero Bunsen”



Figura 3.25 “Aceite 5°C”



Figura 3.37 “Aceite en pendiente de 45°”

ANALISIS DEL ACEITE

Todos los aceites, monógrados y multigrados, al aumentar o disminuir de temperatura varía su viscosidad ya que esta disminuye con la reducción de densidad que tiene lugar al aumentar la temperatura. En las siguientes tablas podemos apreciar el tiempo en el que cada aceite se demoró al variar la temperatura de composición del mismo.

1.- Temperaturas entre 5°C y 17°C

MUESTRAS DE ACEITE					
TIPO	Tiempo (s)	Temperatura	Tiempo (s)	Temperatura	Distancia (cm)
ACEITE 20W 50	186	17°C	205	4°C	26,5
MERCON DEXRON III	20	17°C	37	4°C	26,5
ACEITE SAE 40	63	17°C	103	4°C	26,5
ACEITE 75 W 85	97	17°C	115	4°C	26,5
ACEITE SAE 90	135	17°C	150	4°C	26,5

2.- Temperaturas entre 50°C y 100°C

MUESTRAS DE ACEITE					
TIPO	Tiempo (s)	Temperatura	Tiempo (s)	Temperatura	Distancia (cm)
ACEITE 20W 50	113	50°C	90	100°C	26,5
MERCON DEXRON III	24,4	50°C	20,2	100°C	26,5
ACEITE SAE 40	78	50°C	60	100°C	26,5
ACEITE 75 W 85	65	50°C	53	100°C	26,5
ACEITE SAE 90	130	50°C	110	100°C	26,5

Conclusiones:

Los Aceites dependiendo la temperatura a la cual son expuestos presentan un comportamiento diferente en su viscosidad y densidad, esto lo pudimos observar ya que al variar la temperatura el fluido se comportó de diferentes maneras. Medimos la viscosidad según el tiempo que tardó una cantidad determinada de aceite en fluir sobre una base a diferentes temperaturas en donde pudimos observar que cuando más tarda en recorrer el fluido, mayor es la viscosidad, y por consiguiente mayor es el código SAE.

GUIA DE EXPERIMENTOS

VISCOSIDAD EN EL ACEITE

Tema: prueba de Viscosidad en los Aceites

Introducción:

La viscosidad es la propiedad más importante de los fluidos, por lo que esta requiere mayor consideración en su estudio cuando a flujo de fluidos nos referimos. Esta es la resistencia que ejercen los fluidos al ser deformado cuando este se aplica un mínimo de esfuerzo cortante, y la viscosidad de la misma depende de su temperatura por lo que en el presente estudio podemos apreciar que los líquidos a mayor temperatura menor viscosidad presentan.

Los líquidos y los gases corresponden a dos tipos diferentes de fluidos. Los primeros tienen un volumen constante que no puede alterarse apreciablemente si son sometidos compresión, por ende se dice que son fluidos incompresibles. Los segundos no tienen un volumen propio, sino que ocupan el del recipiente que los contiene; son fluidos compresibles porque, a diferencia de los líquidos, sí pueden ser comprimidos.

Existen diferentes formas de expresar la viscosidad de un fluido, pero las más importantes son las siguientes: viscosidad absoluta o dinámica, cinemática, Saybol y Redwoor.

Para el presente estudio realizaremos las pruebas de viscosidad a temperatura ambiente, utilizando la ley Stokes. Se quiere determinar la viscosidad absoluta de

cinco aceites, el SAE 20W50, API40, SAE 75W85, SAE 90 y Mercon Dexron III. Esto se logrará utilizando 3 probetas marcadas con un intervalo de 12.4 cm c/u y se tomará el tiempo que tarda una esfera de acero (ruliman) en recorrer cada intervalo. Luego se usaran estos resultados para determinar el a viscosidad experimental de los aceites usados en la práctica y compararlos con las viscosidades proporcionadas por el fabricante.

Objetivo General:

Calcular la viscosidad absoluta de diversos fluidos de manera experimental y comparar los valores obtenidos con los suministrados por los fabricantes.

Objetivos Específicos:

- a) Determinar la viscosidad absoluta de 5 aceites multigrados mediante la relación que existe entre el tiempo empleado por una esfera en recorrer una cierta distancia al ser introducida en el fluido (Método de Stokes).
- b) Comparar valores experimentales de viscosidad, con los aportados por el fabricante para evaluar el error porcentual.
- c) Descripción breve y concisa de los diferentes tipos de Viscosímetros.

Materiales e instrumentos:

- f) Probeta de 100 ml
- g) Cronómetro.
- h) Aceites
- i) Ruliman

j) Imán

Metodología:

- Usando una probeta de 25 [cm] de largo, colocar los líquidos y hacer una marca en cada extremo, con el fin de tomar el tiempo que demora en caer el ruliman entre estas dos marcas, para calcular así, la velocidad límite.
- Una vez tomado el tiempo y el recorrido (distancia entre marca), calcular la velocidad límite.
- Calcular el diámetro del ruliman y las densidades respectivas (la del ruliman y la del líquido en estudio).

Nota: La temperatura se toma constante, a la temperatura ambiental (16°C).

Tabla de Resultados tiempo de recorrido en Aceite 20w50

ACEITE 20 W 50 (= 1 [gm/cm³])	
N°	Ruliman 1 (D= __ [mm])
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
Promedio	

Tabla de Resultados tiempo de recorrido en Aceite MerconDexron III

ACEITE Mercon Dexron III (= 1 [g/cm³])	
N°	Ruliman 1 (D= __ [mm])
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
Promedio	

Tabla de Resultados tiempo de recorrido en Aceite SAE 40

ACEITE SAE 40 (= 1 [g/cm³])	
N°	Ruliman 1 (D= __ [mm])
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
Promedio	

Tabla de Resultados tiempo de recorrido en Aceite 75w85

ACEITE 75 W 85 (= 1 [g/cm³])	
N°	Ruliman 1 (D= __ [mm])
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
Promedio	

Tabla de Resultados tiempo de recorrido en Aceite SAE 90

SAE 90 (= 1 [g/cm³])	
N°	Ruliman 1 (D= __ [mm])
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
Promedio	

Adicionalmente en la práctica debemos tomar la distancia recorrida por el rulimán.

RECORRIDO DEL RULIMAN [m] EN ACEITE= _____

ANALISIS DEL ACEITE

Debemos tomar el tiempo de la caída del ruliman entre marcas con un cronómetro.

Para obtener un único valor de los tiempos, velocidad y viscosidad, se debe tomar el promedio y considerar un valor como error determinado con la desviación estándar de las muestras.

Tabla de Cuadro de Valores

Densidad del líquido	Densidad del sólido (bola)	Aceleración de gravedad
[Kgm/m ³]	[Kgm/m ³]	[m/s ²]

RESULTADOS DEL ANALISIS DEL ACEITE

Tabla de Resultados de Viscosidad en Aceite 20w50

ACEITE 20W 50					
N°	Diámetro [m]	Tiempo [s]	Recorrido [m]	Velocidad límite [m/s]	VISCOSIDAD [Kgm/(m*s)]
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Promedio					

Tabla de Resultados de Viscosidad en Aceite MerconDexron III

MERCON DEXRON III					
N°	Diámetro [m]	Tiempo [s]	Recorrido [m]	Velocidad límite [m/s]	VISCOSIDAD [Kgm/(m*s)]
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Promedio					

Tabla de Resultados de Viscosidad en Aceite SAE 40

ACEITE SAE 40					
N°	Diámetro [m]	Tiempo [s]	Recorrido [m]	Velocidad límite [m/s]	VISCOSIDAD [Kgm/(m*s)]
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Promedio					

Tabla de Resultados de Viscosidad en Aceite 75w85

ACEITE 75 W 85					
N°	Diámetro [m]	Tiempo [s]	Recorrido [m]	Velocidad límite [m/s]	VISCOSIDAD [Kgm/(m*s)]
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Promedio					

Tabla de Resultados de Viscosidad en Aceite SAE 90

SAE 90					
N°	Diámetro [m]	Tiempo [s]	Recorrido [m]	Velocidad límite [m/s]	VISCOSIDAD [Kgm/(m*s)]
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Promedio					

Conclusiones:

[illegible]

DENSIDAD EN EL ACEITE:

Tema: Prueba de densidad en los aceites

Introducción:

La densidad puede ser de dos tipos: absoluta y relativa. La densidad absoluta (ρ) se define como la relación de la masa y el volumen. Es muy importante resaltar que la masa y el volumen son propiedades extensivas pero que la densidad es una propiedad intensiva, es decir que es independiente de la cantidad de masa, es un valor constante. $\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$

La densidad de sólidos y líquidos es comúnmente expresada en unidades de gramos por centímetro cúbico (g/cm^3) o gramos por mililitro (g/mL). La masa de las muestras no cambia si su temperatura aumenta o disminuye. Sin embargo, los volúmenes tanto de los sólidos como de los líquidos aumentan ligeramente si su temperatura aumenta.

La densidad relativa es la relación entre la masa de una sustancia y la masa de un volumen igual de agua (las medidas a la misma temperatura). Es decir la densidad relativa compara la densidad (la densidad absoluta) con la de un patrón.

Objetivos del experimento:

- a) Aprender a determinar la densidad de cuerpos sólidos y líquidos.
- b) Aprender a distinguir las propiedades físicas de las propiedades químicas.

c) Aprender a determinar los métodos para hallar volúmenes.

Materiales e instrumentos:

- Probeta de 250 ml
- Vaso de precipitación de 300 mL
- Termómetro de Laboratorio
- Fluidos a ser analizados
- Balanza Analítica

Metodología:

Primero pesamos los materiales que íbamos a utilizar en el experimento, el material que utilizamos para eso fue la balanza analítica y los materiales que pesamos y utilizamos fueron los aceites SAE 20W50, API 40, SAE 75W85, SAE 90 y Mercon Dexron III.

Paso 1: Determinar la densidad del aceite:

MUESTRAS DE ACEITE			
TIPO	DENSIDAD (g/ml)	VOLUMEN (ml)	PESO PROBETA (gr)

Conclusiones:

PUNTO DE INFLAMACIÓN Y COMBUSTIÓN:

Tema: Prueba de punto de Inflamación

Introducción:

La rotura del aceite causada por descargas eléctricas o por exposición prolongada a muy altas temperaturas puede producir cantidades suficientes de hidrocarburos de bajo peso molecular para reducir el punto de inflamación del aceite. Un bajo punto de inflamación puede indicar la presencia de productos combustibles volátiles en el aceite. Esto puede deberse a contaminación con un disolvente.

Si un aceite tiene puntos de inflamación y de ignición altos, es el mejor indicador de que este no contiene soluciones volátiles, esto puede descubrirse fácilmente, mediante la prueba de los puntos de inflamación e ignición. El punto de inflamación de un aceite es la temperatura más baja, a la cual el vapor de aceite existente sobre la superficie se inflama al ser expuesto a una flama, pero se apaga inmediatamente, esta temperatura no es lo suficientemente alta para mantener al aceite ardiendo.

El punto de ignición es la temperatura a la cual un aceite arde y continúa quemándose, cuando menos durante 5 segundos, al ser expuesto a una flama. Estos puntos se determinan utilizando un vaso de precipitación. En este se coloca la muestra de aceite y se calienta, mientras una pequeña flama de gas se hace pasar periódicamente sobre la superficie del aceite. Dentro del aceite hay un termómetro. La temperatura a la cual se inflama el vapor, pero se extingue inmediatamente, es el punto de inflamación. De

igual manera una vez que le aceite se enciende y se mantiene encendido, se determina la temperatura a la cual sucede dicha acción.

Objetivo General:

Determinar la calidad del aceite, sus aditivos, para conocer las temperaturas a las que se presenta el Punto de Inflamación y Combustión.

Objetivos Específicos:

- a) Determinar el punto de inflamación y combustión de 5 aceites multigrados.
- b) Mediante este cálculo verificar la relación del punto de inflamación con el calor.

Materiales e instrumentos:

- q) Vaso de Precipitación de 250 ml
- r) Aceites
- s) Mechero
- t) Cilindro de gas
- u) Fósforos

Metodología:

Utilizando un vaso de precipitación de 250 [ml], colocar los líquidos a ser estudiados con el fin de identificar la presencia las temperaturas a las cuales estos se encienden.

Para efectuar esta determinación, se coloca una muestra de aceite en un vaso de precipitación y se calienta lentamente pasando una pequeña flama

por la superficie de la muestra. La temperatura de inflamación será cuando el aceite desprenda vapores y se enciendan en forma rápida. Por otro lado el punto de ignición o combustión es cuando se producen vapores suficientemente capaces de mantener encendida la muestra durante 5 segundos como mínimo.

FOTOGRAFÍAS:

ANALISIS DEL ACEITE

Conclusiones:

PUNTO DE GOTA:

Tema: Prueba de Punto de Gota en las Grasas

Introducción:

Se define a la grasa lubricante como una dispersión semilíquida a sólida de un agente espesante en un líquido (aceite base). Consiste en una mezcla de aceite mineral o sintético (85-90%) y un espesante. Al menos en el 90% de las grasas, el espesante es un jabón metálico, formado cuando un metal hidróxido reacciona con un ácido graso.

Cuando la grasa tiene que contener propiedades especiales, se incluyen otros constituyentes que actúen como inhibidores de la oxidación y mejoren la resistencia de la película ya que la propiedad más importante que debe tener la grasa es la de ser capaz de formar una película lubricante lo suficientemente resistente como para separar las superficies metálicas y evitar el contacto.

La grasa es un producto que va desde sólido a semilíquido y es producto de la dispersión de un agente espesador y un líquido lubricante que dan las propiedades básicas de la grasa, generalmente las grasas son aceites que contienen jabones como agentes que le dan cuerpo, el tipo de jabón depende de las necesidades que se tengan y de las propiedades que debe tener el producto.

Objetivo General:

Determinar la temperatura máxima a la cual las grasas pierden sus propiedades de lubricación y protección de componentes.

Objetivos Específicos:

b) Determinar el punto de inflamación de las grasas multigradas.

Materiales e instrumentos:

- f) Vaso de Precipitación de 250 ml
- g) Grasas
- h) Mechero
- i) Cilindro de gas
- j) Fósforos

Metodología:

Sumergir dentro del vaso de precipitación un tubo de vidrio especial, similar a un tubo de ensayo, dentro del cual se coloca una pequeña muestra de grasa y tiene un pequeño orificio en la parte inferior. En contacto con la muestra se coloca un termómetro (para medir la temperatura de la grasa), y otro en el baño de aceite para determinar la temperatura de este.

Una resistencia eléctrica o un mechero calienta el aceite siliconado hasta que del dispositivo que contiene a la grasa cae la primer gota de aceite que se separa de la grasa por efecto de la temperatura. En ese momento se registra la temperatura de la grasa con el termómetro y esta se denomina temperatura del

punto de goteo, propiedad particular de cada grasa. Este punto es la temperatura máxima a la que puede operar una grasa antes de que el aceite se separe del jabón.

FOTOGRAFÍAS:

ANALISIS DE LAS GRASA

Conclusiones:

PUNTO DE INFLAMACIÓN Y COMBUSTIÓN EN LAS GRASAS:

Tema: Prueba de punto de Inflamación

Introducción:

El punto de inflamación es la temperatura a la cual surge una llamarada repentina sobre la superficie del aceite o grasa cuando se aproxima allí una llama o se hace saltar una chispa. Esa llama se apaga inmediatamente después. Si se mantuviera, ya no estaríamos refiriéndonos al punto de inflamación, sino al de combustión. El punto de inflamación no representa la temperatura a la cual arde por completo el aceite o grasa hasta consumirse totalmente, sino que proporciona una interesante información sobre la volatilidad de esos aceites y grasas, lo que permite aventurar un pronóstico muy certero sobre el consumo que va a registrarse después de un determinado lubricante durante su trabajo en un motor. Cuanto más alto sea el punto de inflamación, tanto mejor entenderemos que es la calidad de ese aceite y menores serán su volatilidad y su consumo. Por lo general, la mayoría de los lubricantes comerciales tienen un punto de inflamación bastante elevado, superior a los 200°C normalmente, lo que significa, además, que los aceites y grasas son sustancias que pueden manejarse sin necesidad de tener que extremar las precauciones, al revés de lo que sucede con los combustibles.

El punto de combustión suelen tenerlo situado a unos 30 ó 35°C por encima del de inflamación. El punto de combustión representa la temperatura a la que la llama se mantiene viva durante 5 segundos al menos.

Objetivo General:

Determinar la calidad de la grasa, sus aditivos, para conocer las temperaturas a las que se presenta el Punto de Inflamación y Combustión.

Objetivos Específicos:

- a) Determinar el punto de inflamación y combustión de 3 grasas multipropósito.
- b) Mediante este cálculo verificar la relación del punto de inflamación con el calor.

Materiales e instrumentos:

- v) Vaso de Precipitación de 250 ml
- w) Grasas
- x) Mechero
- y) Cilindro de gas
- z) Fósforos

Metodología:

Usando un vaso de precipitación de 250 [ml], colocar las grasas a ser estudiadas con el fin de identificar la presencia las temperaturas a las cuales estas se encienden.

Para efectuar esta determinación, se coloca una muestra de grasa en un vaso de precipitación y se calienta lentamente pasando una pequeña flama por la superficie de la muestra. La temperatura de inflamación será cuando la sustancias parafínicas desprenda vapores y se enciendan en forma rápida. Por otro lado el

punto de ignición o combustión es cuando se producen vapores suficientemente capaces de mantener encendida la muestra durante 5 segundos como mínimo.

FOTOGRAFÍAS:

ANALISIS DEL ACEITE

Conclusiones:

PRUEBA DE VISCOSIDAD EN LOS ACEITES:

Tema: Prueba de viscosidad en los aceites

Introducción:

La propiedad de un fluido es que tiende a oponerse a su flujo cuando se le aplica una fuerza es por eso que los fluidos de alta viscosidad presentan una cierta resistencia a fluir; mientras que los fluidos de baja viscosidad fluyen con facilidad. La viscosidad de un fluido disminuye con la reducción de densidad que tiene lugar al aumentar la temperatura. En un fluido menos denso hay menos moléculas por unidad de volumen que puedan transferir impulso desde la capa en movimiento hasta la capa estacionaria. Esto, a su vez, afecta a la velocidad de las distintas capas. El momento se transfiere con más dificultad entre las capas, y la viscosidad disminuye. En algunos líquidos, el aumento de la velocidad molecular compensa la reducción de la densidad.

Objetivo General:

Determinar el tiempo que un aceite se demora en recorrer una distancia de 26,5 cm cuando la temperatura de esta varía entre 5°C y 100°.

Objetivos Específicos:

a) Determinar si la viscosidad de un fluido disminuye al aumentar su temperatura.

Materiales e instrumentos:

- a) Vaso de Precipitación de 250 ml
- b) Aceites

- c) Mechero
- d) Cilindro de gas
- e) Fósforos
- f) Termómetro

Metodología:

Usando un vaso de precipitación de 250 [ml], se colocan los aceites a ser estudiadas con el fin de identificar si su viscosidad varía con la presencia de las temperaturas entre 5°C y 100°C.

Para efectuar esta determinación, se coloca una muestra de aceite en un vaso de precipitación y se calienta lentamente hasta que esta alcance una temperatura de 50°C y 100°C en donde procedemos a ubicar 1 ml de aceite sobre la bandeja posicionada a 45° y tomamos el tiempo en el que el aceite se demora en desplazarse en una distancia de 26,5 cm. De la misma manera procedemos a tomar el tiempo a temperatura ambiente (17°C) y 5°C enfriando el fluido.

FOTOGRAFÍAS:

ANALISIS DEL ACEITE

1.- Temperaturas entre 5°C, 17°C, 50°C y 100°C

MUESTRAS DE ACEITE					
TIPO	Tiempo (s)	Temperatura	Tiempo (s)	Temperatura	Distancia (cm)
ACEITE 20W 50					
MERCON DEXRON III					
ACEITE SAE 40					
ACEITE 75 W 85					
ACEITE SAE 90					

Conclusiones:

CAPITULO IV

IMPLEMENTACION DEL LABORATORIO PORTATIL

4.1 INTRODUCCIÓN:

Este capítulo se enfoca en la implementación del laboratorio portátil el cual es el objetivo principal de este proyecto de tesis. Este laboratorio a más de ser nuestro trabajo para la obtención de nuestro título profesional brindara, un conocimiento práctico de las diferentes propiedades de los aceites lubricantes. El laboratorio consta en sí de todos los elementos que necesitan los alumnos para realizar las diferentes prácticas y ensayos que se relataron en el capítulo anterior. A continuación se explicara en detalle las características de los elementos que se encuentran dentro de los portafolios que serán el laboratorio portátil.

4.2 PROBETA GRADUADA:

Este instrumento de laboratorio que se utiliza más en los análisis químicos, sirve para contener o medir volúmenes de cualquier líquido de una forma aproximada. Es un recipiente cilíndrico de vidrio con una base ancha. En la parte superior posee un pico para verter el líquido que contiene con mayor facilidad.

Las probetas son graduadas, llevan grabada en el cilindro una escala para medir el volumen del líquido y en este caso determinar de dónde a donde va a recorrer el rulumán en las prácticas. El volumen no se mide con mucha exactitud en una probeta, para este tipo de trabajo se utiliza una pipeta.



Figura 4.1 “Probeta Graduada”

4.3 PIPETA VOLUMETRICA

Este instrumento se utiliza para medir o transvasar pequeñas cantidades de líquidos. Es un tubo de vidrio abierto por sus dos extremos y más ancho en su parte central. El extremo inferior en forma de punta se introduce en el líquido, por lo tanto al succionar por su extremo superior el líquido asciende por la pipeta.

Los tipos de pipeta que se utilizan con más frecuencia en los laboratorios son la pipeta de Mohr o graduada y la pipeta de vertido. En la primera se pueden medir distintos volúmenes de líquido, ya que lleva una escala graduada. La pipeta de vertido posee un único enrase circular en su parte superior, por lo que sólo puede medir un volumen.

La capacidad de una pipeta oscila entre menos de 1 ml y 100 ml.



Figura 4.2 “Pipeta volumétrica”

4.4 TRÍPODE:

Este instrumento se utiliza para calentar distintos recipientes; sobre el trípode se coloca una malla metálica para que la llama no dé directamente sobre el recipiente y se difunda de mejor manera el calor. Este trípode se puede hacer de manera artesanal.



Figura 4.3 “Trípode”

4.5 MECHERO BUNSEN:

Mechero Bunsen, este dispositivo se utiliza mucho en los laboratorios debido a que proporciona una llama caliente, constante y sin humo. Su nombre se debe al químico alemán Robert Wilhelm Bunsen, que adaptó el concepto de William Faraday del quemador de gas en 1855 y patentó su uso. El quemador es un tubo de metal corto y vertical que se conecta a una fuente o cilindro de gas y tiene una perforación en la parte inferior para que entre aire. La cantidad de aire se controla mediante un anillo situado en la parte superior del tubo. Cuando su temperatura es más alta, la llama tiene un cono azul en el centro y puede alcanzar los 1.500 °C.

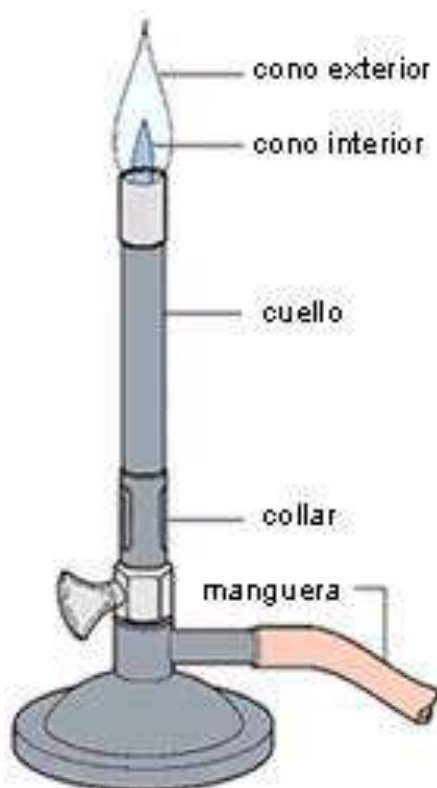


Figura 4.4 Mechero Bunsen

4.6 MALLA BESTUR:

La malla bestur es material de laboratorio de metal que puede estar o no, cubierto con un círculo de asbesto; se usa para proteger el fuego directo el material de vidrio que va a sufrir calentamiento. Se suelen colocar encima del mechero, apoyadas en un aro sujeto al soporte. Sobre ellas se coloca el matraz o recipiente que queremos calentar, evitando así que la llama irradie directamente calor sobre ella.

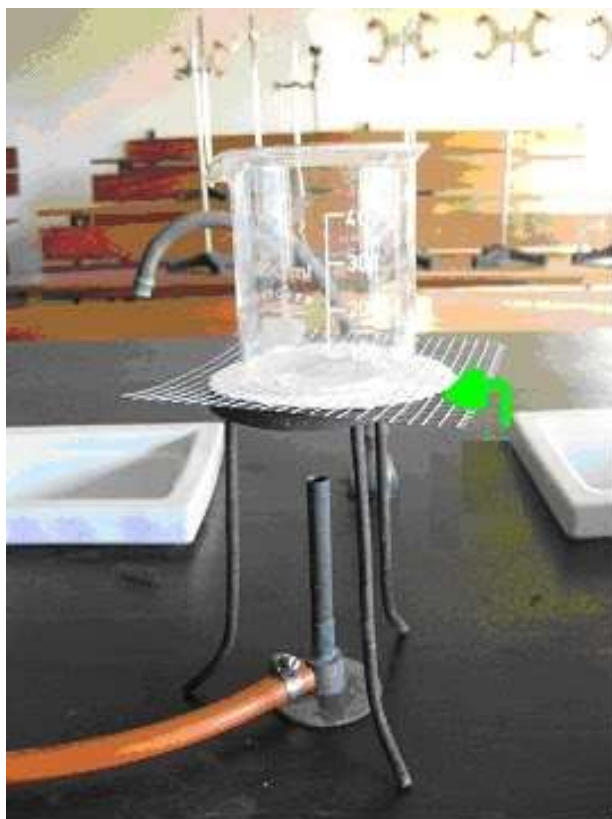


Figura 4.5 Malla Buster

4.7 BALANZA:

Es un instrumento utilizado para medir las masas de los cuerpos. Cuando la balanza es exacta, la masa de los cuerpos se puede determinar por simple pesada. Las balanzas de precisión se colocan dentro de cajas de cristal para protegerlas del polvo y evitar pesadas incorrectas por corrientes de aire.

Es posible apreciar hasta 10^{-6} g. Actualmente son muy utilizadas las balanzas electrónicas.



Figura 4.7 Balanza

4.8 VASOS DE PRECIPITADO:

Este instrumento tiene un campo de aplicación muy extenso: se usan para preparar, disolver o calentar sustancias. Junto con el matraz, la probeta y los tubos de ensayo constituyen lo que se llama en el laboratorio “Material de vidrio de uso general”.

Se fabrican en vidrio ordinario y en “PIREX”, y de distintos tamaños. Son cilíndricos y en la boca llevan un pequeño pico para facilitar el vertido de las sustancias cuando se transvasan.

Puede ir graduados, si bien su exactitud es menor que la de un matraz aforado o una probeta.



Figura 4.7 Vasos de Precipitados

CONCLUSIONES

1. Se cumplió con el objetivo de implantar un laboratorio portátil con todos los instrumentos para la realización de los diferentes ensayos propuestos, además se alcanzó satisfactoriamente las metas para este proyecto.
2. Se pudo comprobar en cada práctica el comportamiento de los aceites obteniendo de esta manera cuadros y resultados que nos ayudan a escoger y decidir el tipo de aceite, en qué condiciones y el lugar donde utilizarlo.
3. Se demuestra que es justificable la implantación del laboratorio portátil, por la importancia de los diferentes datos que se pueden obtener en cada una de las prácticas aparte del gran aporte teórico que se puede dar a los estudiantes que apliquen o estudien a profundidad este tema.
4. Los ensayos no destructivos nos brindan información importante acerca de las principales propiedades de los aceites pero se necesitan hacer ensayos destructivos para comprender en su totalidad el porqué de los fenómenos que cada uno de estos presenta a diferentes condiciones de trabajo.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda crear una base de datos que almacene de forma ordenada los resultados que se obtienen de cada experimento, para que de esta manera podamos tener siempre a mano una fuente de información fiable al momento de elegir un aceite para uso en un automotor o datos base como referencia para hacer ensayos con otros aceites.
2. Es necesario realizar las prácticas en un lugar despejado y tomar en cuenta todos los aspectos relacionados con la protección personal y seguridad en el laboratorio para evitar cualquier accidente ya que se trabaja con aceites a altas temperaturas.
3. Se debe fijar un calendario para el estudio de los aceites con el laboratorio portátil para realizar un estudio teórico-práctico de la materia. De esta manera se garantiza un conocimiento general de los aceites lubricantes y sus propiedades.

BIBLIOGRAFÍA

1. Batchlor, Andrew W. y Stachowiak, W. Engineering Tribology. Butterworth Heinemann, Estados Unidos. 2001
2. Franzinei, Joseph B. y Finnemore E. John, Mecánica de Fluidos con Aplicaciones en Ingeniería. McGraw Hill, España. 1999
3. Galo, Carmen María Tecnología Didáctica. Editorial Piedra Santa, Guatemala. 2000
4. Hamrock B.J. Fundamentals of Fluid Film Lubrication. McGraw Hill, Estados Unidos. 1994
5. MARKS, Manual del Ingeniero Mecánico, Tomo 1, Editorial Mc Graw-Hill, 9na. Edición en inglés, 3ra edición en español, 1987.
6. Martínez, Francisco La Tribología: Ciencia y técnica para el mantenimiento. Editorial Limusa. México. 2002
7. Parker S.P. Fluid Mechanics Source Book. McGraw Hill, Estados Unidos. 1988.
8. Schimid, Steven R. y Kalpakjian, Serope Manufactura, Ingeniería y Tecnología. Pearson Education, Estados Unidos. 2002

Sitios de Internet

Tema: Lubricante.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Lubricante>

<http://www.monografias.com/trabajos10/lubri/lubri.shtml>

<http://www.ejeadigital.com/motor/articulo.php?id=52>

http://www.quiminet.com/ar6/ar_advcaAsszgt-definiciones-de-aceites-lubricantes-automotrices.htm

<http://www.starbacks.ca/mecanicoweb/17e.htm>

Tema: Aceites Lubricantes

<http://www.monografias.com/trabajos15/aceites/aceites.shtml>

http://www.quiminet.com/ar1/ar_armarmvcd-que-son-los-aceites-lubricantes.htm

<http://members.fortunecity.es/100pies/Lubricantes/lubricantes2.htm>

<http://www.sabelotodo.org/fluidos/lubricantes.html>

Tema: Grasas

<http://www.monografias.com/trabajos16/grasas-lubricantes/grasas-lubricantes.shtml>

<http://members.fortunecity.es/100pies/Lubricantes/grasas.htm>

<http://www.monografias.com/trabajos10/gralu/gralu.shtml>

<http://es.scribd.com/doc/6615453/SKF-Lubricantes>

Tema: Tribología

<http://es.scribd.com/doc/6615453/SKF-Lubricantes>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Tribolog%C3%ADa>

<http://es.scribd.com/doc/13318734/TRIBOLOGIA-Y-LUBRICACION>

<http://www.roadhouse.es/manual/cap2.PDF>

<http://profefelipe.mex.tl/imagesnew/4/6/9/5/1/TRIBOLOGIA.pdf>

<http://confiabilidad.net/articulos/la-tribologia-su-importancia-en-el-desarrollo-industrial-de-bolivia/>

Tema: Ensayos

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/viscosidad/viscosidad.html>

<http://www.monografias.com/trabajos33/viscosidad/viscosidad.shtml>

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/estatica/aerometro/aerometro.htm>

<http://confiabilidad.net/articulos/las-mejores-practicas-de-lubricacion/>

<http://www.ilustrados.com/tema/3322/Dispositivos-para-medir-caudal-velocidad-fluidos.html>

<http://www.starbacks.ca/mecanicoweb/17e.htm>

http://es.wikipedia.org/wiki/Fluido_oleohidr%C3%A1ulico

<http://www.ejeadigital.com/motor/articulo.php?id=52>

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/tension/tate/tate.htm>