



Análisis conclusiones y recomendaciones para determinar los tipos de aceite a emplear en el mantenimiento del armamento del Ejército

**Wilson Sarmiento Q.**

**Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"**  
Bogotá D.C., Colombia

1979

FUERZAS MILITARES DE COLOMBIA

EJERCITO NACIONAL

ESCUELA DE APOYO DE SERVICIOS PARA EL COMBATE

ANALISIS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA  
DETERMINAR LOS TIPOS DE ACEITE A EMPLEAR EN EL MAN  
TENIMIENTO DEL ARMAMENTO DEL EJERCITO

TENIENTE INGENIERO QUIMICO

WILSON SARMIENTO AYALA

CURSO BASICO DE OFICIALES

DEL CUERPO LOGISTICO CON TITULO

UNIVERSITARIO.

BOGOTA, SEPTIEMBRE DE 1979.

medios el presente trabajo INTRODUCCION un punto de partida para un trabajo serio y extenso que debe realizarse dada las necesidades de conocimiento general que los aceites son una rama muy empleada de la tecnología actual y que ellos son motivo de un estudio constante y serio por las más grandes compañías transformadoras de los crudos del petróleo y ultimamente de industrias especializadas en la producción de productos sintéticos para la protección (química o mecánica) de las piezas o partes expuestas a condiciones adversas o a fuertes exigencias mecánicas. Es por lo tanto, que vista la complejidad del tema y la tecnología y tiempo que implica la escogencia de un aceite que cumpla con las exigencias requeridas para un uso determinada como ocurre en en necesitado para la lubricación y protección de armamento por lo cual el presente estudio realiza unicamente una introducción al estudio de los aceites: Por su origen, composición y propiedades, entrando después a presentar los aceites producidos en Colombia para tal fin y por ultimo se recomienda el montaje de un laboratorio que significaría adelantos tecnológicos y defensa de los intereses y bienes de nuestro ejercito. cumplen cinco

El presente estudio va dirigido esencialmente a los aceites utilizados en el mantenimiento de armamento relacionado con la prevención de la oxidación y corrosión. preocupa al Comandante del ejército que por falta de tiempo e inexistencia de este producto por un mal manejo del mismo.

medios el presente trabajo es solo un punto de partida para un trabajo serio y extenso que debe realizarse dada las necesidades existentes, puestas de manifiesto en esta introducción, para un uso específico cual es el mantenimiento del fusil G3, arma de dotación del ejercito. Que por si solo da da la erogación que representa tanto por el mantenimiento preventivo como por las perdidas que un mal mantenimiento produce. Se

Se transcribe a continuación el oficio dirigido por el señor Brigadier General Intendente de Ejercito a la compañía - Ceurex, firma vendedora de dicho armamento:

situación.

Señores efecto de la visita se recomienda tomar contacto con CEUREX jefe del Servicio Técnico de Armamento Oficina No. 449 Compañía Europea de Exportaciones Ltda. Representante de HECKLER & KOCH-ALEMANA La Ciudad a la presente.

Aparece firmada por: Brigadier General GUILLERMO JARAMILLO

Con ocasión del mantenimiento de IV y V Escalón, que se viene efectuando al material de fusiles G-3 que cumplen cinco (5) años de servicio, se ha podido apreciar un desgaste prematuro, el que se ha hecho más notorio en las armas que se encuentran en climas ardientes, aspecto que preocupa al Comando del Ejército.

gaste producido por un mal mantenimiento.

Entre los casos presentados se cita el del material del Batallón Nueva Granada con sede en Barrancabermeja, en que de 735 fusiles que entraron a mantenimiento hubo necesidad de cambiar 183 cañones.

La intendencia General es consciente de que los contratos ya han caducado, sin embargo se solicita su valiosa colaboración para que en compañía del Jefe del Servicio de Armamento, visite en la Unidad de Depósitos el material que llega de las Unidades, así como el que se encuentra en proceso de mantenimiento en la Fábrica José María Córdoba y emita el concepto que considere sobre las causas de tal situación.

Para efecto de la visita se recomienda tomar contacto con el Jefe del Servicio Técnico de Armamento Oficina No. 449 Edificio CAN Tel. 69-54-79.

Anticipo mis agradecimientos por la atención que se digna prestar a la presente.

Aparece firmada por: Brigadier General GUILLERMO JARAMILLO BERRIO.

Como otro respaldo a este oficio existen los informes de la fábrica general José María Córdoba de la Industria Militar, los cuales arrojan un 7% en el cambio del cañón del fusil, pieza que no se recambia por daños o desperfectos mecánicos sino por oxidación o corrosión acentuada o desgaste producido por un mal mantenimiento.

Anexo se presentan los datos de aceites necesarios para el mantenimiento del fusil G-3 en las diferentes Unidades de Ejército y que por si solas justifican y exigen un estudio detallado para la adquisición de dicho elemento.

Estudio efectuado por el Batallón de Mantenimiento, fusiles G-3

2) Con una accitera se hace aseó a tres Fusiles G-3.

3) Cantidad G-3=49.966 de los cuales muy posiblemente el 50% está en climas cálidos.

4) Aproximadamente hay; 24.983 Fusiles en tierra cálida y

Total, se les hace aseó de armamento dos

(2) veces al día.

24.983 Fusiles en climas fríos y me

dios, que se les hace aseó una (1) vez al día.

5.469 Armas de dotación de otros tipos.

5) Cálculo:

(a)  $30.452 \times 365$  aseos diarios es igual a 11.114.980.

11.114.980 total de aseó, dividido en tres (3) capacidades de la accitera es igual a 3.704.993.

3.704.993 dividido en 252 (número de acciteras por galón) es igual a 14.702 galones.

(b)  $24.983 \times 2$  aseos diarios es igual a 49.966.

$49.966 \times 365$  días es igual a 16.777.390.

Anexo No. 1  
16.777.590 dividido por tres (3) capacidades de la -  
aceitera es igual a 5.592.530.

CALCULO DE CONSUMO ACEITE PRESERVATIVO LIVIANO por un  
galón) es igual a 22.192.

- 1) Un galon de aceite llena 252 aceiteras de los fusiles G-3
- 2) Con una aceitera se hace aseo a tres Fusiles G-3.
- 3) Cantidad G-3=49.966 de los cuales muy posiblemente el 50%  
está en climas cálidos.
- 4) Aproximadamente hay: 24.983 Fusiles en tierra cálida y

Total aceite necesario se les hace aseo de armamento dos galones

NOTA: Por asuntos de a limpieza, dificultad de abastecimiento, se calcula que solamente es necesario  
24.983 Fusiles en climas fríos y me  
dios, que se les hace aseo una (1)  
vez al día.

5.469 Armas de dotación de otros  
tipos.

5) Cálculo:

(a)  $30.452 \times 365$  aseos diarios es igual a 11.114.980.

11.114.980 total de aseo, dividido en tres (3) capa-  
cidades de la aceitera es igual a -  
3.704.993.

3.704.993 dividido en 252 (número de aceiteras por  
galón) es igual a 14.702 galones.

(b)  $24.983 \times 2$  aseos diarios es igual a 45.966.

$45.996 \times 365$  días es igual a 16.777.590.

16.777.590 dividido por tres (3) capacidades de la -  
aceitera es igual a 5.592.530.

5.592.530 dividido en 252 (número de aceiteras por un  
galón) es igual a 22.192.

6) Resultado.

(a) Galones de aceite para el material de un mantenimien-  
to.....14.702

(b) Galones de aceite para el material con dos manteni -  
mientos.....22.192

Total aceite necesario en un año.....36.894galones

NOTA: Por asuntos de almacenamiento, rotación del armamen-  
to, dificultad de abastecimientos en las operaciones, se -  
calcula que solamente es necesario un 20% o sea:

7.378,40 galones de aceite al año.

LOS ASESORES

Los asesores de la empresa se componen de un grupo de personas que, por su experiencia y conocimientos, son capaces de prestar servicios de asesoría a la empresa en materia de administración, finanzas, marketing, recursos humanos, etc. Los asesores pueden ser internos o externos. Los asesores internos son aquellos que forman parte de la estructura organizacional de la empresa, mientras que los asesores externos son aquellos que pertenecen a una firma de consultoría o a un profesional independiente. Los asesores pueden ser contratados para un proyecto específico o para un periodo de tiempo determinado. Los asesores pueden ser contratados para proporcionar servicios de asesoría en materia de administración, finanzas, marketing, recursos humanos, etc. Los asesores pueden ser contratados para proporcionar servicios de asesoría en materia de administración, finanzas, marketing, recursos humanos, etc. Los asesores pueden ser contratados para proporcionar servicios de asesoría en materia de administración, finanzas, marketing, recursos humanos, etc.

" CAPITULO PRIMERO "

Los asesores de la empresa se componen de un grupo de personas que, por su experiencia y conocimientos, son capaces de prestar servicios de asesoría a la empresa en materia de administración, finanzas, marketing, recursos humanos, etc. Los asesores pueden ser internos o externos. Los asesores internos son aquellos que forman parte de la estructura organizacional de la empresa, mientras que los asesores externos son aquellos que pertenecen a una firma de consultoría o a un profesional independiente. Los asesores pueden ser contratados para un proyecto específico o para un periodo de tiempo determinado. Los asesores pueden ser contratados para proporcionar servicios de asesoría en materia de administración, finanzas, marketing, recursos humanos, etc. Los asesores pueden ser contratados para proporcionar servicios de asesoría en materia de administración, finanzas, marketing, recursos humanos, etc. Los asesores pueden ser contratados para proporcionar servicios de asesoría en materia de administración, finanzas, marketing, recursos humanos, etc.

Los asesores de la empresa se componen de un grupo de personas que, por su experiencia y conocimientos, son capaces de prestar servicios de asesoría a la empresa en materia de administración, finanzas, marketing, recursos humanos, etc. Los asesores pueden ser internos o externos. Los asesores internos son aquellos que forman parte de la estructura organizacional de la empresa, mientras que los asesores externos son aquellos que pertenecen a una firma de consultoría o a un profesional independiente. Los asesores pueden ser contratados para un proyecto específico o para un periodo de tiempo determinado. Los asesores pueden ser contratados para proporcionar servicios de asesoría en materia de administración, finanzas, marketing, recursos humanos, etc. Los asesores pueden ser contratados para proporcionar servicios de asesoría en materia de administración, finanzas, marketing, recursos humanos, etc. Los asesores pueden ser contratados para proporcionar servicios de asesoría en materia de administración, finanzas, marketing, recursos humanos, etc.

## LOS ACEITES

Llamase aceites a un grupo de compuestos químicos de baja densidad que por sus propiedades de adherencia, alta viscosidad y por su incompresibilidad, se utilizan en la industria para evitar la oxidación y corrosión, para disminuir el desgaste presentado en piezas, sometidas a esfuerzos y en las industrias productoras de componentes mecánicos y en circuitos en los que el fluido no debe alterarse en su volumen al ser sometidos a altas presiones. Los aceites por su origen se dividen en aceites minerales, aceites vegetales, aceites animales y aceites sintéticos.

### " LOS ACEITES "

**ACEITES MINERALES:** Son hidrocarburos procedentes de la destilación fraccionada del petróleo e igual que los hidrocarburos. Estos se dividen en:

**Aceites Naphténicos** son productos químicos sintéticos que se

**Aceites Olefinicos** son aceites para que se han acilado

**Aceites Parafinicos** se por sus propiedades y se por su capacidad para recibir compuestos agregados convenientes dada su conocida capacidad como solvente.

**ACEITES VEGETALES:** Son extraídos de una gran cantidad de

plantas y podría decirse que existen prácticamente en todas.

## LOS ACEITES

Para su estudio estos aceites han sido divididos en:

Aceites secables (aceite de linaza, tung)

LLamase aceites a un grupo de compuestos químicos de baja

Aceites semi-secables (Aceite de soya)

densidad que por sus propiedades de adherencia, alta vis-

Aceites no secables (Aceite de coco)

cosidad y por su incompresibilidad, se utilizan en la in-

Son los primeros en haber sido utilizados y juegan un papel

transcendental en la alimentación, la industria de las pin-

nuir el desgaste presentado en piezas, sometidas a esfuer-

turas y en las industrias productoras de compuestos sinte-

zicos mecánicos y en circuitos en los que el fluido no debe

alterarse especialmente de productos poliméricos.

alterarse en su volumen al ser sometidos a altas presiones.

Los aceites por su origen se dividen en aceites minerales,

aceites vegetales, aceites animales y aceites sintéticos.

Los aceites vegetales y animales son los provenientes de el reino animal y

aceites vegetales, aceites animales y aceites sintéticos.

Los aceites sintéticos se obtienen por métodos de extracción, so-

lo se utilizan en casos específicos. Dentro de este grupo -

ACEITES MINERALES: Son hidrocarburos procedentes de la des-

tilación fraccionada del petróleo e igual que los hidrocar-

buros. Estos se dividen en:

Aceites Naphténicos: Son productos químicos sintéticos que en

Aceites Olefinicos: Son aceites pero que se han asimilado

Aceites Parafinicos: Son por sus propiedades y no por su ca-

Son estos los más importantes aceites en la industria actual

por sus propiedades, por la pureza con que ellos se pueden

extraer, por su capacidad para recibir compuestos agregados

convenientemente dada su conocida capacidad como solvente. molib-

deno.

ACEITES VEGETALES: Son extraídos de una gran cantidad de

plantas y podría decirse que existen prácticamente en todas. Para su estudio estos aceites han sido divididos en: Aceites extraídos de los tres reinos (Aceite de linaza, tung) y los aceites para su estudio de carácter vegetal. Aceites secables (aceite de linaza, tung) Aceites semi-secables (Aceite de soya) Aceites no secables (Aceite de coco) Son los primeros en haber sido utilizados y juegan un papel transcendental en la alimentación, la industria de las pinturas y en las industrias productoras de compuestos sintéticos especialmente de productos poliméricos.

**EL VEHICULO:** Es el compuesto químico, generalmente solvente que se emplea en los aceites para dar una eficiente capacidad de penetración muy importante en determinados usos. Es el medio de transporte de que se vale el agente protector para llegar al lugar de trabajo. como los más conocidos.

**ACEITES ANIMALES:** Son los provenientes de el reino animal y que se emplea en los aceites para dar una eficiente capacidad de penetración muy importante en determinados usos. Es el medio de transporte de que se vale el agente protector para llegar al lugar de trabajo. como los más conocidos. Generalmente se utilizan solventes de diferente viscosidad

**ACEITES SINTETICOS:** Son productos químicos sintéticos que en su estado inicial no son aceites pero que se han asimilado al grupo de los aceites por sus propiedades y no por su carácter de aceite en si, estas propiedades se alcanzan gracias a los agregados utilizados. Dentro de este grupo debe resaltar se por su gran auge en su empleo y por sus excelentes propiedades antifriccionantes son los aceites de disulfuro de molibdeno.

Dentro de la moderna Tecnología de los aceites debe resaltar-

se que su estudio no se reduce a los aceites Naturales, extraídos de los tres reinos sino que esta se ha ampliado y los aceites para su estudio se clasifican segun: EL VEHICULO: que sirva de transporte al elemento protector. EL ELEMENTO PROTECTOR en si, el cual a su vez lo identifica como tal, ya que es el que lo hace viscoso. LOS AGREGADOS para obtener las propiedades especificas en las cuales se va a utilizar.

EL VEHICULO: Es el compuesto quimico, generalmente solvente que se emplea en los aceites para dar una eficiente capacidad de penetración muy importante en determinados usos. Es en general el medio de transporte de que se vale el agente protector para llegar al lugar de trabajo.

Generalmente se utilizan solventes de diferente viscosidad y volatibilidad con el fin de cumplir eficientemente en cada uso especifico.

Como vehiculos pueden nombrarse solventes tales como tricloroetileno, percloroetileno, barsol, alcoholes. En la mayoria de los aceites de uso industrial el vehiculo del aceite es el mismo agente protector.

Cabe recalcar la importancia del vehiculo en las propiedades de penetrabilidad, dilución de agentes protectores y agregados y volatibilidad.

AGREGADOS PARA SUMINISTRAR ADHERENCIA: Son generalmente com-



puestos poliméricos que suministran al elemento protector que se combina con el, una excelente adherencia sobre el objeto - al cual se aplica.

AGREGADOS ANTIOXIDANTES: Compuestos agregados con el fin de que los aceites no causen manchas en ciertos procesos industriales. AGREGADOS PARA SUMINISTRAR PROTECCION ANTIOXIDANTE Y ANTICORROSIVA: Son generalmente compuestos que no se combinan con el oxígeno y que por el contrario lo repelen lo mismo que el agua, a la cual expulsan evitando que la superficie sea atacada por agentes atmosféricos adversos.

AGREGADOS ANTIESPUMANTES. Son compuestos que suministran al a aceite la propiedad de no combinarse con el oxígeno aun estando en permanente contacto con él, con el fin de que el aceite no pierda la propiedad de incompresibilidad en los sistemas de flujo.

AGREGADOS PARA SUMINISTRAR ESTABILIDAD QUIMICA: Son compuestos químicos que evitan que el aceite expuesto a condiciones químicas de Ionización o desionización, permanezca en estado de potencial químico igual generalmente son sustancias del tipo de los anfóteras.

AGREGADOS COLORANTES: Son compuestos químicos que se agregan con el fin de mejorar la apariencia o servir de guía para de-

terminados casos de los aceites.

**AGREGADOS DECOLORANTES:** Compuestos agregados con el fin de que los aceites no causen manchas en ciertos procesos industriales, tales como la industria Textil.

El presente Capítulo facilita la formación de criterio sobre las propiedades de los aceites a estudiar en el siguiente capítulo.

## " CAPITULO SEGUNDO "

El presente trabajo tiene como objetivo principal el estudio de la corrosión de los metales en condiciones ambientales, así como la influencia de los factores que afectan a este proceso.

La corrosión presenta un gran interés científico y técnico, ya que afecta a la vida de los materiales metálicos en prácticamente todas las industrias. Este fenómeno puede ser considerado como un problema de gran importancia económica y social, debido a las pérdidas que ocasiona en los bienes materiales.

Los temas que se abordan en este trabajo son:

## " CAPITULO SEGUNDO "

1.- DEFINICIONES. Como se sabe, la corrosión es el deterioro de la superficie del metal que resulta de la acción de los agentes ambientales. Este proceso puede ser considerado como un fenómeno electroquímico, ya que implica la oxidación del metal y la reducción de un agente oxidante. La corrosión puede ser generalizada o localizada, dependiendo de las condiciones ambientales y de las características del metal.

## 2.- CORROSION Y TEORIA DE LA CORROSION

### FORMAS DE LA CORROSION

La corrosión presenta diferentes formas desde el ataque uniforme hasta la localizada en pequeños puntos; además puede presentarse acompañada de otras formas de ataque al metal como la erosión y la fatiga, lo cual puede conducir a daños verdaderamente serios.

Las formas más conocidas de la corrosión son:

### " LA CORROSION "

- 1.- ATAQUE UNIFORME. Como su nombre lo indica en esta forma la corrosión del metal es uniforme; la superficie puede o no quedar cubierta con los productos de la misma. Ejemplos de ésta son la corrosión por soluciones ácidas y la oxidación a altas temperaturas; La corrosión del hierro y el acero en atmósferas húmedas parece ser uniforme; sin embargo, al remover el óxido se encuentran en muchos casos puntos en los cuales el ataque ha sido mucho mayor. La evaluación del ataque uniforme se hace generalmente por la pérdida de peso o espesor en un tiempo dado.

2.- "CORROSION EN TEORIA (DE LA CORROSION Ing") Este tipo de corrosión consiste en pequeños agujeros de formas irregulares. Las formas de la corrosión se conectan entre sí; en muchos casos la materia resultante de la corrosión se deposita pre-La corrosión presenta diferentes formas desde el ataque uniforme hasta la localizada en pequeños puntos; además - puede presentarse acompañada de otras formas de ataque al metal como la erosión y la fatiga, lo cual puede conducir a daños verdaderamente serios, así como a heterogeneidad en las aleaciones.

Las formas más conocidas de la corrosión son: las por diferencias de concentración de soluciones o en los contactos.

- 1.- ATAQUE UNIFORME. Como su nombre lo indica en esta forma la corrosión del metal es uniforme; la superficie puede o no quedar cubierta con los productos de la misma. Ejemplos de ésta son la corrosión por soluciones ácidas y la oxidación a altas temperaturas; La corrosión del hierro y el acero en atmósferas húmedas parecen ser uniforme; sin embargo, al remover el óxido se encuentran en muchos casos puntos en los cuales el ataque ha sido mucho mayor. La evaluación del ataque uniforme se hace generalmente por la pérdida de peso o espesor en un tiempo dado.
- 4.- AGRIETAMIENTO. Este efecto no se produce generalmente por la corrosión solamente sino que es el resultado de la combinación de ésta con esfuerzos periódicos o estáticos. En el primer caso se produce el efecto llamado fatiga por

- 2.- **CORROSION EN PEQUEÑOS PUNTOS ("Pitting")** Este tipo de corrosión consiste en pequeños agujeros de forma irregular que a veces se conectan entre sí; en muchos casos la materia resultante de la corrosión se deposita preferiblemente sobre los huecos. Entre las causas de esta forma de corrosión se conocen las siguientes:
- a) Imperfecciones o dislocaciones en los cristales que constituyen el metal.
  - b) Inclusiones de impurezas y heterogeneidad en las aleaciones.
  - c) pequeñas celdas electrolíticas formadas por diferencias de concentración de soluciones o en los contactos de metales diferentes.
- 3.- **ATAQUE SELECTIVO.** Este tipo de corrosión es semejante al anterior pero aparece en áreas mayores; ocurre generalmente en los metales o aleaciones, debido a la falta de homogeneidad de ellos por inclusiones, segregación, presencia de varias fases o imperfecciones de los cristales.
- 4.- **AGRIETAMIENTO.** Este efecto no se produce generalmente por corrosión solamente sino que es el resultado de la combinación de ésta con esfuerzos periódicos o estáticos. En el primer caso se produce el efecto llamado Fatiga por

Algunos tipos de corrosión y en el segundo caso las fallas se denominan:

Agrietamiento por corrosión y esfuerzos.

a) Oxidación seca por oxígeno, carbono o azufre, este ataca

5.- EROSION. La combinación de corrosión y erosión produce severos efectos de desintegración, a menudo en forma localizada.

Algunos óxidos de los metales protegen la superficie

b) del metal sobre el cual se forman y por lo tanto si ella (la capa de óxido) es removida por erosión,

la superficie de metal queda vulnerable a ser de nuevo atacada.

c) La erosión debida a la destrucción de las capas protectoras por contacto con fundentes tales como compuestos de

6.- CORROSION GALVANICA: Se denomina corrosión galvánica -

aquella causada en los ánodos de celdas y la cual ex-

cede a l desgaste normal de ellos; este desgaste se -

debe en muchos casos a diferencias de "nobleza" entre los

metales que forman el ánodo. Acumulo de los productos de

la corrosión, lo cual deja una superficie m's propensa al

ataque.

7.- CORROSION POR ALTAS TEMPERATURAS. Las formas de corro-

sión a altas temperaturas son muy parecidas a las de ba-

ja temperatura ya expuestas; una diferencia mayor es -

sin embargo que en ellas puede suceder difusión de las

fases sólidas y por lo tanto, que la composición en la

superficie de reacción puede ser diferente a la de la

aleación original.

Algunas de las formas producidas por altas temperaturas son: ratura, cambios de estado, activación microbiológica, etc.

- a) Oxidación seca por oxígeno, carbono o azufre, este estado que puede agravarse por formación de gases que causan una fragilidad del metal, se someten a condiciones más críticas (Abrasión, Productos Químicos) la tendencia regresar a
- b) Corrosión por transferencia de masa (solución de ésta en un punto y acumulación en otro), estos mencionados es lo que conocemos con el nombre de Corrosión.

- c) Corrosión debida a la destrucción de las capas protectoras por contacto con fundentes tales como compuestos de plomo o azufre y pentóxido de vanadio.

La corrosión es un proceso mediante el cual los materiales tienden a abandonar su estado metálico para formar compuestos semejantes a aquellos en los cuales se les encuentra en su forma natural. La corrosión a altas temperaturas se agrava generalmente con los cambios de la misma, ya que éstos causan muchas veces el agrietamiento y desprendimiento de los productos de la corrosión, lo cual deja una superficie más propensa al ataque. Esta última forma es la más generalizada.

Corrosión electroquímica es la que se presenta cuando un metal está en contacto con un medio acuoso. Existe entonces una tendencia del metal a disolverse; iones metálicos cargados positivamente pasan al seno de la solución.

Existe recíprocamente una tendencia de los metales para regresar a su estado original. Este proceso es en la mayoría de los casos influencia del agua o del aire principalmente, tivo con respecto a la solución.

activados por otros factores como son variación de temperatura, cambios de estado, activación microbiológica, etc. Ejem. aniones oxidantes que los hacen cambiar nuevamente de su estado libre a su estado combinado. Entre otros casos cuando los metales se someten a condiciones más críticas (Abrasión, Productos Químicos) la tendencia regresar a su forma nativa y más estables, es más marcada. Esta tendencia, activa por la acción de los agentes mencionados es lo que conocemos con el nombre de Corrosión.

#### NATURALEZA ELECTROQUIMICA DE LA OXIDACION

La corrosión es un proceso mediante el cual los materiales tienden a abandonar su estado metálico para formar compuestos semejantes a aquellos en los cuales se les encuentra en su forma natural. La corrosión suele desarrollarse por ataque químico o en forma electroquímica. Esta última forma es la más generalizada. Corrosión electroquímica es la que se presenta cuando un metal está en contacto con un medio acuoso. Existe entonces una tendencia del metal a disolverse; iones metálicos cargados positivamente pasan al seno de la solución. Esto da como resultado una pérdida para la masa metálica de cargas positivas, desarrollándose en ella un potencial negativo con respecto a la solución.

Debido a diversas causas, cuando un metal se sumerge en un medio acuoso, algunas partes en la superficie del metal muestran más tendencia que otras a disolverse. Esto da lugar a

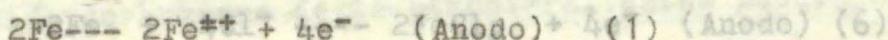
la creación de áreas metálicas con diferente potencial entre ellas, que trabajan como verdaderas pilas galvánicas. Se puede entonces distinguir la existencia de áreas anódicas y áreas catódicas. Las áreas anódicas son aquellas en las que la tendencia del metal a disolverse es más fuerte y por lo tanto desarrollan potenciales eléctricos más negativos.

Estos potenciales se transmiten a otras áreas, los cuales, teniendo menos tendencia a disolverse y habiendo adquirido un potencial negativo invierten el sentido de flujo iónico, recibiendo de la solución cargas positivas, en lugar de perderlas, constituyendo así áreas catódicas. El circuito galvánico queda establecido y mientras la situación no se altere, las áreas catódicas permanecerán intactas, recibiendo iones positivos, mientras que las áreas anódicas perderán tales iones positivos o de metal, consumiéndose paulatinamente. Los componentes fundamentales de un sistema galvánico son: El ánodo (o área anódica) el cátodo, el electrolito en el cual deben estar sumergidos el ánodo y el cátodo y un conductor metálico que conecte eléctricamente el ánodo y el cátodo.

RESUMIENDO: El hierro se oxida en presencia de agua y oxígeno. La reacción es:

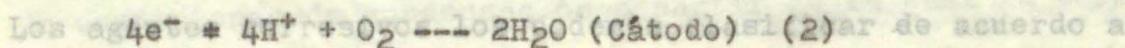
$$2Fe + 1/2 O_2 + H_2O \rightarrow Fe_2O_3 \cdot H_2O \quad (5)$$

REACCIONES de una sal, por ejemplo NaCl la reacción es similar, pero el mecanismo es diferente.



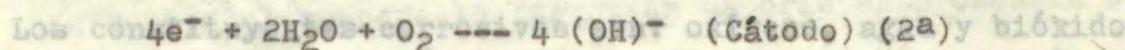
Esta reacción ocurre cuando el hierro es sumergido en agua o cuando la humedad del aire se deposita en el metal.

Los electrones liberados por la solución de hierro, pasan a través del metal a un área catódica y ocurre la siguiente reacción:



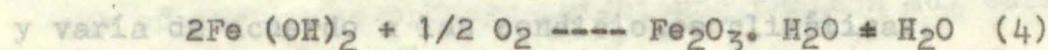
El oxígeno es necesario para esta reacción.

En su ausencia el gas hidrógeno polariza el cátodo y para la reacción. Aunque los iones hidrógenos son consumidos en el cátodo, el efecto es el mismo como iones hidróxilos libres, de esta manera la ecuación (2) puede escribirse también así:



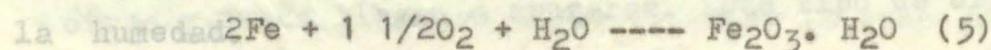
Los iones ferrosos y los hidroxilos se combinan para formar hidróxido ferroso. El contenido de  $\text{Fe}^{++}$  y  $2(\text{OH})^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$  (3) baja en áreas de

El  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  puede ser eventualmente oxidado a óxido férrico hidratado que puede ser reconocido como orín o moho.



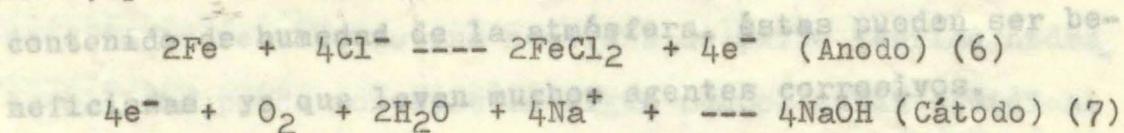
El agua es el constituyente más responsable de la corrosión

RESUMIENDO: El grado de corrosión generalmente aumenta con



Existen niveles de humedad crítica para los metales, así por

En presencia de una sal, por ejemplo NaCl la reacción es similar, pero el mecanismo es diferente.



El grado de humedad y la composición de la atmósfera constituyen dos factores importantes que determinan la magnitud de la corrosión atmosférica.

### AGENTES CORROSIVOS

Existen generalmente una humedad crítica, correspondiente a la temperatura de condensación a partir de la cual la corrosión atmosférica aumenta de modo muy considerable. Cuando mayor sea la contaminación atmosférica, tanto más agresiva será la corrosión.

#### 1. CORROSION ATMOSFERICA

La composición de la atmósfera es prácticamente constante. Los constituyentes corrosivos son: oxígeno, agua y bióxido de carbono. A partir de dichos puntos las manchas de orín se

El contenido de oxígeno es esencialmente constante. El contenido de humedad puede variar desde muy baja en áreas desérticas, hasta muy alta en algunas áreas tropicales.

El bióxido de carbono no está presente en grandes cantidades y varía de acuerdo a las condiciones climáticas.

El agua es el constituyente más responsable de la corrosión atmosférica. El grado de corrosión generalmente aumenta con la humedad.

Existen niveles de humedad crítica para los metales, así por

ejemplo: un 100% para el cobre, 85% para el níquel y un 65% para el hierro. Muchas veces al aumentar las lluvias el contenido de humedad de la atmósfera, éstas pueden ser beneficiosas, ya que lavan muchos agentes corrosivos.

El grado de humedad y la composición de la atmósfera constituyen dos factores importantes que determinan la magnitud de la corrosión atmosférica.

Existen generalmente una humedad crítica, correspondiente a condiciones de condensación a partir de la cual la corrosión atmosférica aumenta de modo muy considerable. Cuando mayor sea la contaminación atmosférica, tanto más agresiva será la película de humedad condensada.

**HIERRO.** Las partículas depositadas sobre la superficie actúan como núcleos para la formación de orín en presencia de humedad. A partir de dichos puntos las manchas de orín se extienden irregularmente hasta establecer contactos unos con otros. Posteriormente la velocidad de formación de nuevo orín permanece aproximadamente constante. A veces el orín no se desarrolla como manchas que se ensanchan, sino que en lugar, se propaga siguiendo caminos muy estrechos. Las trayectorias de las líneas de orín son relativamente rectas, pero cambian de dirección al aproximarse unas a otras y nunca llegan a cruzarse. Este tipo de orín en forma de hilos muy delgados, es conocido con el nombre de co-

rrosión filiforme.

El núcleo salino original absorbe agua y la precipitación de orín lo recubre de una membrana de óxido férrico hidratado. Esta puede romperse en algún punto, quizá debido al incremento de volumen dentro de la membrana, con lo que se produce un nuevo ataque.

**ALUMINIO.** El Aluminio sufre ataque al principio de ser expuesto, pero pronto su velocidad se hace despreciable. Bajo condiciones en las que queda excluido el oxígeno, por ejemplo partículas de polvo y resquicios pueden iniciar focos de intensa corrosión localizada.

**NIQUEL.** El níquel fue primero utilizado como recubrimiento protector del acero, pero adquiere cierto tinte debido a una ligerísima película superficial. Este metal se empaña especialmente al ser expuesto a atmósferas sulfurosas, defecto que si bien puede corregirse al principio frotando con un trapo, exige abrasión después de largo tiempo de exposición. Sin embargo, ocasionalmente las impurezas del aire contribuyen a la formación de películas de ácido sulfúrico presentes, tales películas pueden consistir en carbonatos por la presencia de Dioxido de Carbono. Sin embargo, los compuestos de azufre.

Inicialmente el empañamiento lo produce el ácido sulfúrico presente.

El movimiento del aire es un factor importante en la corrosión atmosférica, ya que puede fomentar la evaporación de

la humedad y ayuda a la distribución de agentes contaminantes tales como compuestos sulfurados y clorados. portados Basados en el tipo de contaminación del aire, la corrosión atmosférica puede ser clasificada en Industrial y Marina.

#### B) ATMOSFERAS MARINAS

#### A) ATMOSFERAS INDUSTRIALES

La corrosión derivada de las atmósferas marinas son causadas por la presencia de sal. Las atmósferas industriales son típicas por la presencia de hollín, cenizas y compuestos de azufre emanados éstos durante la combustión de azufre, contenido por los combustibles. Los compuestos de azufre son más activos y prevalecen en el aire más que cualquiera otra impureza.

Las formas comunes son sulfuro de hidrógeno, bióxido de azufre. Estos compuestos son absorbidos por la vegetación, los suelos o los edificios. Son parcialmente oxidados por el aire, formando ácido sulfúrico en presencia de la humedad. Estos productos, bióxidos de azufre y ácido sulfúrico vienen a formar los sulfatos de metal. Generalmente las atmósferas industriales son unas de las más corrosivas. Sin embargo, ocasionalmente las impurezas del aire contribuyen a la formación de películas protectoras en algunos metales, tales películas pueden consistir en carbonatos por la presencia de Dióxido de Carbono o Sulfatos, por los compuestos de Azufre. Generalmente su pureza se

Otras contaminaciones son producidas por vapores y gases procedentes de plantas químicas los cuales son transportados por el viento.

B) **ATMOSFERAS MARINAS** aunque es relativamente agua pura, puede tener apreciables cantidades de Dióxido de Carbono. La corrosión derivada de las atmósferas marinas son causadas principalmente por la presencia de cloruros en el aire, los cuales son más corrosivos que los sulfatos; es interesante anotar que se han encontrado cloruros provenientes del agua del mar a distancias hasta más de 100 kilómetros de las costas.

## 2. CORROSION POR AGUA

La acción corrosiva del agua dulce varía principalmente por el defecto corrosivo del agua depende de la cantidad y tipo de gases y sólidos disueltos. La cantidad de impurezas puede variar, sin embargo, desde un bajo nivel en agua destilada a un alto nivel en agua de mar. el agua dulce a 1 igual que los ácidos de los suelos.

a) **AGUA DE ALTA PUREZA** frecuentemente precipitan los carbonatos de calcio y magnesio sobre la superficie del metal y lo

Las aguas de alta pureza generalmente no son tan corrosivas como otros tipos de agua, ya que tienen muy baja concentración de sólidos y gases. Generalmente su pureza se

31234  
mide por la conductividad eléctrica.

#### b) VAPOR CONDENSADO

El vapor condensado aunque es relativamente agua pura, puede tener apreciables cantidades de Dióxido de Carbono, Oxígeno y otros gases que lo hacen corrosivo. El Dióxido de Carbono disuelto a temperaturas de condensación forma ácido carbónico, el cual es severamente corrosivo para el acero.

#### c) AGUA DULCE

Esta es el agua que viene de lagos, ríos, manantiales, etc. La acción corrosiva del agua dulce varía principalmente por el contenido de ácido, contenido de aire y por el poder de formar películas protectoras.

La descomposición de la materia animal y vegetal produce ácidos y estos pueden ser disueltos en el agua dulce a la par que los ácidos de los suelos. De las aguas duras, frecuentemente precipitan los carbonatos de calcio y magnesio sobre la superficie del metal y lo protegen contra los agentes corrosivos.

La elevada temperatura aumenta la corrosividad del agua de

d) AGUA DE MAR El proceso de corrosión en estos casos se hace más complicado por la producción del Dióxido de Carbono. Los efectos de la corrosión del agua de mar son causados por 5 factores principales: salinidad, contenido de oxígeno, organismos biológicos, temperatura y la agitación. El agua de alta mar tiene un contenido de sal de cerca al 3.4% y el exceso de iones básicos fuertes, la hace ligeramente alcalina (pH-8). Por consiguiente, puede causar serias corrosiones galvánicas.

Las aguas de puertos son más variables en la composición que las aguas de alta mar y por regla general son más corrosivas, debido a las contaminaciones por desechos industriales.

El oxígeno aumenta la corrosividad del agua de mar y su concentración es más alta cerca a la superficie. Por esta razón el grado de corrosión es mayor en zonas donde cae el salpique del agua.

La presencia de organismos biológicos aumenta la corrosividad del agua de mar, sin embargo, miles de plantas y animales marinos, muy pocos pueden ser considerados como organismos incrustantes (Fouling). Muchos metales y aleaciones son susceptibles al incrustamiento y en muchos casos a serios ataques de corrosión.

La elevada temperatura aumenta la corrosividad del agua de

mar; sin embargo el proceso de corrosión en estos casos se hace más complicado por la producción del Dióxido de Carbono y también por la precipitación de los compuestos de magnesio y calcio que frecuentemente forman escamas en la superficie del metal. Problemas de esta naturaleza ocurren en la desalinación del agua de mar.

" CAPITULO TERCERO "



CONTRÓL DE CALIDAD

Dentro de la producción de cualquier producto son las características y propiedades que debe tener el producto en su utilización las que interesan al fabricante. En los casos en los cuales el cliente es único y las propiedades y características son muy especiales siendo para las industrias productoras económicamente desventajoso el desarrollo y control del elemento o producto necesario, es el consumidor de acuerdo a sus necesidades quien debe desarrollar la tecnología y las normas y estándares para el control y pudiéndose valer para la fabricación de industrias del ramo. Es así como las industrias militares han tenido que desarrollar toda una compleja tecnología para satisfacer sus necesidades muy específicas en cada uno y en todos los campos de la guerra.

Las necesidades de todo ejército nacional exigen que este desarrolle y ejecute en la medida de sus capacidades, tecnología propia para su mejor funcionamiento y en busca de una real independencia en el aspecto de abastecimiento para el cumplimiento de su misión.

En procura de plantear interrogantes y de buscar un verdadero desarrollo tecnológico, plantea en el presente estudio la necesidad de establecer controles a los productos de adquisición permanente y aún a aquellos que se adquirieron por primera vez para estar en capacidad de defender nuestros in-

tereses económicos y CONTROL DE CALIDAD dados la buena marcha y honra de nuestro ejército.

Dentro de la producción de cualquier producto son las características y propiedades que debe tener el producto en su utilización las que interesan al fabricante. En los casos en los cuales el cliente es único y las propiedades y características son muy especiales siendo para las industrias productoras económicamente desventajoso el desarrollo y control del elemento o producto necesario, es el consumidor de acuerdo a sus necesidades quien debe desarrollar la tecnología y las normas y estándares para el control y pudiéndose valer para la fabricación de industrias del ramo. Es así como las industrias militares han tenido que desarrollar toda una compleja tecnología para satisfacer sus necesidades muy específicas en cada uno y en todos los campos de la guerra.

Las necesidades de todo ejército nacional exigen que este desarrolle y ejecute en la medida de sus capacidades, tecnología propia para su mejor funcionamiento y en busca de una real independencia en el aspecto de abastecimiento para el cumplimiento de su misión.

En procura de plantear interrogantes y de buscar un verdadero desarrollo tecnológico, plantease en el presente estudio la necesidad de establecer controles a los productos de adquisición permanente y aún a aquellos que se adquieren por primera vez para estar en capacidad de defender nuestros in-

tereses económicos y que no se vean afectados la buena marcha y honra de nuestro ejercito.

La finalidad de este capitulo dentro del contesto del trabajo es el de dar a visualizar las principales características y propiedades de los aceites y la forma de ejercer un control sobre ellos con el proposito de poder definir su inconveniencia o conveniencia para un determinado uso, salvando con esto material y esfuerzos. Las aquí presentadas son algunas de las más importantes pruebas desarrolladas en el mundo, las cuales a la vez se complementan con desarrollo específico de ensayos de control en ca sos particulares para uso de ejercito.

La implantación de un laboratorio para este tipo de control exigiria un estudio más detallado y juicio, pero sin lugar a dudas que daría excelentes resultados.

## EQUIPOS

### ATRAPAMIENTO DE AIRE

El elemento de prueba consiste en un tubo de ensayo enchafetado, llena do con un capilar para la entrada de aire, una placa deflectora y un tubo de salida del aire. También se utilizan una fuente de aire comprimido, un calentador - El atrapamiento de aire en un aceite lubricante, puede romper la película de lubricación y causar el desgaste excesivo de las superficies en contacto con el aceite. Por ejemplo en los sistemas hidráulicos puede causar operaciones inefi-

cientes y erráticas, debido a que el aire atrapado en el fluido es compresible. El término "Atrapamiento de Aire" se refiere a la dispersión de burbujas de aire en el aceite, las cuales tienden a desplazarse en forma muy lenta en la interface aire-aceite. La presencia de estas burbujas le da al aceite una apariencia opaca. No existe un método patrón para determinar la característica de atrapamiento de aire en un aceite. La Sociedad Americana para Pruebas de Materiales (ASTM), se encuentra en la actualidad investigando en varias pruebas, con la idea de estandarizar una de ellas. La prueba alemana DIN 51 381 TUV de choque, es la que se utiliza para probar los aceites para turbinas de vapor y los fluidos hidráulicos. Este estándar está aceptado en Europa y está empezando a ser considerado como un método ASTM.

## EQUIPOS

El elemento de prueba consiste en un tubo de ensayo encaquetado, llena do con un capilar para la entrada de aire, una placa deflectora y un tubo de salida del aire. También se utilizan una fuente de aire comprimido, un calentador para el compresor del aire, una balanza, un horno, un baño circulante y medidores de presión y termómetros.

## PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA

Se calienta 180 ml. del aceite a analizar, hasta una temperatura de 60°C. y luego se coloca dentro del elemento de prueba. Se deja luego que el aceite se enfríe hasta los 50°C. (Temperatura de prueba), la cual se mantiene por medio del baño circulante. El vástago de la balanza de densidad es calentado hasta 50°C. y luego se toma la lectura de densidad inicial. La muestra es luego aireada por espacio de siete minutos. Luego la balanza de densidad es sumergida inmedia tamente en aceite y el cronómetro se pone a funcionar. El escape de aire es definido como el tiempo (aproximado al minuto más cercano) tomado por el aceite para que alcance una densidad equivalente a la del aceite original más el 0.2% en volúmen del aire. Entre menor sea el tiempo requerido para llegar a este punto, mejores propiedades tiene el aceite de liberarse de aire.

## PRECISION

La siguiente tabla ilustra los grados de exactitud de la prueba de choque TUV. Muchas veces sin embargo, es difícil distinguir entre una y otra debido a la alta velocidad de flujo y a la turbulencia del sistema. Relativamente, en el caso de la prueba de choque de las burbujas hacia la superficie, las burbujas de las burbujas hacia la superficie se encuentran, mientras que en la formación de espuma ocurre lo contrario. Estas anomalías son consideradas en forma separadas y son evaluadas por pruebas de laboratorio diferentes. Algunos de los siguientes problemas mecánicos son los primeros causantes del atrapamiento -

PROPIEDAD DE LIBERACION NIVEL DE AIRE	FRECUENCIA MINUTOS EN EL TANQUE	REPETICION MINUTOS
---	------------------------------------	-----------------------

Hasta 5  $\pm 1$   $\pm 2$

5-10  $\pm 2$   $\pm 3$

10-15  $\pm 3$   $\pm 4$

sea menor a la atmosférica.

La frecuencia está relacionada con pruebas por duplicados - realizadas por el mismo operador, mientras que la repetición lo es con pruebas en otros laboratorios.

#### INTERPRETACION

El atrapamiento de aire consiste en el ascenso lento de las burbujas dispersas a través del aceite, que debe ser diferenciada de la espumación que consiste en el rápido ascenso de las burbujas hacia la superficie del aceite. Ambas condiciones son indeseables en un sistema de lubricación. Muchas veces sin embargo, es difícil distinguir entre una y otra - debido a la alta velocidad de flujo y a la turbulencia del sistema. Relativamente, en el atrapamiento de aire pequeñas cantidades del mismo se encuentran, mientras que en la formación de espuma ocurre lo contrario. Estas anomalías son consideradas en forma separadas y son evaluadas por pruebas de laboratorio diferentes. Algunos de los siguientes problemas mecánicos son los primeros causantes del atrapamiento -

de aire:

NIVEL INSUFICIENTE DEL FLUIDO EN EL TANQUE. El aire puede ser arrastrado con el aceite, hacia la bomba de succión.

ESCAPES EN EL SISTEMA: El aire puede introducirse en el aceite, en cualquier punto donde la presión del sistema sea menor a la atmosférica.

Muchos de los productos de petróleo, especialmente los más livianos, son solventes efectivos para una gran variedad de otros productos. El grado de poder de dilución de un producto de petróleo varía con el tipo de hidrocarburo.

METODOS DE ADICIÓN DE ACEITE INADECUADOS: Si aceite de reemplazo es añadido de tal forma que salpique, es posible que el aire se introduzca en el aceite.

FALLAS EN EL DISEÑO DEL SISTEMA: Fallas en diseño del sistema de retorno. Frecuentemente es deseable conocer el valor de este poder, como por ejemplo en un proceso donde la buena dilución es importante, o en otros casos donde esta característica es indeseable.

La tendencia común es la de reducir el tamaño de los tanques de almacenamiento, e incrementar las velocidades del flujo fácil de llevar a cabo en un equipo adecuado. Esta prueba mide la potencia de dilución de un producto de petróleo por los sistemas de aceite para turbinas, lo mismo que en los medios de anilina, y sustancias aromáticas. La anilina es soluble parcialmente en casi todos los hidrocarburos, aumenta su grado de solubilidad a medida que aumenta la temperatura de la mezcla. Cuando se llega a la temperatura de solubilidad total, la mezcla se convierte en una solución clara; por el contrario, a bajas temperaturas el atrapamiento de aire, haciendo más importante de ese modo la liberación de aire del aceite.

Algunos aditivos usados para reducir la formación de espuma, aumentan la tendencia de atrapamiento de aire, en una solución clara; por el contrario, a bajas temperaturas la mezcla se enturbia. La prueba utiliza esta característica requiere un balance cuidadoso entre estos dos fenómenos involucrando la temperatura a la cual la mezcla se entur-

deseados. Normalmente, los hidrocarburos parafínicos presentan la menor dilución por anilina, teniendo por conguisate los puntos de anilina, PUNTO DE ANILINA contrario los hidrocarburos aromáticos, presentan el fenómeno opuesto mientras que ASTM D 611 y ASTM D 1012 se encuentran en puntos intermedios entre los aromáticos y los parafínicos.

Muchos de los productos de petróleo, especialmente los más livianos, son solventes efectivos para una gran variedad de otros productos. El grado de poder de dilución de un producto de petróleo varía con el tipo de hidrocarburo que contenga. Frecuentemente es deseable conocer el valor de este poder, como por ejemplo en un proceso donde la buena dilución es importante, o en otros casos donde esta característica es indeseable.

La determinación del punto de anilina es una prueba simple, fácil de llevar a cabo en un equipo adecuado. Esta prueba mide la potencia de dilución de un producto de petróleo por medio de anilina, y sustancias aromáticas. La anilina es cuando menos soluble parcialmente en casi todos los hidrocarburos, aumenta su grado de solubilidad a medida que aumenta la temperatura de la mezcla. Cuando se llega a la temperatura de solubilidad total, la mezcla se convierte en una solución clara; por el contrario, a bajas temperaturas la mezcla se enturbia. La prueba utiliza esta característica determinando la temperatura a la cual la mezcla se entur

bia. Usualmente, los hidrocarburos parafínicos presentan la menor dilución por anilina, teniendo por consiguiente los puntos de anilina, más altos, por el contrario los hidrocarburos aromáticos, presentan el fenómeno opuesto mientras que los materiales nafténicos se encuentran en puntos intermedios entre los aromáticos y los parafínicos.

OBJETO: El objeto de esta prueba es la de determinar la temperatura mínima de equilibrio de la solución en partes iguales de anilina pura y del producto de petróleo que se va a analizar.

APARATOS: Tubo especial de prueba, un agitador, una fuente de calor (baño de enfriamiento) y un termómetro especial. Aunque los dos métodos ASTM, D 611 y D 1012, son similares, el primero también puede ser usado en un aparato de "película fina" opcional, que se utiliza para probar muestras oscuras.

PROCEDIMIENTO: Se mezclan 10 ml de anilina seca con 10 ml del producto de petróleo seco y se colocan en el tubo de prueba. La mezcla es calentada y agitada continuamente, hasta que se obtenga una solución clara. La solución es luego enfriada hasta que la primera muestra de enturbiamiento aparezca; la temperatura a la cual ocurra, es reportada como el

punto de anilina.

Si la anilina y el producto son completamente miscibles a la temperatura ambiente, la solución es enfriada lentamente, hasta que se note turbidez en la muestra. Esta temperatura, también se determina como el punto de anilina.

En el caso de los productos altamente aromáticos, la determinación del punto de anilina se hace imposible debido a la solidificación y separación de la anilina en solución durante el enfriado, antes de que aparezca la turbidez en la muestra. En este caso se determina el punto de anilina mixto.

Se hace una mezcla de 5 ml de la muestra con 5 ml de n-heptano (un material parafínico), y luego se añaden 10 ml de anilina. Se sigue luego el mismo procedimiento anterior y se determina el punto de anilina mixto.

**PRECAUCION:** Existen ciertos peligros asociados con el desarrollo de esta prueba. La anilina es altamente venenosa y hay personas que son muy sensibles a ella. La prueba nunca debe ser llevada a cabo, sin seguir las precauciones que se detallan en el procedimiento ASTM.

**REPORTE DE LOS RESULTADOS:** Los datos encontrados deben ser reportados, en la mayoría de los casos, como punto de anilina o "punto de anilina mixto", incluyendo además el número del método ASTM usado. Los resultados encontrados por

el método ASTM D 611, son obtenidos con los equipos regulares (Método 1) o aquellos que se logran con el aparato de "película fina", los cuales están basados en la observación del cambio de fase, y no es necesario indicar el método ASTM utilizado. Las normas ASTM estipulan un grado de aproximación de  $0.2^{\circ}\text{F}$  ( $0.1^{\circ}\text{C}$ ) en el método D 1012. Sin embargo, en la práctica la escala de grados Fahrenheit es usada comúnmente en la determinación del punto de anilina, mientras que los grados centígrados son usados en el punto de anilina mixto.

El punto de anilina en los lubricantes y los aceites hidráulicos.

**IMPORTANCIA DE LOS RESULTADOS:** El punto de anilina es muy importante en los solventes, ya que es una indicación del poder de dilución. En general mientras más bajo sea el punto de anilina, más alto es este poder de dilución. Otras pruebas de laboratorio miden este poder de un producto, con el tipo específico de sustancia con el cual va a ser usado. Dos pruebas de este tipo, estandarizados y aprobados, son usados para determinar el valor Kauributanol y el poder de dilución nitro-celulosa. Sin embargo, estas dos últimas pruebas, son mucho más complicadas que la determinación del punto de anilina, además que los laboratorios pequeños no cuentan con el equipo apropiado para llevarla a cabo. La selección de una u otra prueba, se basa en la aplicación estas circunstancias, sus vapores se encienden con una fuerza

pecífica del producto. para que este suceda debe existir una  
El punto de anilina es comúnmente utilizado en la determina  
ción de las características de ignición de los combustibles  
diesel. Para este fin, el punto de anilina se usa en asocia  
ción con la gravedad API del combustible para determinar  
el "índice diesel". Este procedimiento está aplicado en la  
prueba "Número de Cetano", ya que tanto el índice diesel co  
mo el número de cetano, son usados para propósitos similares.  
Este índice se utiliza para estimar la calidad de los combus  
tibles diesel.  
El punto de anilina en los lubricantes y los aceites hidráu  
licos, sirve como índice de la tendencia al ablandamiento o  
endurecimiento, de las partes de caucho que están en contac  
to con el aceite. Cuando el punto de anilina es bajo, la  
tendencia al endurecimiento es mayor. Esta prueba se utili  
za también, en la determinación de la compatibilidad relati  
va del plastificante de caucho con la formulación del mismo  
caucho.

OBJETO: Determinar la temperatura de auto-ignición de los  
productos.  
TEMPERATURA DE AUTO-IGNICION

ASTM D 2155

aparatos: calentador eléctrico especial, una jeringa hi  
podérmica, un frasco de vidrio de borosilicato, un cronóme  
tro eléctrico.  
Todos los productos de petróleo son inflamables y, bajo cier  
tas circunstancias, sus vapores se encienden con una fuerza

explosiva. Sin embargo, para que esto suceda debe existir una relación límite entre los vapores del producto y del aire. Cuando un producto de petróleo es expuesto al aire, cierta cantidad se evapora, estableciéndose cierta relación vapor-aire. A medida que aumenta la temperatura del líquido aumenta la evaporación y por consiguiente la relación vapor-aire. Si al acercarse una fuente de encendido (bujía o llama), la relación vapor-aire mantiene la combustión, se dice que esta temperatura es el punto de chispa del producto. Si por el contrario ninguna fuente de encendido es colocada, y la temperatura se sigue elevando hasta que el producto se enciende espontáneamente, el valor de esta temperatura es el que determina el punto de auto-ignición del fluido. La temperatura de auto-ignición (auto-encendido) de un producto líquido de petróleo a la presión atmosférica es determinada por la norma ASTM, método D 2155 (la cual reemplaza la antigua ASTM D 286, descontinuada en 1966). OBJETO: Determinar la temperatura de auto-ignición de los productos líquidos de petróleo.

APARATOS: Un calentador eléctrico especial, una jeringa hipodérmica, un frasco de vidrio de borosilicato, un cronómetro eléctrico.

PROCEDIMIENTO: Una pequeña muestra medida del producto a analizar, es inyectada en el frasco especial de prueba, por medio de la jeringa hipodérmica; en el frasco la muestra es precalentada hasta la temperatura de prueba deseada y luego es retirada rápidamente. El cronómetro se pone a funcionar cuando la muestra es inyectada y la muestra dentro del frasco es observada durante cinco minutos en un cuarto oscuro, o hasta que la auto-ignición ocurra. Si ninguna llama es observada en este período, se considera que la muestra es no-inflamable a esta temperatura. El frasco es vaciado y lavado, se eleva la temperatura unos 50°F y se vuelve a repetir el proceso. Cuando la llama aparezca, el cronómetro es detenido y el tiempo y la temperatura son anotados, la temperatura se baja luego 50°F, repitiéndose nuevamente el procedimiento hasta que la temperatura de auto-ignición encontrada no sea mayor. Este procedimiento se repite tantas veces como sea necesario, con volúmenes grandes o pequeños de muestra hasta que una temperatura mínima de auto-ignición sea determinada. Este valor es el que reporta como temperatura de auto-ignición del producto.

En resumen, la temperatura más baja del frasco a la cual la auto-ignición ocurre, para diferentes volúmenes, es la que se toma para los productos de petróleo, a la presión atmosférica sin ninguna fuente externa de ignición. No debe ser confundido

férica. el punto de chispa, que es la temperatura más baja a la cual el producto puede mantener la combustión, en pre

REPORTE DE LOS RESULTADOS: Los datos obtenidos son reportados como temperatura de auto-ignición en °F con una aproximación de 5° F. También es reportado el tiempo transcurrido entre la inyección del producto y el momento que ocurre la ignición, lo mismo que la presión barométrica a la cual es llevada la prueba. Usualmente, en la literatura de productos se reporta únicamente la temperatura. La auto-ignición puede variar considerablemente con las condiciones a las cuales se

IMPORTANCIA DE LOS RESULTADOS: La primera indicación lograda con esta prueba, es la determinación del peligro potencial de fuego y la fuerza explosiva del producto de petróleo, relacionado con un uso específico. La temperatura de auto-ignición es utilizada también como una medida para determinar el uso de uno u otro producto, a altas temperaturas. Es indispensable utilizar un producto con una temperatura de auto-ignición más alta que la de aplicación, para asegurar que no vaya a ocurrir una ignición espontánea. Por lo tanto, el valor de esta prueba es un determinante importante en la utilización de un producto.

Se dice como conclusión que la temperatura de auto-ignición, bajo ciertas condiciones dadas, es la temperatura más baja, a la cual la combustión de un producto de petróleo puede ocurrir en forma espontánea, sin ninguna fuente externa de ignición. No debe ser confundi

da con el punto de chispa, que es la temperatura más baja a la cual el producto puede mantener la combustión, en presencia de una fuente externa de ignición.

Las características y condiciones del producto son un factor importante de la temperatura de ignición. Por ejemplo esta temperatura es una función de la presión, la relación combustible, aire, el tiempo transcurrido para que ocurra la ignición y recipiente donde se encuentra el producto. Por consecuencia, la temperatura de auto-ignición puede variar considerablemente con las condiciones a las cuales se lleve a cabo la prueba.

Para un producto dado, la temperatura de auto-ignición siempre es mayor que el punto de chispa, a presión atmosférica. En efecto, como una regla general se dice que para una familia de compuestos similares, la cadena molecular más larga, tiene el punto de chispa más alto y la temperatura de auto-ignición más baja.

Sin embargo, como la temperatura del sistema se incrementa, la temperatura de auto-ignición desciende hasta cierto valor, que muchas veces es menor que el punto de chispa del producto a la presión atmosférica. Se dice como conclusión que a medida que aumenta la presión del sistema, aumenta la temperatura de auto-ignición. Las temperaturas de auto-ignición de muchos productos destilados, con rangos de ebullición similares, pueden estar relacionados con el tipo de hidrocar-

buro. Por ejemplo, los aromáticos tienen una mayor temperatura que los parafínicos con rangos de ebullición similares. La temperatura de auto-ignición de los isoparafínicos y naf-ténicos se encuentra, por lo general, entre la de los anteriores. Sin embargo, se debe tener cuidado en seguir al pie de la letra este concepto. Por ejemplo, al aumentar el contenido de hidrocarburos aromáticos en un lubricante o en un aceite hidráulico, estos tienden a reducir la temperatura de auto-ignición del aceite. Asimismo, al incrementar el contenido de aromático de un solvente, se incrementa la temperatura de auto-ignición del mismo.

#### PUNTOS DE CHISPA DE ENCENDIDO-RECIPIENTE

##### ABIERTO

ASTM D 92

Tanto el punto de chispa como el de encendido de un líquido de petróleo son básicamente medidas de inflamabilidad. El punto de chispa es la temperatura mínima a la cual el líquido está suficientemente evaporado para crear una mezcla de aire y combustible, para arder si es encendida. Como su nombre lo indica, la combustión a esta temperatura sólo se mantiene por un instante. Por el contrario, el punto de encendido significa algo más; este es la temperatura a la cual la cual es completamente diferente. Una combustión espontánea

el vapor es generado a una velocidad lo suficientemente constante, para mantener la combustión. En ambos casos, la combustión es solamente posible cuando la velocidad de vapor de combustible y de aire, se encuentra dentro de ciertos límites. Una mezcla que sea muy pobre o muy rica, no quemará. La práctica de las pruebas del punto de chispa y de encendido, fue originalmente aplicada al Kerosene para indicar su potencialidad de riesgo de fuego. Desde entonces, el objetivo ha sido ampliado para incluir aceites lubricantes y otros productos de petróleo. Aunque ha sido una costumbre - indicar el punto de chispa (y algunas veces el de encendido) como datos de los lubricantes, estas propiedades no son en realidad lo que parecen ser. Solamente en condiciones especiales, el aceite lubricante tiene riesgo de encenderse. Sin embargo, las características de evaporación por estar en estrecha relación, los puntos de chispa y de encendido dan, a groso modo, una indicación de la volatilidad y de otras propiedades. El punto de encendido de un aceite lubricante convencional, está estrechamente ligado con el punto de chispa, que es usualmente eliminado de la hoja de datos. Para un producto comercial ordinario, el punto de encendido se encuentra a 50°F - por encima del punto de chispa. Sin embargo, estos dos valores no deben confundirse con la temperatura de auto-ignición la cual es completamente diferente. Una combustión espontá-

neat incluye, no solamente la volatilidad sino también la temperatura necesaria para precipitar una reacción química (combustión), sin una fuente externa de ignición. Aunque un producto de petróleo más volátil tiene puntos de chispa y de encendido más bajos que uno con menor volatilidad, la temperatura de auto-ignición ASTM es generalmente más alta, permitiendo ver más claramente el punto de chispa.

**APARATOS:** La muestra de aceite es colocada en una cápsula de bronce especificada con precisión que descansa sobre una lámina de metal. Debajo del plato, se coloca una fuente de calor y un termómetro en la cápsula, indica la temperatura de la muestra. Un pequeño soplete de gas es utilizado para probar la inflamabilidad de la mezcla aire-vapor. El espacio de tiempo de quema del punto de encendido, es medido con cronómetro.

**PROCEDIMIENTO:** La mezcla es calentada a una velocidad prescrita, partiendo de  $100^{\circ}\text{F}$  menos de la temperatura del punto de chispa. A cada múltiplo de  $5^{\circ}\text{F}$  de aumento de temperatura, la llama del soplete es pasada sobre la superficie de la cápsula. La prueba del punto de chispa termina cuando el soplete produce una chispa en la porción vaporizada de la muestra. El mismo procedimiento es seguido para determinar el punto de encendido. Cuando la llama producida por ignición de la muestra produce una mayor cantidad de aire.

mezcla de aire y aceite vaporizado, se mantenga por lo menos 5 segundos, el punto de encendido se ha alcanzado. Para cualquiera de las pruebas, es obvio la no presencia de corrientes de aire, para evitar la dispersión de los vapores. Para una buena precisión y consistencia en los resultados, la prueba es usualmente llevada a cabo en una cámara oscura, permitiendo ver más claramente el punto de chispa.

REPORTE DE LOS RESULTADOS: El punto de chispa es reportado como la temperatura a la cual ocurre una llama instantánea, el punto de fuego es reportado como la temperatura a la cual la llama permanece por lo menos cinco segundos.

IMPORTANCIA DE LOS RESULTADOS: Para apreciar mejor la importancia de los resultados con las pruebas del punto de chispa y el punto de encendido, se debe tener en cuenta lo que mide la prueba. Es necesario comprender cómo se crea una mezcla de aire y combustible. Para todos los propósitos prácticos, un líquido de petróleo no debe quemar, antes de ser vaporizado. La mezcla de vapores con el oxígeno del aire, y cuando se logra una concentración del vapor de combustible no es menor de 1% ni mayor de 6% de vapor de combustible, se convierte en un peligro de explosión, a menos que sea ventilada para que admita una mayor cantidad de aire.

La importancia del punto de chispa y del punto de encendido, se contradice con la volatilidad de los productos de petróleo. Aun aquellos aceites lubricantes con viscosidades comparables, tienen variaciones apreciables en volatilidad y por consiguiente en los puntos de chispa y de encendido. Sin embargo, en general las temperaturas de almacenamiento y operación de los aceites lubricantes son lo suficientemente bajas, para prevenir cualquier riesgo de fuego. La excepción son los aceites para temple, que están en contacto con metales a altas temperaturas. Aceites para transferencia de calor, usados para calentamiento o enfriamiento, también alcanzan temperaturas cercanas al punto de chispa o al de encendido. De manera similar, un aceite para trenes de laminación, donde son aplicados en rodillos tan calientes como la lámina de metal, el peligro de fuego debe ser considerado. En muchos de estos casos, sin embargo, la temperatura de auto-ignición, es de gran importancia. A la temperatura de auto-ignición, tal como determinada en pruebas, el fuego no es solamente una posibilidad sino que de hecho ocurre espontáneamente sin ignición de fuente exterior alguna. Sin embargo, una vez que los puntos de chispa y encendido están relacionados con la volatilidad, estos ofrecen una indicación a groso modo de la tendencia del aceite lubricante a vaporizarse en servicio. Es obvio que a menores puntos

de chispa y encendido, aumentan las posibilidades de pérdidas por evaporación.

Sin embargo, la relación entre estos resultados y la volatilidad, no son definitivos. La comparación es deformada por varios factores adicionales, siendo el más importante la forma cómo el aceite es producido. Un aceite parafínico, con una viscosidad dada, puede mostrar puntos de chispa y de encendido más altos que el de otros tipos de aceites, evaluados por estas pruebas. Los aceites parafínicos también pueden ser determinados por altos índices de viscosidad o por altos puntos de fluidez.

Los puntos de chispa y de encendido son, quizás, de gran importancia para evaluar aceites usados. Si un aceite presenta aumento en los puntos de chispa o de encendido durante el servicio, se presentan pérdidas por evaporación. Los componentes más volátiles se han vaporizado, dejando solamente los menos volátiles, aumentando por consiguiente la viscosidad. Un aumento excesivo de viscosidad, puede alterar las propiedades de lubricación de un aceite.

Si por el contrario, los puntos de chispa y de encendido disminuyen en un aceite en servicio, se debe sospechar contaminación. Esto puede ocurrir en los aceites de motor, que pueden ser diluidos por la acción del combustible que no se haya quemado. La presencia de gasolina o combustibles pesados en

el cárter, reduce la viscosidad del aceite, ocasionando daños en los cojinetes y otras partes móviles, por adelgazamiento excesivo de lubricante. Estos combustibles, por tener mayor volatilidad que el aceite, rebajan los puntos de chispa y de encendido de la mezcla. De esta manera estas dos pruebas constituyen un método relativamente simple de medir o de evaluar la dilución.

Temperatura ambiente, deben ser enfriados antes de empezar la prueba.

Dos más PUNTO DE CHISPA-RECIPIENTE CERRADO

usados. Difieren principalmente en detalles de los aparatos ASTM D 56 y D 93 específico de aplicación. Sin embargo estas pruebas son básicamente similares y pueden ser agrupadas en:

Todos los productos de petróleo queman y bajo ciertas circunstancias sus vapores se encienden con una violenta explosión. Sin embargo, para que esto ocurra, la cantidad de vapor en el aire debe estar comprendida entre ciertos límites.

ASTM D 93: Punto de chispa por medio de un probador

Cuando un producto líquido de petróleo es expuesto al aire, algunos de sus vapores, causan una cierta concentración de vapor y aire. Cuando la temperatura del líquido es elevada, más y más vapores son producidos, aumentando la relación vapor-aire. Eventualmente, se llega a una temperatura a la cual la mezcla vapor-aire puede mantener momentáneamente una combustión, si una fuente de ignición está presente.

Esta temperatura es el punto de chispa del producto. Para los combustibles y los solventes, el punto de chispa es usualmente determinado por el método de "recipiente cerrado" en el cual es calentado en una cápsula cubierta. Esto hace que las condiciones de prueba, sean lo más parecidas posibles a los del producto en servicio. Productos que tengan puntos de chispa menores a la temperatura ambiente, deben ser enfriados antes de empezar la prueba. Dos métodos parecidos de cápsula cerrada, son ampliamente usados. Difieren principalmente en detalles de los aparatos y en el campo específico de aplicación. Sin embargo estas pruebas son básicamente similares y pueden ser agrupadas para efectos de la descripción. Estas dos pruebas son: que el punto de chispa supuesto. La fuente de calor es colocada, a ASTM D 56: Punto de chispa por medio de un probador que aumenta a una TAG. ciedad determinada. Para la prueba Pensky-Martens ASTM D 93: Punto de chispa por medio de un probador activo provisto de PENSKY-MARTENS.

A intervalos de 1°C (Tag) o 2°F (Pensky-Martens), la pequeña prueba "Tag" es usada para la mayoría de los solventes y combustibles, incluyendo solventes para lacas y diluyentes con puntos de chispa bajos. El segundo método (Pensky-Martens) es utilizado ordinariamente para "fuel-oils", pero también es usado para asfaltos líquidos y otros materiales

viscosos y suspensiones de sólidos.

**OBJETO:** Determinar los puntos de chispa de los combustibles de hidrocarburos y de los solventes, por medio de la prueba de cápsula cerrada.

**APARATOS:** Una cápsula estándar con una tapa de metal, con orificios abiertos, una fuente de calor, un baño de calentamiento, dos termómetros y un quemador con llama para probar. Iacionados con su utilización.

**PROCEDIMIENTO:** Después de una limpieza cuidadosa, la cápsula es llenada con una cantidad específica del producto de petróleo, la cual tiene una temperatura de 20°F menos que el punto de chispa supuesto. La fuente de calor es colocada, a justándola de tal manera que la temperatura del producto aumente a una velocidad determinada. Para la prueba Pensky-Martens, el producto es agitado por medio de un dispositivo provisto de hélice.

A intervalos de 1°F (Tag) o 2°F (Pensky-Martens), la pequeña llama de prueba es introducida por uno de los orificios abiertos, hasta los vapores en la parte superior de la muestra. El punto de chispa anotado, es el valor de la temperatura que marca el termómetro, en el momento en que la llama de prueba, ocasione una chispa perceptible en el interiorde

Los productos que tienen un punto de chispa bajo, por lo general, tienen temperaturas de auto-ignición altas y viceversa.

REPORTE DE LOS RESULTADOS: Los datos obtenidos son reportados como el punto de chispa, en °F, especificando además el método utilizado.

IMPORTANCIA DE LOS RESULTADOS: Para un combustible o solvente de petróleo, volátil, el punto de chispa es importante como una indicación de los peligros de fuego y explosión, relacionados con su utilización.

Si fuera posible, para cualquier aplicación, seleccionar un producto cuyo punto de chispa está por encima de cualquier temperatura ambiente esperada, ninguna medida de seguridad sería necesaria. Sin embargo, la gasolina y otros solventes livianos, tienen puntos de chispa más bajos que la temperatura ambiente. Cuando esto sucede, una controlada ventilación y otras medidas son necesarias para prevenir la posibilidad de fuego o explosión.

Se debe recordar que el punto de chispa es la menor temperatura a la cual un producto puede mantener una combustión momentánea, "si una fuente de calor está presente". De esta forma, no debe ser confundida con la temperatura de auto-ignición, la cual es la temperatura donde ocurre una combustión espontánea, "sin ninguna fuente externa de ignición".

Los productos que tienen un punto de chispa bajo, por lo general, tienen temperaturas de auto-ignición altas y viceversa.

de entrada de aire y unas piedras difusoras de gas. Además, dos **CARACTERISTICAS ESPUMANTES DE LOS ACEITES** otro a 200°F), un **LUBRICANTES** 300 mm de altura, un medidor de flujo, un medidor de la hu- ASTM D 892 cronómetro y termómetros que llenen las especificaciones de la ASTM.

La formación de espuma en los sistemas de aceites industriales es una condición severa en servicio, que puede interferir con el rendimiento satisfactorio del mismo sistema y aun permitir el daño del equipo.

Mientras que los aceites minerales puros no son particularmente propensos a la espumación, la presencia de aditivos y el efecto de otros compuestos, cambian las propiedades de la superficie del aceite, incrementando su susceptibilidad a la formación de espuma, cuando las condiciones son tales de mezcla de aire y aceite. Aditivos especiales le imparten al aceite resistencia a la espumación, aumentando también su habilidad para expulsar el aire atrapado en forma rápida, bajo condiciones que normalmente causan espumación.

Las características de espumación de los aceites lubricantes a temperaturas específicas, son determinadas por el método - ASTM D 892. Después de desconectar el tubo y se mide el volumen de espuma formada. Luego se deja reposar la mezcla

APARATOS: El aparato de prueba de la espumación consiste en cilindros o probetas graduadas especiales de 1000 mlt, tubos de entrada de aire y unas piedras difusoras de gas. Además, dos baños de agua con temperatura constante (uno a 75°F y el otro a 200°F), un compresor de aire, una torre de secado de 300 mm de altura, un medidor de flujo, un medidor de la humedad, un cronómetro y termómetros que llenen las especificaciones de la ASTM.

Se coloca en 180 mlt de la muestra dentro de un baño de agua a 200°F y se introduce el tubo de entrada de aire a la piedra, haciéndose el mismo procedimiento anterior midiendo los dos volúmenes de espuma.

PREPARACION DE LOS APARATOS: Los cilindros de prueba y las piedras difusoras son lavados completamente con el solvente indicado.

Se coloca la muestra a 200°F, mediante agitación. Se saca la muestra del baño, dejándola enfriar hasta 110°F. Luego se coloca dentro del baño de 70°F. Se introduce después una piedra difusora y se repite el procedimiento anterior.

PROCEDIMIENTO:

a) Se colocan dentro de la probeta graduada 190 mlt de la muestra que va a ser analizada, la cual ha sido previamente calentada hasta 120°F y enfriada luego a 75°F; luego se sumerge la probeta en el baño de 75°F, hasta la marca de 900 mlt. Se introducen luego las piedras difusoras dentro de la muestra, se ajusta el flujo de aire a 95 mlt por minuto y se coloca el tubo de entrada de aire a la piedra, haciéndose pasar aire durante 5 minutos a través de la piedra de difusión. Inmediatamente después se desconecta el tubo y se mide el volumen de espuma formada. Luego se deja reposar la mezcla

durante 10 minutos, después de lo cual se vuelve a medir el volumen de espuma.

IMPORTANCIA DE LOS RESULTADOS: La espuma consiste en burbujas de aire que ascienden rápidamente hacia la superficie del aceite, pero debe ser diferenciada del atrapamiento de aire que es el ascenso lento de burbujas dispersas a través de toda el aceite. Ambas condiciones son indeseables, aunque una piedra difusora limpia, haciéndose el mismo procedimiento anterior midiendo los dos volúmenes de espuma.

Se eliminan los efectos de los factores, siendo evaluados en pruebas diferentes de laboratorio. Las primeras causas de espumación son mecánicas—esencialmente una condición de muestra del baño, dejándola enfriar hasta 110°F. Luego se coloca el cilindro dentro del baño de 70°F. Se introduce después una piedra difusora y se repite el procedimiento anterior.

REPORTE DE LOS RESULTADOS: Los datos encontrados son reportados como el volumen de espuma, en milímetros, al final de los 5 minutos del primer período y el punto final después de los 10 minutos de reposo, para las tres condiciones de la prueba: a 75°F muestra a 200°F y muestra a 75°F después de ser enfriada desde 200°F. El volumen de espuma del primer periodo o de agitación es una medida de la tendencia a la espumación del aceite, mientras que el volumen de espuma en el final del período de reposo (el cual es usualmente cero)

molestia; además la espuma disminuye la eficiencia de lubricación del aceite, lo cual va en detrimento del equipo. Aditi-

vos anti-espumantes pueden ser usados en el aceite para disminu-  
IMPORTANCIA DE LOS RESULTADOS: La espuma consiste en burbu-  
jas de aire que ascienden rápidamente hacia la superficie --  
del aceite, pero debe ser diferenciada del atrapamiento de  
aire que es el ascenso lento de burbujas dispersas a través  
de todo el aceite. Ambas condiciones son indeseables, aunque

son muy difíciles de diferenciar debido a las altas veloci-  
dades de flujo y a la turbulencia del sistema. Estos dos fe-

nómenos son afectados por varios factores, siendo evaluados  
en pruebas diferentes de laboratorio. Las primeras causas --

de espumación son mecánicas--esencialmente una condición de  
operación que tienda a producir turbulencia en el aceite en

presencia de aire. La tendencia general en los sistemas hi-  
dráulicos de aceite, sistemas de aceite para turbinas y sis-

temas de aceite industriales de cualquier tipo, es la de re-  
ducir el tamaño de los tanques de almacenamiento e incremen-

tar las ratas de flujo. Estas medidas por el contrario, au-  
mentan la tendencia a la espumación en los aceites.

La contaminación con materiales de superficie activa, tales  
como los que previenen la herrumbre, detergentes, etc; pue-

den también causar formación de espuma. La espumación en los  
aceites industriales es indeseable debido a que la espuma --

puede hacer rebosar el tanque de almacenamiento y crear una

molestia; además la espuma disminuye la eficiencia de lubricación del aceite, lo cual va en detrimento del equipo. Aditivos anti espumantes pueden ser usados en el aceite para disminuir la tendencia a la espumación del aceite. Sin embargo, muchos de estos aditivos tienden a incrementar las características de atrapamiento de aire en el aceite; su uso requiere un balance perfecto entre estos dos fenómenos indeseados.

#### DENSIDAD

ASTM D 287

Gravedad Específica

Prácticamente todos los productos líquidos de petróleo son manejados y vendidos en base volumétrica por galón, barril, carro-tanque, etc. Asimismo, en muchos casos, es importante conocer el peso del producto. La Densidad es una expresión que relaciona el peso y el volumen de un producto.

Cualquier producto se expande cuando es calentado, reduciéndose por consiguiente el peso por unidad de volumen. Debido a esto, la densidad es usualmente reportada a una temperatura normal, aunque otras temperaturas hayan sido usadas en la prueba. Existen tablas que convierten la densidad de una temperatura a otra.

La densidad puede ser expresada en dos escalas. La "gravedad

específica" es definida como la relación del peso de un volumen dado a 60°F, con el peso de un volumen igual de agua a la misma temperatura, cilíndrico, de metal o de vidrio, pa  
Sin embargo, en la industria del petróleo, la densidad API (American Petroleum Institute) es más usada. Esta es una escala arbitraria, calibrada en grados y que relaciona la gravedad específica, por medio de la siguiente fórmula: en diap  
nibles, pudiéndose sacar el termómetro del cuerpo del equipo quedando dos instrumentos separados.

141.5

PROCED Densidad API =  $\frac{141.5}{\text{Gravedad Específica}}$  muestra es colocada en el cilindro, removiéndose las burbujas de aire en la superficie.

El hidrómetro es sumergido lentamente en la muestra, hasta un nivel en que las dos escalas inferiores floten. El hidrómetro es entonces dejado libre, para que flote en la muestra, como resultado de esta relación, entre mayor sea la gravedad específica de un producto, menor es su densidad API. Es claro que el agua, con una gravedad específica de 1.000 tiene una densidad API de 10.0°.

La densidad es determinada por un hidrómetro que flota en el líquido, el cual indica el punto al cual el nivel del líquido intercepta la escala del hidrógeno. Algunas correcciones deben ser hechas de acuerdo con la temperatura de la muestra. La determinación de la densidad puede ser efectuada a cualquier temperatura entre 0° y 195°F, sin embargo, ciertos lí

OBJETO: Determinar la densidad de un producto de petróleo por

medio de un hidrómetro.  $\rho$  y/o de la densidad. Productos

con altas viscosidades deben ser calentados a una tem-

**APARATOS:** Un recipiente cilíndrico, de metal o de vidrio, para poner la muestra, un termómetro y un hidrómetro con escalas de densidad y de densidad API. Combinaciones de termómetro y un hidrómetro con escalas de densidad y de densidad API. Combinaciones de termómetro y de hidrómetro están disponibles, pudiéndose sacar el termómetro del cuerpo del equipo quedando dos instrumentos separados.

**PROCEDIMIENTO:** La muestra es colocada en el recipiente cilíndrico, removiendo las burbujas de aire en la superficie. El hidrómetro es sumergido lentamente en la muestra, hasta un nivel en que las dos escalas inferiores floten. El hidrómetro es entonces dejado libre, para que flote en la muestra, pero sin que toque las paredes del recipiente. La densidad es entonces leída como el punto en el cual la superficie de la muestra, intercepta la escala del hidrómetro. La temperatura de la muestra es determinada, introduciendo el termómetro en ella. Estas lecturas son anotadas como "densidad observada" y "temperatura observada". La determinación de la densidad puede ser efectuada a cualquier temperatura entre  $0^{\circ}$  y  $195^{\circ}$ F, sin embargo, ciertos límites son especificados para algunos productos, dependiendo

del punto inicial de ebullición y/o de la densidad. Productos con altas viscosidades deben ser calentados a una temperatura a la cual sean lo suficientemente fluidos que permitan la determinación segura de la densidad.

En cualquier caso, si la temperatura de la prueba es diferente de 60°F, la densidad observada es corregida a 60°F - utilizando la tabla N°5, "Reducción de la Densidad API observada, a la Densidad a 60°F", de las tablas de Medición - Petroleras (Edición Americana).

REPORTE DE LOS RESULTADOS: Los datos son reportados como densidad API (en grados), o como gravedad específica, después de ser corregida a 60°F.

IMPORTANCIA DE LOS RESULTADOS: La densidad tiene una pequeña importancia sobre el punto de vista de la calidad, aunque es utilizada en el control de las operaciones de refinería.

Su importancia principal son los cálculos de peso en volumen y viceversa. Estos datos son muy útiles en los cálculos de carga de aviones y buques, eficiencia de la combustión, etc.

En cierta forma, la densidad sirve para identificar el tipo de producto de petróleo. Los productos parafínicos tienen gravedades específicas bajas (altas densidades API) que los productos nafténicos o aromáticos en el mismo rango de ebullición. Los datos sobre la neutralización de los productos, obtenidos por el número de neutralización de los productos,

llución. Los valores de la densidad también pueden ser utilizados por los productores o consumidores para controlar los sucesivos baches de sus productos, como una continuidad en la composición del producto.

La densidad es importante en las aplicaciones en los procesos que dependen de las diferencias de densidad de los materiales usados. Por ejemplo, los productos de petróleo de 1.000 son necesarios en el campo de la preservación de maderas, para permitir la separación de los materiales relacionados. El rango de gravedad específica de los productos de petróleo oscila entre 0.700 a 1.050.

La densidad es utilizada en estimados empíricos del valor térmico, usualmente en combinación con el punto de anilina. Con la excepción de las aplicaciones anteriores, la densidad no debe usarse como un índice de calidad.

NUMERO DE NEUTRALIZACION  
ASTM D 664 y D 974

Un aceite de petróleo puede presentar características ácidas o alcalinas (básicas), dependiendo de su origen, proceso de refinación o deterioro en servicio. Los datos sobre la naturaleza y la extensión de estas características pueden ser obtenidos por el número de neutralización de los productos,

o el "número neutro" como usualmente se le conoce. Los dos métodos principales para evaluar el número de neutralización son el ASTM D 664 y el D 974. Aunque los resultados de las pruebas son similares, éstas son idénticas y cualquier reporte de resultados debe ir acompañado del método utilizado. Cantidad de material ácido o básico en una solución puede ser -

**ACIDEZ Y ALCALINIDAD** la cantidad de reactivo agregado. Sin embargo, como los aceites de petróleo no son soluciones acuosas.

Estos dos términos están relacionados con la disociación, de un fenómeno de las soluciones acuosas. La disociación es una forma de ionización, lo cual es un rompimiento natural de las moléculas en iones positivos y negativos. Si la composición química de las soluciones acuosas es tal que los iones de hidrógeno (positivos) son más numerosos que los iones hidróxilos (negativos), la solución es considerada ácida; en el caso contrario se dice que la solución es alcalina o básica. Un mayor exceso de cualquiera de estos iones, mayor es la acidez o alcalinidad de la solución. Si la cantidad de iones hidrógeno e hidróxilo son iguales, la solución es por definición, neutra, y es la neutralidad. El valor del pH de una solución puede ser determinado.

**TITULACIÓN** camente. Cuando dos electrodos de diferentes materiales son sumergidos en la solución, un pequeño potencial

Debido a que la acidez y alcalinidad son características -

Opuestas, una solución ácida puede ser neutralizada (o hecha más alcalina) mediante la adición de una base. Lo contrario también se puede lograr. En ambos casos, la neutralización va acompañada de titulación, la adición gradual de un reactivo hasta que un punto final específico es logrado. La cantidad de material ácido o básico en una solución puede ser medida en términos de la cantidad de reactivo agregado. Sin embargo, como los aceites de petróleo no son soluciones acuosas, no puede decirse que son alcalinos o ácidos. A pesar de todo, estos pueden ser modificados para que presenten estas propiedades, mediante la adición de agua - más alcohol para extraer los compuestos ácidos o alcalinos solubles en aceite de la muestra y para disolverlos en el agua. Este principio es utilizado en la determinación del punto de neutralización. Si se titula con ácido para dar un número básico total. Si, por el contrario, la lectura inicial del pH está por debajo de cuatro (aproximadamente), la mezcla puede ser titulada con base. La acidez o la alcalinidad pueden también ser expresadas de acuerdo con la escala pH, donde el cero representa la máxima acidez y el 14 la máxima alcalinidad y siete la neutralidad. El valor del pH de una solución puede ser determinado electrolíticamente. Cuando dos electrodos de diferentes materiales son sumergidos en la solución, un pequeño potencial eléctrico (voltaje) es generado entre ellos y la magnitud y

#### PUNTOS EXTREMOS

La polaridad de este potencial puede ser relacionado directamente con el valor pH.

La titulación de los puntos extremos o finales no es la combinación de las lecturas de pH, pero si las inflexiones

#### METODO POTENCIOMETRICO

de la curva reactiva contra pH. Si estos puntos extremos representan una condición perfecta de neutralización, este es Este método para determinar el número neutro (ASTM D 664)

de menor importancia. Con los procedimientos de la prueba está basado en el principio electrolítico, pH, como una indicación potenciométrica y anotado contra la cantidad de reactivo añadido. Si el valor del pH inicial leído de una

mezcla preparada especialmente oscila entre 4 y 11, aproximadamente, la muestra puede contener ácidos débiles, bases débiles o una combinación equilibrada de los dos. La muestra

El valor inicial del pH debe ser reportado, aunque éste no puede ser titulada hasta un punto final con base para dar un número ácido total y puede ser titulada hasta otro punto final con ácido para dar un número básico total. Si, por el con

#### METODO COLORIMETRICO

trario, la lectura inicial del pH está por debajo de cuatro (aproximadamente), la mezcla puede ser titulada con base hasta un punto donde se obtenga un número ácido fuerte. También puede ser titulada hasta 11, para dar un número ácido total. De manera similar, una muestra que tenga un pH

por encima de once, puede ser titulada con ácido para hacer un color a un pH determinado, cambiando cuando se modifica este valor. Por este medio, un número básico fuerte o un número ácido total puede ser determinado por un indicador

de ser también llevado hasta 4 (aproximadamente) para obtener un número básico total. Mientras que un número ácido fuerte puede

## PUNTOS EXTREMOS

este método no es práctico para la investigación de productos. La titulación de los puntos extremos o finales no es la combinación de las lecturas de pH, pero si las inflexiones de la curva reactiva contra pH. Si estos puntos extremos representan una condición perfecta de neutralización, esta es de menor importancia. Con los procedimientos de la prueba perfectamente normalizados, los resultados obtenidos al alcanzar los puntos extremos pueden ser comparados en una base igual con los otros resultados obtenidos de la misma manera. Además un resultado reportado simplemente como "número neutro", puede ser asumido como un número ácido total. El valor inicial del pH debe ser reportado, aunque éste no sea especificado en el método ASTM.

## METODO COLORIMETRICO

En el método colorimétrico para la determinación del número neutro (ASTM D 974), el punto extremo o final es determinado por el cambio de color del indicador. Este indicador muestra un color a un pH determinado, cambiando cuando se modifica este valor. Por este medio, un número básico fuerte o un número ácido total puede ser determinado por un indicador p-naftolbenceno, mientras que un número ácido fuerte puede

ser valorado con el indicador metil naranja. Sin embargo, este método no es práctico para la investigación de productos oscuros.

REPORTE DE LOS RESULTADOS: Cualquiera que sea el método, todos los números ácidos son expresados en miligramos de hidróxido de potasio (KOH) -una base- requerida para "neutralizar" un gramo de muestra. Por razones de consistencia, el número básico, el cual es obtenido por titulación con ácido clorhídrico (HCL), es expresado en las mismas unidades, el HCL es convertido a unidades de KOH que debería neutralizar.

IMPORTANCIA DE LOS RESULTADOS: Debido a que la acidez está relacionada con la corrosividad, existe la tendencia a atribuirle al aceite propiedades indeseables que tienen un alto número de ácido o un bajo pH. Esta actitud es sustentada por el hecho de que el deterioro de un aceite en servicio (oxidación) es ordinariamente acompañado por un incremento en la acidez. Mientras que esta actitud no está en desacuerdo con los hechos. Su generalización puede conducir a conceptos errados peligrosos.

En primer lugar, el aceite de petróleo no es una solución acuosa e interpretaciones convencionales de acidez o alcalinidad, pueden decir con seguridad que puede seguir en fun-

linidad, no deben ser aplicadas. En segundo lugar, los resultados de las pruebas, mientras envuelvan ciertas implicaciones de acidez o alcalinidad, no distinguen entre las que son desventajas y las que no lo son. Los patrones ASTM establecen que una prueba "no pretende medir en absoluto la propiedad ácida o básica, para ser usada como elemento de juicio en el rendimiento de un aceite bajo condiciones de servicio. No se conoce ninguna relación general entre la corrosión de cojinetes y el número ácido o básico".

Sin embargo, esto no quiere decir que el número neutro o el pH no tiene ninguna importancia. Estos valores son aplicados amplia y efectivamente en los aceites para turbinas, aceites aislantes y muchos otros tipos de aceites en servicio. Con los aceites nuevos, los resultados de esta prueba dan un valor de control de calidad del producto. Con los aceites usados estos pueden servir como una guía de la condición mecánica, cambio en las condiciones de operación o deterioro del producto. Un aumento en el número ácido y/o una reducción en el número básico o el pH son indicativos generalmente de oxidación. Estas también pueden ser relacionadas con la descomposición de un aditivo, muchos de los cuales son alcalinos.

Sin embargo, es imposible generalizar acerca de los límites a los cuales los valores de neutralización de un aceite en servicio, pueden decir con seguridad que puede seguir en fun

cionamiento. Cada combinación de aceite, máquina y tipo de aceite que no fluye por sí mismo a una baja temperatura, no servicio, sigue una regla propia. Solamente a través de la dará una lubricación satisfactoria. El rango hasta el cual experiencia con un conjunto de condiciones específicas, - un aceite puede ser enfriado en forma segura, es llamado el puede determinar a qué número de neutralización un aceite punto de fluidez, la temperatura más baja a la cual un aceite debe ser retirado del servicio. te puede fluir desde su recipiente, por sí mismo.

El comportamiento de un aceite a baja temperatura depende PUNTO DE FLUIDEZ principalmente del tipo de crudo del cual es refinado, el método de refinación y la presencia de aditivos. Las bases ASTM D 97

parafínicas contienen compuestos que permanecen completamente en solución a temperaturas ordinarias. Sin embargo, cuando Es útil conocer hasta que temperatura un aceite de petróleo la temperatura baja, estos compuestos parafínicos se emplea puede llegar, antes de perder sus características de pieza a cristalizar, hasta hacerlo por completo a una temperatura fluido. Esta información debe ser considerada de importancia considerable, por las variaciones existentes en este punto, el aceite no fluirá por sí mismo bajo la influencia de la gravedad. Este aspecto entre diferentes aceites, aun entre aquellos que

tienen viscosidades similares. La cristalización de los componentes parafínicos no significa que en realidad se solidifiquen el aceite, el flujo no te alcanzará una temperatura a la cual no fluirá más, bajo es permitido por la estructura cristalina. Si esta estructura la influencia de la gravedad. Esta condición puede ser causada tanto por el espesamiento del aceite que por lo general permanezca la temperatura por debajo del punto de fluidez. va acompañado por la reducción de la temperatura, como también Por el contrario, un aceite esencialmente nafténico reacciona bién por la cristalización de los materiales parafínicos de una manera diferente. Además de tener un bajo contenido que están contenidos en el aceite y que pueden reducir el flujo de las partes fluidas. Para muchas aplicaciones, un nafténico cuando son enfriados, aunque tengan una viscosidad

similar. Por esta razón su punto de fluidez debe ser deter

minado por el congelamiento de todo el cuerpo del aceite o aceite que no fluye por sí mismo a una baja temperatura, no por la formación de cristales parafínicos. En este caso, dará una lubricación satisfactoria. El rango hasta el cual la agitación tiene un pequeño efecto sobre la fluidez, hasta un aceite puede ser enfriado en forma segura, es llamado el punto de fluidez, la temperatura más baja a la cual un aceite puede fluir desde su recipiente, por sí mismo. El punto de fluidez de un aceite parafínico debe ser bajado sustancialmente mediante un proceso de refinación que re-El comportamiento de un aceite a baja temperatura depende nueva los componentes parafínicos. Sin embargo, para muchos principalmente del tipo de crudo del cual es refinado, el aceites lubricantes, estos compuestos le imparten ventajas método de refinación y la presencia de aditivos. Las bases en el índice de viscosidad y en la estabilidad a la oxidación. parafínicas contienen compuestos que permanecen completamente en solución a temperaturas ordinarias. Sin embargo, cuando, hasta el cual se deben retirar los componentes parafínicos de la temperatura baja, estos compuestos parafínicos se em-ocos. No obstante, es posible reducir el punto de fluidez de pieza n a cristalizar, hasta hacerlo por completo a una temperatura un aceite parafínico con la adición de un depresor de fluidez. Este componente actúa como un aditivo que impide el punto, el aceite no fluirá por sí mismo bajo la influencia crecimiento de los cristales individuales, disminuyendo de de la gravedad. esta manera la resistencia hacia la parte fluida del aceite. La cristalización de los componentes parafínicos no significa. Sin embargo, es necesario hacer énfasis en que un depresor de fluidez que en realidad se solidifican el aceite, el flujo no de fluidez como éste, puede tener un pequeño efecto, sino es permitido por la estructura cristalina. Si esta estructura ninguno, sobre un aceite nafténico. ra es rota por agitación, el aceite empezará a fluir, aunque El punto de turbidez es la temperatura, un poco por encima permanezca la temperatura por debajo del punto de fluidez. al punto de fluidez, a la cual la formación de un cristal. Por el contrario, un aceite esencialmente nafténico reacción parafínico le da al aceite una apariencia oscura. No todos na de una manera diferente. Además de tener un bajo contenido los aceites muestran un punto de turbidez y tiene además un poco de parafina, un aceite nafténico se espesa más que un parafínico cuando son enfriados, aunque tengan una viscosidad

similar. Por esta razón su punto de fluidez debe ser deter

minado por el congelamiento de todo el cuerpo del aceite o por la formación de cristales parafínicos. En este caso, - la agitación tiene un pequeño efecto sobre la fluidez, hasta que sea alcanzada la temperatura.

El punto de fluidez de un aceite parafínico debe ser bajado sustancialmente mediante un proceso de refinación que remueva los componentes parafínicos. Sin embargo, para muchos aceites lubricantes, estos compuestos le imparten ventajas en el índice de viscosidad y en la estabilidad a la oxidación.

Generalmente se establece un límite para un buen rendimiento. **PROCEDIMIENTO:** El punto de fluidez de un aceite puede ser variado por la temperatura previa del aceite y por la agitación. No obstante, es posible reducir el punto de fluidez de un aceite parafínico con la adición de un depresor de fluidez. Para asegurar la obtención de resultados reproducibles, un pretratamiento de la muestra es requerido y se debe seguir un procedimiento específico de calentamiento y enfriamiento. Este componente actúa como un aditivo que impide el crecimiento de los cristales individuales, disminuyendo de esta manera la resistencia hacia la parte fluida del aceite. Sin embargo, es necesario hacer énfasis en que un depresor de fluidez esperado y del tipo de aceite que se está analizando. El aceite calentado es enfriado a intervalos de 5°F. En ninguno, sobre un aceite nafténico.

El punto de turbidez es la temperatura, un poco por encima del punto de fluidez, a la cual la formación de un cristal parafínico le da al aceite una apariencia oscura. No todos los aceites muestran un punto de turbidez y tiene además poca importancia para los aceites lubricantes. Sin embargo,

**REPORTE DE LOS RESULTADOS:** El punto de fluidez es reportado

este valor es importante para los combustibles destilados, el cual es evaluado por el método ASTM D 2500.

(por ejemplo: si el aceite analizado muestra movimiento a

100°F pero no a 50°F, el punto de fluidez reportado es de 100°F).

APARATOS: La muestra de aceite es colocada en un recipiente de prueba enchaquetado, de vidrio. La boca del recipiente es

sellada con un corcho a través del cual se coloca un termómetro para indicar la temperatura de la muestra. Esta temperatura es controlada por baños fríos y calientes, en los

cuales el recipiente debe ser sumergido parcialmente. La est

tación de una bomba puede romper la estructura cristalina.

PROCEDIMIENTO: El punto de fluidez de un aceite puede ser variado por la temperatura previa del aceite y por la agitación. Para asegurar la obtención de resultados reproducibles, un pretratamiento de la muestra se requiere y se debe seguir procedimientos específicos de calentamiento y enfriamiento.

El tratamiento previo consiste en calentar y enfriar la muestra a temperaturas fijadas, las cuales dependen del punto de fluidez esperado y del tipo de aceite que se está analizando.

El aceite calentado es enfriado a intervalos de 50°F. En cada intervalo, el recipiente de prueba es sacado del baño e inclinado por no más de tres segundos. Este procedimiento es

repetido hasta que la muestra cesa de moverse cuando es inclinado el recipiente. Este ayuda a una lubricación completa, cuando un equipo es arrancado en frío. Un valor bajo es de

REPORTE DE LOS RESULTADOS: El punto de fluidez es reportado

como la temperatura, 50°F por encima, a la cual el aceite se mantiene en su posición, cuando se inclina el recipiente - (por ejemplo: si el aceite analizado muestra movimiento a 100°F, pero no a 50°F, el punto de fluidez reportado es de 100°F).

IMPORTANCIA DE LOS RESULTADOS: El punto de fluidez de un aceite está relacionado con su habilidad para empezar a lubricar, cuando una máquina fría se pone a funcionar. La agitación de una bomba puede romper la estructura cristalina que se haya podido formar, si el aceite no está realmente congelado, de este modo restaurándole su fluidez. Pero generalmente el aceite es alimentado a la bomba por gravedad y no se puede esperar que llegue a la bomba bajo estas condiciones, si la temperatura es menor que el punto de fluidez. Los motores de los carros de pasajeros y muchas máquinas que son parados y arrancados bajo condiciones de temperatura bajas, requieren un aceite que fluya adecuadamente cuando está frío.

Más aún, los sistemas de lubricación por circulación, aquellos alimentados por gravedad y los sistemas hidráulicos, - requieren un aceite de buenas propiedades fluidas. Un aceite con bajo punto de fluidez ayuda a una lubricación completa, cuando un equipo es arrancado en frío. Un valor bajo es deseado también, en un aceite para transformador, el cual debe

circular bajo todas las condiciones de temperatura. El control de los grandes aviones depende en gran parte de los aceites hidráulicos que deben permanecer fluidos después de ser expuestos a bajas de temperatura extremas. Para estas aplicaciones y otras similares, el punto de fluidez es una consideración bastante importante. Si la temperatura de un aceite no desciende por debajo del punto de fluidez, el aceite podrá fluir sin ningún inconveniente. Sin embargo, algunas veces sucede que el aceite es almacenado por largos períodos a temperaturas menores que el punto de fluidez. En algunos casos, la estructura de cristales parafínicos que pueden ser formadas bajo estas condiciones, no se podrán derretir ni disolver cuando la temperatura del aceite es elevada nuevamente hasta el punto de fluidez. Para lograr nuevamente que el aceite fluya bajo estas condiciones, es necesario volver a poner las estructuras de cristales parafínicos en solución, mediante el calentamiento del aceite por encima de su punto de fluidez.

El agua usada para **CARACTERISTICAS ANTICORROSIVAS** (Procedimiento A del método D 665) o agua de mar sintética (Procedimiento ASTM, D 665) dependiendo de la información requerida. El agua de mar sintética se prepara de acuerdo a la fórmula dada en el Este método fue diseñado originalmente para indicar la capacidad de un aceite para turbina de vapor de prevenir la

corrosión de las partes férricas cuando el agua se mezcla con el aceite. A pesar de que todavía se usa con este propósito, se ha generalizado su aplicación para indicar las propiedades anticorrosivas de otros tipos de aceites, especialmente los usados en sistemas de circulación. Esta es una prueba dinámica, diseñada para simular la mayoría de las condiciones reales de operación.

En este método, se sumerge una muestra patrón de acero en una mezcla de aceite de prueba y agua bajo condiciones determinadas y en constante agitación. Después de un tiempo específico se examina la corrosión en la muestra de acero. Dependiendo de la apariencia de la muestra, se marca el aceite como adecuado o inadecuado.

#### APARATOS Y MATERIALES

El aparato consta de un baño de aceite a temperatura constante con tapa, un vaso de 400 ml con tapa, equipo para esmerilar y pulir, un agitador y un termómetro.

El agua usada para la prueba puede ser destilada (Procedimiento A del método D 665) o agua de mar sintética (Procedimiento B), dependiendo de la información requerida. El agua de mar sintética se prepara de acuerdo a la fórmula dada en el método ASTM. La muestra usada es un cilindro de acero al car-

bono 1015, 1020 ó 1025 de 2.7 pulgadas de largo y 0.5 pulgadas de diámetro, aproximadamente. Las muestras se pueden usar más de una vez y para cada prueba se deben esmerilar y pulir. Las muestras son rechazadas cuando el diámetro se reduce a 0.375 pulgadas. Es aquella en la cual es visible alguna mancha o huella de corrosión a la luz "normal" (casos de 60 bujías).

#### PROCEDIMIENTO

Lo primero que se hace es preparar la muestra de acero, esmerilándolo y puliéndolo para remover todos los defectos superficiales. A continuación se llena el vaso de 400 ml con 300 ml del aceite que va a ser probado y se coloca en el baño que tiene por objeto mantener la muestra a 140°F. El termómetro y el agitador se introducen en el aceite de prueba las dos muestras se ven corroídas al final de la prueba, a través de la tapa del vaso. Se empieza la agitación y cuando el aceite se reporta como inadecuado. Si una de las muestras de la muestra alcanza los 140°F se introduce el cilindro de acero dentro del aceite a través de otra abertura en la tapa del vaso. Se continúa la agitación hasta que la muestra de acero queda completamente mojada con el aceite. A continuación se saca el termómetro y a través de la abertura dejada libre se agregan 30 ml de agua (ya sea la solución de agua de mar o agua destilada). La agitación se continúa hasta que termine la prueba.

Las observaciones de corrosión después de 12 horas son general  
Para los casos en que se desee un indicativo del grado de -

mente un indicativo de si el aceite es adecuado o no, sin embargo, se acostumbra a prolongar en ensayo hasta 24 horas o más. Al final de la prueba se saca la muestra de acero y se observa la corrosión. Una muestra corroída, de acuerdo con el método de la prueba, es aquella en la cual es visible alguna mancha o huella de corrosión a la luz "normal" (cerca de 60 bujías).

**CORROSION MODERADA:** Cuando la corrosión es mayor que la DETERMINACION DE "ADECUADO" A "INADECUADO" anterior pero reducida a menos de un 5% de la superficie de la muestra.

Para poder considerar que un aceite sirve o es inadecuado, la prueba se debe hacer por duplicado. Si al final de la prueba las dos muestras no presentan indicios de corrosión, se considera que el aceite es adecuado. Si por el contrario las dos muestras se ven corroídas al final de la prueba, el aceite se reporta como inadecuado. Si una de las muestras de la prueba por duplicado se ve corroída y la otra sin indicios de corrosión, se repite la prueba con dos muestras adicionales. Los resultados obtenidos con un aceite de referencia se reportan como "adecuado" o "inadecuado". La prueba puede efectuarse con agua destilada o con agua de mar sintética y con intervalos de tiempo variables. Si cualquiera de las dos presenta indicios de corrosión se considera el aceite como inadecuado. Los resultados se deben especificar estas condiciones.

Por ejemplo: "Prueba de Corrosión, ASTM D 665, Procedimiento GRADOS DE CORROSION B, 24 horas - Adecuado".

Para los casos en que se desee un indicativo del grado de -

IMPORTANCIA DE LOS RESULTADOS  
corrosión que se presenta en esta prueba, se recomienda la siguiente clasificación:

La corrosión se puede presentar cuando un aceite lubricante para turbina u otro sistema, esté contaminado con agua. Las partículas de herrumbre actúan como catalizadores que tratan de aumentar la tasa de oxidación del aceite. Las partículas de herrumbre son abrasivas y ocasionan el desgaste y

rayado de las partes críticas. Además, las partículas de herrumbre se pueden añadir a otros contaminantes en un sistema de circulación aumentando la tendencia a la obstrucción de los elementos de poca sección libre, tales como servoválvulas y aumentando la probabilidad de taponamiento de los filtros.

**CORROSION LEVE:** Cuando la corrosión se manifieste por no más de seis manchas, cada una de un diámetro menor o igual a 1 mm.

**CORROSION MODERADA:** Cuando la corrosión es mayor que la anterior pero reducida a menos de un 5% de la superficie de la muestra.

**CORROSION SEVERA:** Cuando la corrosión cubre más de un 5% de la superficie de la muestra.

En algunos casos, las características de corrosión de un sistema en servicio son mejores que las resultantes de ensayar una muestra de aceite usado, debido a la acción de inhibidor polar de corrosión sobre las superficies metálicas. Debido a los resultados obtenidos con un aceite determinado se deben reportar como "adecuado" o "inadecuado". Debido a que la prueba se presentará mayor corrosión en la prueba que en servicio se puede efectuar con agua destilada o con agua de mar -

sintética y con intervalos de tiempo variables, en el reporte de los resultados se deben especificar estas condiciones.

La relativa capacidad de un aceite para prevenir la corrosión puede llegar a ser una propiedad crítica en muchas aplicaciones. Per ejemplo: "Prueba de Corrosión, ASTM D 665, Procedimientos. Como se dijo anteriormente, este método fue utilizado B, 24 horas - Adecuado".

inicialmente para aceites de turbinas de vapor solamente. Sin embargo, la prueba se utiliza ahora para otros aceites con di

## IMPORTANCIA DE LOS RESULTADOS

La corrosión se puede presentar cuando un aceite lubricante para turbina u otro sistema, esté contaminado con agua. Las partículas de herrumbre actúan como catalizadores que tratan de aumentar la rata de oxidación del aceite. Las partículas de herrumbre son abrasivas y ocasionan el desgaste y rayado de las partes críticas. Además, las partículas de herrumbre se pueden añadir a otras contaminantes en un sistema de circulación aumentando la tendencia a la obstrucción de los elementos de poca sección libre, tales como servoválvulas y aumentando la probabilidad de taponamiento de los filtros.

En algunos casos, las características de corrosión de un sistema en servicio son mejores que las resultantes de ensayar una muestra de aceite usado, debido a la acción de inhibidor polar de corrosión sobre las superficies metálicas. Debido a que la muestra de aceite estará disminuida a causa del inhibidor se presentará mayor corrosión en la prueba que en servicio.

La relativa capacidad de un aceite para prevenir la corrosión puede llegar a ser una propiedad crítica en muchas aplicaciones. Como se dijo anteriormente, este método fue utilizado inicialmente para aceites de turbinas de vapor solamente. Sin embargo, la prueba se utiliza ahora para otros aceites con di-

ferentes aplicaciones, siempre que exista la posibilidad de  
contaminación con agua.

Por esta misma razón, el valor de la viscosidad de un acei-  
te debe ir siempre acompañado por el de la temperatura a  
la cual fue determinado. El valor de la viscosidad, por sí  
solo, no significa nada.

### VISCOSIDAD

ASTM D 88, D 445, REDWOOD Y ENGLER

Los dos métodos más comunes para probar la viscosidad de  
un aceite lubricante son el Saybolt y el cinemático. De es-  
ta viscosidad es probablemente la propiedad física más im-  
portante de un aceite lubricante de petróleo. Esta es la me-  
dida de las características de flujo del aceite, entre más  
espeso sea, mayor es su viscosidad y mayor su resistencia a  
fluir. El mecanismo para establecer la adecuada película de  
lubricante, depende en gran parte de la viscosidad.  
Para evaluar la viscosidad de un aceite, numéricamente, cual-  
quiera de las muchas pruebas estándar puede ser utilizada.

Aunque estas pruebas difieren unas de otras en mayor o en me-  
nor grado, utilizan básicamente el mismo principio. Todas  
ellas miden el tiempo requerido por una cantidad específica  
de aceite, a una temperatura dada, para fluir por acción de  
la gravedad a través de un orificio o estrangulamiento de  
dimensiones especificadas. Entre más espeso sea el aceite,  
mayor será el tiempo requerido para que pase.

Es importante tener un control estricto de la temperatura. La  
viscosidad de cualquier aceite de petróleo aumenta cuando el

aceite es enfriado y disminuye cuando éste es calentado. Por esta misma razón, el valor de la viscosidad de un aceite debe ir siempre a compañado por el de la temperatura a la cual fue determinado. El valor de la viscosidad, por si solo, no significa nada.

Los dos métodos más comunes para probar la viscosidad de un aceite lubricante son el Saybolt y el cinemático. De estos dos el que se encuentra más frecuentemente asociado con los aceites es el Saybolt (ASTM D 88). Sin embargo, el método cinemático (ASTM D 445) se considera más preciso.

Existen también los métodos Redwood y Engler, usados ampliamente en Europa, pero de muy poca utilización en los Estados Unidos. Cada una de las pruebas requiere de su propio aparato (viscosímetro).

(diferente. La viscosidad cinemática es usualmente medida

APARATOS: El viscosímetro Saybolt Universal es utilizado para aceites de bajas y medias viscosidades. Consiste de un recipiente cilíndrico para la muestra de aceite y de un frasco de contención, colocado abajo para recibir y medir el aceite descargado del recipiente. En la parte inferior del recipiente existe un orificio de dimensiones específicas, a través del cual fluye el aceite. El flujo de aceite es controlado por una válvula.

El recipiente con el aceite está enchaquetado con un baño  
PROCEDIMIENTO: (a) Método Saybolt - Con el aceite a la tem-

de agua para facilitar que la temperatura del aceite se mantenga constante. Las temperaturas son controladas por dos termómetros, uno colocado en el aceite y otro en el baño. Para ajustar la temperatura, se utiliza una fuente externa de calor, la cual es aplicada al baño. El tiempo de flujo del aceite hasta el frasco receptor es tomado con un cronómetro. Para los aceites muy viscosos, se utiliza el viscosímetro Saybolt Furol. Este aparato difiere del viscosímetro Saybolt Universal, únicamente en el diámetro del orificio por donde escurre el aceite. Para aceites pesados, un orificio más largo reduce el tiempo de flujo, el cual puede ser medido sin dificultad. El viscosímetro cinemático ejerce las mismas funciones que el viscosímetro Saybolt, aunque su construcción es bastante diferente. La viscosidad cinemática es usualmente medida por el instrumento Ubbelohde, una especie de tubo en U con cierto número de bulbos y estrangulamientos que le han sido incorporados. Cada tubo está relacionado de acuerdo con la velocidad a la cual el agua pasa a través de él, existiendo por consiguiente varias clases de tubos, para diferentes rangos de viscosidad del aceite. Los equipos Redwood y Engler son en general, del mismo tipo que los Saybolt. Para un aceite dado, el valor Saybolt Universal será de más o menos diez veces más alto que el valor

PROCEDIMIENTO: (a) Método Saybolt - Con el aceite a la tem-

peratura de prueba, usualmente 100°F o 210°F, se retira la válvula del recipiente que contiene el aceite, permitiéndole fluir al frasco receptor. El tiempo requerido para llegar hasta la marca de 60 cc es anotado.

(b) Método Cinemático - El tubo Ubbelohde es llenado con aceite hasta cierto nivel predeterminado, sumergiéndolo luego en un baño de aceite para que alcance la temperatura de prueba. Cuando se haya logrado este valor, el aceite en un lado del tubo es levantado por succión, hasta una altura especificada. Luego se retira la succión, permitiéndole al aceite fluir nuevamente hacia abajo, a través de un capilar estrecho. Observando el nivel superior del aceite, la prueba mide el tiempo requerido por este nivel para pasar entre dos marcas calibradas en el vidrio.

(c) Métodos Redwood y Engler - Estos métodos son similares en el procedimiento general a los Saybolt.

REPORTE DE LOS RESULTADOS: Las viscosidades Saybolt son reportadas como el número de segundos recorridos e indicados por el cronómetro. Para las viscosidades Saybolt Universal las unidades son los Segundos Saybolt Universal (SSU) para viscosidades Furol, sus unidades son los Segundos Saybolt Furol (SSF). Para un aceite dado, el valor Saybolt Universal será de más o menos diez veces más alto que el valor

carga y para dar una protección adecuada a las superficies

Saybolt Furol, a la misma temperatura.

Para la viscosidad cinemática la fórmula es: viscosidad cinemática, en cSt =  $C \times T$ ; donde C es la constante de calibración del viscosímetro y T el tiempo observado de flujo. El valor obtenido por esta fórmula es reportado en centistokes. Las viscosidades Redwood y Engler están también basadas en el tiempo de flujo los datos obtenidos son reportados como "Segundos Redwood" y "Segundos Engler". En todas las pruebas, la temperatura, a la cual es llevada la prueba, es reportada junto con la viscosidad correspondiente.

**IMPORTANCIA DE LOS RESULTADOS:** La viscosidad es casi siempre la primera consideración en la selección de un aceite lubricante. Para una lubricación más efectiva, la viscosidad debe de estar de acuerdo con la velocidad, la carga y la temperatura de la parte lubricada. Una máquina que trabaja a alta velocidad, presiones bajas y temperaturas bajas, debe utilizar un lubricante con un grado bajo de viscosidad. Un aceite que es más pesado de lo necesario introduce una fricción fluida excesiva y crea un arrastre innecesario.

Por el contrario, un equipo que trabaja a bajas velocidades y a altas cargas y temperaturas, deberá ser lubricado con un aceite de alto grado de viscosidad. Un aceite muy delgado no provee una película resistente necesaria para soportar la carga y para dar una protección adecuada a las superficies

en contacto. Por estas razones, la viscosidad y sus pruebas to de ca usar un aumento sensible en la viscosidad, es una juegan un papel importante en la determinación de las propiedades lubricantes de un aceite.

Sin embargo, en adición a todas estas conclusiones directas y obvias para definir la viscosidad de un aceite, cierta in

formación de una fuente indirecta es muy útil. Una vez que la viscosidad de un aceite lubricante ha sido determinada -

por su temperatura de destilación, se observa que la viscosidad y la volatilidad están relacionadas. De un modo general, los aceites más livianos tienen una mayor volatilidad; por consiguiente, bajo condiciones de temperaturas altas,

la volatilidad de un aceite está indicada por su viscosidad; lo cual debe ser tenido muy en cuenta.

Aunque la importancia de los resultados de las pruebas de viscosidad, ha sido considerada desde el punto de vista de aplicaciones. La propiedad de resistir cambios en la viscosidad con los cambios de temperatura, es expresado como el índice de viscosidad (IV). Este índice es un valor numérico del cárter de los sistemas de circulación o de las cajas de engranajes, son casi siempre analizados para determinar su factibilidad de nuevo uso o para diagnosticar defectos en el

rendimiento y funcionamiento de la máquina.

Un incremento en la viscosidad durante el servicio puede indicar una oxidación del aceite. La oxidación de moléculas de aceite incrementa su tamaño y por consiguiente el espesamiento del aceite. Cuando la oxidación ha avanzado hasta el punto

to de ca usar un aumento sensible en la viscosidad, es una señal de una apreciable deterioración del aceite.

## INDICE DE VISCOSIDAD

ASTM D 567 y D 2270

Los líquidos tienen la tendencia a adelgazarse cuando son calentados y a pesar cuando son enfriados. Sin embargo, esta relación de la viscosidad con la temperatura, cambia en una otra proporción dependiendo del líquido.

Muchas veces, como los líquidos de petróleo, los cambios de la viscosidad pueden tener marcados efectos en el rendimiento de un producto, o en su factibilidad para ciertas aplicaciones. La propiedad de resistir cambios en la viscosidad con los cambios de temperatura, es expresado como el índice de viscosidad (IV). Este índice es un valor numérico abstracto y empírico. Entre mayor sea el IV, menor es el cambio de viscosidad con la temperatura.

## CONCEPTO DE INDICE DE VISCOSIDAD

Uno de los aspectos que permitió el rápido desarrollo del índice de viscosidad, fue la observación inicial, que para

los aceites de igual viscosidad a una temperatura dada, un aceite nafténico se adelgaza más a una alta temperatura que un aceite parafínico. Sin embargo, no existía un único parámetro que pudiera expresar este tipo de relación con los cambios de temperatura.

El sistema del índice de viscosidad desarrollado fue basado en la comparación entre las características de viscosidad de un aceite, con las de los aceites "patrones". Un aceite nafténico en una serie de grados con diferentes viscosidades a una temperatura dada, cuyas viscosidades cambian en un amplio rango con los cambios de temperatura, les fue asignado un número arbitrario de cero. La serie parafínica, cuyas viscosidades cambian menos con la temperatura, les fue asignado un IV de 100. Con los datos tabulados de viscosidades de estas dos series de aceites, el IV de cero y el IV de cualquier aceite puede ser expresado como un porcentaje relacionado con la temperatura de 100°F del aceite de prueba, entre el IV de cero y el IV de 100, todos los cuales tenían la misma viscosidad a 210°F. Esto está ilustrado en la Fig.

El sobre la base de la siguiente fórmula: ser calculado de las tablas o gráficas incluidas en los métodos ASTM. Para IV menores de 100 los métodos ASTM D 2270 y ASTM D 567 son idénticos, cualquiera de los I.V. =  $\frac{L-U}{L-H} \times 100$  grado. Para IV mayor de 100 debe ser usado el método ASTM D 2270. Debido a que este método es el más completo, la Exxon/Esso lo utiliza pre-

donde L es la viscosidad a 100°F del aceite de IV de 100 a 100°F, y U es la viscosidad a 100°F del aceite desconocido que se está analizando, y de un aceite puede ser también calculado, con cierta precisión, por medio de las gráficas PATRONES ASTM.

El índice de viscosidad comenzó con el sistema ASTM D 567, el cual ha sido utilizado durante años por la industria petrolera.

Este sistema D 567 es satisfactorio para determinar el IV para la mayoría de los productos del petróleo. Sin embargo, para índices de viscosidad por encima de 125, surgen inconvenientes matemáticos que se vuelven más pronunciados a medida que aumenta el IV. Debido a que día a día se van haciendo más frecuentes los productos con altos IV, se ha desarrollado un nuevo sistema ASTM D 2270, para eliminar estos inconvenientes.

En el caso contrario, el aceite puede volverse demasiado viscoso o puede generar fuerzas

El índice de viscosidad de un aceite puede ser calculado de las tablas o gráficas incluidas en los métodos ASTM. Para IV menores de 100 los métodos ASTM D 2270 y ASTM D 567 son idénticos, cualquiera de los dos puede ser utilizado. Para IV mayor de 100 debe ser usado el método ASTM D 2270. Debido a que este método es el más completo, la Exxon/Esso lo utiliza pre-

ferencialmente. Los índices de viscosidad en futuras publicaciones, serán reportados como valores encontrados con el método ASTM D 2270. El IV de un aceite puede ser también calculado, con cierta precisión, por medio de las gráficas a partir de las Tablas ASTM. El diagrama para un IV mayor de 100 es mostrado en la Fig. 2, basado en el método ASTM D 2270.

Un fluido hidráulico en el sistema de una aeronave puede estar expuesto a temperaturas de 100°F o más.

IMPORTANCIA DEL INDICE DE VISCOSIDAD debajo de cero cuando está en vacío. Para una correcta operación bajo estas condiciones.

Los aceites lubricantes están expuestos a un amplio rango de temperatura durante el tiempo de servicio. A altas temperaturas la viscosidad de un aceite puede bajar hasta puntos donde se rompa la película de lubricación, dando como resultado el contacto metal a metal ocasionando un desgaste severo.

En el caso contrario, el aceite puede volverse demasiado viscoso para una adecuada circulación o puede generar fuerzas tan altamente viscosas que impidan el funcionamiento adecuado de la maquinaria. Por consiguiente, muchas aplicaciones requieren un aceite de altos índices de viscosidad.

Por ejemplo, los aceites de cárter de automóviles no deben ser muy espesos a bajas temperaturas de encendido, impartiendo una carga excesiva para el movimiento del motor. Duran

te tiempo caliente, el aceite debe fluir libremente para dar una completa lubricación a todas las partes del motor. Después que el aceite haya alcanzado la temperatura de operación, éste no se debe adelgazar a tal punto que cause un gran consumo o que la película de lubricación no pueda soportar la carga.

De forma similar, un fluido hidráulico en el sistema de una aeronave puede estar expuesto a temperaturas de 100°F o mayores en tierra y a temperaturas por debajo de cero cuando está en vuelo. Para una correcta operación bajo estas condiciones variables, la viscosidad de un fluido hidráulico debe permanecer relativamente constante, lo cual requiere un índice de viscosidad alto.

Como se sugirió anteriormente mediante la relación entre los aceites nafténicos y parafínicos, el índice de viscosidad de un aceite puede, algunas veces, ser tomado como una indicación del tipo de base utilizada en su elaboración. Un aceite mineral puro con un índice alto (de 80 o más) es probablemente parafínico, mientras que un IV de 40 indica usualmente una base nafténica.

Sin embargo, en general esta relación entre el índice de viscosidad y la base es aplicada únicamente para los aceites minerales puros. Las técnicas de refinación y los aditivos disponibles hoy en día, hacen posible producir aceites naft-

padá con elementos calentantes de acuerdo a la capacidad -

ténicos con muchas de las características de los aceites parafínicos, incluyendo el IV. Por lo tanto el índice de viscosidad debe ser considerado como una indicación de la composición del hidrocarburo, solamente si se cuenta con otra información adicional.

ELEMENTOS NECESARIOS: Unicamente se utilizan como elementos ENSAYO TROPICAL (AGUA SALADA) el producto protector, sal común (NaCl) y agua.

PROPOSITO: El proposito del presente ensayo tiene como fin establecer la oxidación o corrosión sufrida por una determinada pieza o elemento (arma) al estar expuesta a ambientes tropicales salinos. Con dicho ensayo verifica esencialmente las bondades de los productos protectores aplicados en las diferentes piezas a ensayar. No es un control de calidad del producto protector, sino una típica demostración de eficiencia o insuficiencia en el uso específico para el cual se esta ensayando. Ejemplo: un determinado producto puede ser un excelente inhibidor de corrosión pero debido a otras características inadecuadas para utilizarlo en la inhibición de corrosión de determinada pieza y esto es lo que nos determina el presente ensayo.

posibles de cuantificar con exactitud, razón por la cual -  
EQUIPO: Consiste el equipo en una cuba o recipiente completamente cerrado, provista de entrada y salida de agua, equipada con elementos calentantes de acuerdo a la capacidad -

cúbica del recipiente, debe tener un elemento lo más preciso posible de medición de temperatura. Debe estar provista de parrillas o soportes para colocar o colgar las piezas sometidas a ensayo.

ELEMENTOS NECESARIOS: Únicamente se utilizan como elementos de ensayo, la pieza a ensayar, el producto protector, sal común (NaCl), y agua.

PROCEDIMIENTO: Se llena la cuba con agua hasta tres cuartos su volumen ( $3/4 V$ ) se agrega sal común, para obtener porcentajes en peso de 4%, 7% y 12% para tres posibles ensayos se conectan los elementos calentantes y se lleva la temperatura a  $30^{\circ}\text{C}$  y  $35^{\circ}\text{C}$ , temperatura en la cual se mantiene la solución durante todo el ensayo, una vez alcanzada la temperatura deseada, se introducen las piezas dentro de la cuba, a las cuales previamente se les ha efectuado la adicción del protector. Las piezas deben quedar dentro de la solución salina. Deben permanecer entre 21 y 24 horas.

REPORTE DE LOS RESULTADOS: Los resultados obtenidos no son posibles de cuantificar con exactitud, razón por la cual - estos se cualifican así: Piezas que no presentan ninguna corrosión = protección - optima.

Piezas que presentan pequeñas manchas amarillas: buena protección.

Piezas que presentan manchas pequeñas de color oscuro y que se encuentran en toda la superficie : mala protección

Corrosión total tomando la pieza color pardo-rojo: sin protección.

En los resultados debe especificarse:

Temperatura, porcentaje de sal en la solución, tiempo de inmersión de las piezas y características y superficie del ataque.

se lleva la temperatura interna a 60 u 80°C temperatura a ENSAYO TROPICAL (VAPOR CONDENSADO)

zada la temperatura se introducen las piezas, sin que estén

PROPOSITO: El proposito del presente ensayo, tiene como fin establecer la oxidación y corrosión sufrida por una determinada pieza o elemento al estar expuesta a ambientes tropicales

húmedos. Se propone verificar las bondades de los productos protectores a las diferentes piezas que se ensayan,

no es un control de calidad del producto, sino una típica demostración de su eficiencia en el uso específico para el

demostración de su eficiencia en el uso específico para el cual se está ensayando.

Piezas que presentan pequeñas manchas oscuras en toda la superficie: mala protección.

EQUIPO: Consiste el equipo en una cuba o recipiente completamente cerrado, provisto de entrada y salida de agua, equipado con elementos calentantes de acuerdo a su capacidad cu-

bica que debe ser cerrado hermeticamente para evitar las fugas de vapor y tener además los elementos necesarios para medición de temperatura y presión de vapor. del mismo.

ELEMENTOS NECESARIOS: Unicamente se utilizan como elementos necesarios: la pieza a ensayar, el producto protector y agua.

PROCEDIMIENTO: Se llena el recipiente con agua a la mitad de su capacidad, se conectan los elementos calenantes y se lleva la temperatura interna a 60 u 80°C temperatura a la cual se mantiene durante todo el ensayo, una vez alcanzada la temperatura se introducen las piezas, sin que esten en contacto con el agua líquida y se mantienen allí durante un tiempo de 2 a 24 horas.

REPORTE DE LOS RESULTADOS: los resultados obtenidos no son posibles de cuantificar, razón por la cual se cualifican - así: piezas que no presentan corrosión: protección optima. piezas que presentan pequeñas manchas amarillas: buena protección.

Piezas que presentan pequeñas manchas oscuras en toda la superficie: mala protección.

Corrosión total tomando la pieza color pardo-rojo: sin pro-

tección.

En los resultados debe especificarse la temperatura y presión del ensayo así como el tiempo de duración del mismo.

" CA LO CUARTO "

" ACETES PRESEMPLEADOS DE CALIDAD "

El presente capítulo tiene por objeto presentar los principales tipos de preservativos de corrosión y oxidación que se producen en los metales.

En el capítulo anterior se ha visto que los metales se oxidan y corroen cuando están en contacto con el aire y la humedad. Este proceso se acelera cuando el metal está en contacto con ciertos gases y líquidos.

El presente capítulo tiene por objeto presentar los principales tipos de preservativos de corrosión y oxidación que se producen en los metales.

#### " CAPITULO CUARTO "

#### " ACEITES PRESERVATIVOS DE CORROSION "

## ACEITES PRESERVATIVOS DE CORROSION

El presente capítulo tiene por objeto presentar los principales aceites preservativos de corrosión y esencialmente aquellos que se producen en Colombia.

Se enunciarán aquí según las características químicas y físicas y los ensayos a los cuales fueron sometidos con el fin de darnos una idea de su posibilidad de uso en el mantenimiento de armamento.

### " ACEITES PRESERVATIVOS DE CORROSION "

El contacto con agua dulce, salada, vapores, variación de temperatura y humedad, el almacenamiento temporal o definitivo.

#### 31. EFECTOS DE LA PROTECCION

Durante las etapas de la producción, el almacenamiento, el transporte, etc.

#### 32. DESPLAZAMIENTO DE AGUA

FACTORES ACEITES PRESERVATIVOS DE CORROSION PRODUCTOS  
PREVENTIVOS DE CORROSION:

El presente capítulo tiene por objeto presentar los principales aceites preservativos de corrosión y esencialmente aquellos que se producen en Colombia.

Cuál es la naturaleza de la superficie a proteger: Piezas  
Se enumeran aquí según las características químicas y físicas y los ensayos a los cuales fueron sometidos con el fin de darnos una idea de su posibilidad de uso en el mantenimiento de armamento.

2) SEVERIDAD DE LA EXPOSICION:

Bajo techo, a la intemperie  
Contacto con agua dulce, salada, vapores  
Variación de temperatura y humedad  
Almacenamiento temporal o definitivo  
Circulación

3) DURACION DE LA PROTECCION:

1) EFUCBRIMIENTO:

Durante las etapas de un proceso  
En Almacenamiento  
Transporte: Carretera-mar, etc.

4) DESPLAZAMIENTO DE AGUA:

FACTORES A CONSIDERAR EN LA SELECCION DE LOS PRODUCTOS

PREVENTIVOS DE CORROSION:

5) CLASE DE PELICULA PROTECTORA:

1) SUPERFICIE A PROTEGER:

Aceitosa

Cuál es la naturaleza de la superficie a proteger: Piezas individuales.

Forma: Planas, cilíndricas, perforadas, etc.

Posición: Interior o exterior.

6) FORMA DE APLICACION:  
2) SEVERIDAD DE LA EXPOSICION:

Bajo techo, a la intemperie

Contacto con agua dulce, salada, vapores

Variación de temperatura y humedad

Almacenamiento temporal o definitivo

Circulación

3) DURACION DE LA PROTECCION:

7) RECUBRIMIENTO:

Durante las etapas de un proceso

¿Qué cantidad es necesaria?  
En Almacenamiento

¿El exceso se puede drenar o reusar?  
Transporte: Carretera-mar, etc.

8) REMOCION:  
4) DESPLAZAMIENTO DE AGUA:

Las piezas han sido trabajadas con aceites solubles. temporal.

5) CLASE DE PELICULA PROTECTORA:

9) APARIENCIA:

Aceitosa

Cerosa para una inspección rápida y fácil.

Transparente

Opaca LUBRICACION:

Sólida

Si se utiliza en partes internas el protector de corrosión

6) FORMA DE APLICACION: e lubricación, para asegurar que una

puesta en marcha de prueba sea segura y no cause daños a

Brocha pinaria. de aplicación y constante, que el fin

Rodillo partes de la superficie exterior y en general de las

Aspersión

Inmersión

Circulación

7) RECUBRIMIENTO:

Qué cantidad es necesaria?

El exceso se puede drenar o reusar?

8) REMOCION:

Debe ser fácil y completa si es deseada una protección temporal.

#### PARA PROTECCION DE PIEZAS CONTRA EL OXIDO

##### 9) APARIENCIA:

Es un producto liviano, elaborado con aceite mineral, disolvente transparente para una inspección rápida y fácil. Resiste a las acciones del agua y de las sustancias que constituyen las mag-

##### 10) LUBRICACION:

Es un producto especialmente aconsejado para la protección de partes internas. Si se utiliza en partes internas el protector de corrosión debe proveer la suficiente lubricación, para asegurar que una puesta en marcha de prueba sea segura y no cause daños a la maquinaria. Durante su almacenamiento y transporte, con el fin de preservarlas de la humedad ambiente y en general de atmósferas corrosivas.

Quando se aplica por inmersión de las piezas en el producto, el agua y sustancias extrañas desplazadas, bajan y se depositan en el fondo del recipiente.

Quando se aplica con pistola, con brocha o con rodillos, el agua y las sustancias desplazadas salen a superficie, perdiendo contacto con el metal. Después de la aplicación, el solvente se evapora dejando sobre las piezas una fina capa aceitosa protectora y transparente.

MOBILASMA 245 da un excelente recubrimiento (150 metros cua-

MOBILARMA 245) y la película protectora que deja ser prácticamente invisible. Si se desea, es fácilmente removida en

#### PARA PROTECCION DE PIEZAS CONTRA EL OXIDO

Es un producto liviano, elaborado con aceite mineral, disolventes especiales y aditivos que protegen las piezas metálicas del agua y de las sustancias que constituyen las marcas de los dedos.

Es un producto especialmente aconsejado para la protección de piezas finamente acabadas, contra los daños ocasionados durante el manejo entre operaciones de maquinado. También se recomienda aplicar MOBILARMA 245 antes del empaque de las piezas para su almacenamiento y transporte, con el fin de preservarlas de la humedad ambiente y en general de atmósferas corrosivas.

Cuando se aplica por inmersión de las piezas en el producto, el agua y sustancias extrañas desplazadas, bajan y se depositan en el fondo del recipiente.

Cuando se aplica con pistola, con brocha o con rodillos, el agua y las sustancias desplazadas salen a superficie, perdiendo contacto con el metal. Después de la aplicación, el solvente se evapora dejando sobre las piezas una fina capa aceitosa protectora y transparente.

MOBILARMA 245 da un excelente recubrimiento (180 metros cua-

drados por galón) y la película protectora que deja es prácticamente invisible. Si se desea, es fácilmente removida en Kerosene o solventes del petróleo.

#### CARACTERISTICAS TIPICAS

MOBILARMA 245

Gravedad API 37.1

Punto de Infamación, °F 100

Viscosidad SSU a 100°F 33

Color Pardo oscuro

Numero Neutralización 0.385

Corrosión Lámina cobre pasa

#### ADITIVOS

Antioxidantes.

Antiherrumbre.

Para aumentar lubricidad.

(Continua...)

## VEEDOL AVALON PICAS

La línea de productos VEEDOL AVALON, son aceites altamente refinados, con aditivos especiales.

Se recomiendan para ser utilizados como medio hidráulico, en todos los sistemas de transmisión de fuerza.

Las cualidades excepcionales, de los aceites VEEDOL AVALON, son ventajosas, cuando se usan en controles hidráulicos, equipos que trabajen a altas velocidades; como tornos, taladros, frezadoras, prensas hidráulicas, guillotinas y cargadores; cojinetes planos, rodamientos y balineras, engranajes cerrados, sistema de circulación y transferencia de calor.

### ADITIVOS

Antioxidantes.

Anti herrumbre.

Para aumentar lubricidad.

(Continua...)

## CARACTERISTICAS TIPICAS

### VEEDOL AVALON PRIMERA CALIDAD PARA TURBINAS 50

Gravedad API	30
Punto de Inflamación 'F Min.	390
Punto de Fluidéz 'F Max.	0
Viscosidad SSU 100 'F.	150-165
Viscosidad SSU 210 'F.	44
Indice de Viscosidad, Min.	70-75
Color ASTM	1.5
Sentistoke a 40 'C.	28,8-32.0

TERESSO 68 es la recomendación general para la lubricación de turbinas con acople por engranajes de simple reducción.

Las anteriores indicaciones son de carácter general y, por lo tanto, debe recurrirse siempre a las recomendaciones específicas del fabricante de la turbina.

Los aceites TERESSO se formulan a partir de bases especialmente refinadas para proveer la estabilidad química y la larga duración que se requiere en la lubricación de turbinas. Su formulación también incluye un paquete de aditivos seleccionados y balanceados para inhibir la oxidación, la corrosión, la formación de espuma y el atrapamiento de aire en el seno del aceite. Poseen excelentes propiedades demulsifican-

tes, indispensables en TERESSO tipo de aceites, porque siempre existe la posibilidad de que el sistema de aceite llegue a LUBRICANTES DE PRIMERA CALIDAD PARA TURBINAS sistema de refrigeración; su habilidad para separarse del agua garantiza TERESSO es una línea de aceites importada por la Esso Colombiana, S.A., para proveer la más efectiva y confiable lubricación a las turbinas que operan en Colombia. Están disponibles en los grados 32, 46 y 68; estos números representan su viscosidad del sistema ISO.

TERESSO 32 es la recomendación general para lubricar turbinas acopladas directamente. Sin embargo, algunos fabricantes europeos, como Brown-Boveri, prefieren un aceite más viscoso como el TERESSO 46.

TERESSO 68 es la recomendación general para la lubricación de turbinas con acople por engranajes de simple reducción.

Las anteriores indicaciones son de carácter general y, por lo tanto, debe recurrirse siempre a las recomendaciones específicas del fabricante de la turbina.

Los aceites TERESSO se formulan a partir de bases especialmente refinadas para proveer la estabilidad química y la larga duración que se requiere en la lubricación de turbinas. Su formulación también incluye un paquete de aditivos seleccionados y balanceados para inhibir la oxidación, la corrosión, la formación de espuma y el atrapamiento de aire en el seno del aceite. Poseen excelentes propiedades demulsifican-

tes, indispensables en este tipo de aceites, porque siempre existe la posibilidad de que el sistema de aceite llegue a agua, bien sea como vapor condensado o del sistema de refrigeración; su habilidad para separarse del agua garantiza una lubricación segura y una decantación o centrifugación rápida.

PRECAUCION: La contaminación de los aceites TERESSO, aún con pequeñas proporciones de aceites detergentes para motores, desmejora sus propiedades y puede causar problemas operacionales por formación excesiva de espuma y taponamiento de filtros y conductos de diámetro reducido.

#### INSPECCIONES TIPICAS

	TERESSO		
Grado ISO	32	46	68
Apariencia	Claro y Brillante		
Número Agma	-	1	2
Gravedad API	33.2	30.7	30.4
Gravedad específica	0.859	0.872	0.874
viscosidad			
a 40°C, Cst	30.1	42.9	63.7
100°C, Cst	5.4	6.6	8.7
100°F, SSU	154.5	222	329
210°F, SSU	44.3	48.3	55.5

Indice de Viscosidad	(LIMPIADOR 112 DE 105 (INA))	108
Punto de chispa, °F	LUBRICANTE PR 410 VATI 435 MEDIANO 455	
Punto de Fluidez, °F	LIMPIADORES +15 DTEC +15 S	+20
Número de Neutralización	0.05      0.08	0.08

Los NUBARAKLENS 626 y AP-926, son fluidos limpiadores, protectores especiales contra la polvora, gases de explosión, corrosión, oxidación y herrumbre. Tienen características excepcionales de limpieza y lubricación constante para todos los tipos de armas por debajo de la película aplicada. Cada producto es el resultado de una formulación científicamente balanceada, de productos químicos con aditivos especiales y solventes específicos que al evaporarse, después de la aplicación, dejan una película protectora adecuada para la protección completa y total contra los agentes corrosivos, a l mismo tiempo, son impermeables, siendo capaces de una lubricación continua de las superficies con las que están en contacto.

El NUBARAKLEN-626, El Limpiador de Anima, es un líquido móvil altamente penetrante, concebido para ser usado en la limpieza de las armas portátiles y armas automáticas de aviación, para proteger temporalmente contra la corrosión, las superficies sobre las cuales se aplique.

El AP-926, es un Aceite Lubricante Preservativo Mediano, para la lubricación y protección contra la corrosión de meta-

NUMARAKLEN-626 (LIMPIADOR DE ANINA)  
AP-926 - (ACEITE LUBRICANTE PRESERVATIVO MEDIANO)  
FLUIDOS - LIMPIADORES PROTECTORES

Los NUMARAKLENS 626 y AP-926, son fluidos limpiadores, protectores especiales contra la polvora, gases de explosión, corrosión, oxidación y herrumbre. Tienen características excepcionales de limpieza y lubricación constante para todos los tipos de armas por debajo de la película aplicada. Cada producto es el resultado de una formulación científicamente balanceada, de productos químicos con aditivos especiales y solventes específicos que al evaporarse, después de la aplicación, dejan una película protectora adecuada para la protección completa y total contra los agentes corrosivos, a l mismo tiempo, son impermeables, siendo capaces de una lubricación continua de las superficies con las que están en contacto.

El NUMARAKLEN-626, El limpiador de Anima, es un líquido móvil altamente penetrante, concebido para ser usado en la limpieza de las armas portátiles y armas automáticas de aviación, para proteger temporalmente contra la corrosión, las superficies sobre las cuales se aplique.

El AP-926, es un Aceite Lubricante Preservativo Mediano, para la lubricación y protección contra la corrosión de meta-

les ferrosos y no ferrosos; interiores de cajas de engranes, transmisiones, diferenciales, mecanismos de piezas de artillería y armas portátiles, durante el uso normal y en almacenamientos prolongados.

Este aceite no será usado para la protección de los motores de combustión interna.

Viscosidad	37°C	Min. 12
	-40°C	Max. 7000
Punto de inflamación:		Min. 135°C
Estabilidad:		± 0.2
Neutralización:		Max. 0.2
Protección a la corrosión		Max. 3 manchas
		sobre pieza
Cebada de vapor de agua	a 49°C por 192 hr.	No mayores de 1mm de diametro

APLICACIONES

Se utiliza para la lubricación de motores, bombas y maquinaria en general, especialmente en máquinas, aviones, etc. que se usan en condiciones de alta temperatura y alta velocidad.

ACEITE LUBRICANTE 5- GENERAL PURPOSE

PRESERVATIVO

DESCRIPCIÓN: MIL. VV - L - 800

Aceites anticorrosivos especialmente elaborados para la pro-

Viscosidad superficie 37°C ctercs. de pieza, Min. 12 están so-  
metidas a mucho mane-40°C en lcs. cuales deja Max. 7000 ula pro

Punto de inflamación: inación. Min. 135°C

Estabilidad: ± 0.2

Neutralización: MEDIAS Max. 0.2

Protección a la corrosión Max. 3 manchas

Punto de	Punto de	Viscosidad	sobre pieza de
Cabida de vapor de	aguación °C	50°C	100
a 49°C por 192 hr.	-18	2.9	No mayores de 1mm
			de diametro

APLICACIONES

Se utilizan para la protección de repuestos, equipos y ma-  
quinaria a grícola, herramientas, turbinas, compresores, ar-  
mas de fuego, accesorios de automóviles, chapas y flejes la-  
minados en frío, etc. que han de estar almacenados por cor-  
to o mediano espacio de tiempo.

## ENSIS OILS 152/158

### DESCRIPCIÓN:

Aceites anticorrosivos especialmente elaborados para la protección de superficies externas de piezas, que no están sometidas a mucho manejo, en las cuales deja una película protectora de fácil eliminación.

### CARACTERÍSTICAS MEDIAS

Punto de inflamación °C	Punto de Congelación °C	Viscosidad °E		Indice de viscosidad
		50°C	100°C	
183	-18	2.9	2.1.35	-

### APLICACIONES

Se utilizan para la protección de repuestos, equipos y maquinaria a grícola, herramientas, turbinas, compresores, armas de fuego, accesorios de automóviles, chapas y flejes laminados en frío, etc. que han de estar almacenados por corto o mediano espacio de tiempo.

Solo un estudio detallado y completo en el cual se efectuarían pruebas de laboratorio necesarias para determinar las características propias de cada uno de los aceites, y se efectuarían los ensayos necesarios para determinar su eficiencia en la aplicación para el mantenimiento preventivo que ejecuta el solda de sobre el armamento en acero, daría una idea clara y precisa de el aceite a emplear, de su forma de empleo y de la cantidad necesaria.

Las características químicas y físicas las puede y debe dar el vendedor del producto y solo servirían para determinar que el producto que **V CONCLUSIONES** "al que se compró, para lo importante para el ejercicio sería el montar los ensayos de cámara salina y cámara de condensación para determinar realmente la aplicabilidad del producto que se va a adquirir en la forma eficiente deseada, ya que sea adecuación oportuna los aceites no se utilizan por sus características - si no por sus propiedades y que dichas propiedades sean realmente eficientes en la forma, en el lugar, en el tiempo y en la pieza o elemento en que se va aplicar.

Los aceites aquí presentados son todos buenos agentes de preservación de la corrosión, pero indudablemente solo por ensayo directo sobre la pieza en la cual se va a utilizar, se determinaría el más conveniente. Debe pensarse en la instalación de un laboratorio, para determinar los productos que

Solo un estudio detallado y completo en el cual se efectuen las pruebas de laboratorio necesarias para determinar las características propias de cada uno de los aceites, y se efectuen los ensayos necesarios para determinar su eficiencia en la aplicación para el mantenimiento preservativo que ejecuta el soldado sobre el armamento en mano, daría una idea clara y precisa de el aceite a emplear, de su forma de empleo y de la cantidad necesaria. ~~que la planta de Sofass~~

Las características químicas y físicas las puede y debe dar el vendedor del producto y solo servirían para determinar que el producto que se recibe es aquel que se compró, pero lo importante para el ejercito sería el montar los ensayos de cámara salina y cámara de condensación para determinar realmente la aplicabilidad del producto que se va a adquirir en la forma eficiente deseada, ya que sea adecuación oportuna los aceites no se utilizan por sus características si no por sus propiedades y que dichas propiedades sean realmente eficientes en la forma, en el lugar, en el tiempo y en la pieza o elemento en que se va aplicar.

Los aceites aquí presentados son todos buenos agentes de preservación de la corrosión, pero indudablemente solo por ensayo directo sobre la pieza en la cual se va a utilizar, se determinaría el más conveniente. Debe pensarse en la instalación de un laboratorio, para determinar los productos que

se deben adquirir y para verificar que las entregas correspondan a los productos comprados.

Otra vía de solución será realizar estos estudios por empresas especializadas. Cuestión muy difícil de efectuar ya que no hay empresa que tenga la totalidad de los equipos necesarios y los costos para obtener resultados óptimos serían muy altos.

Sin embargo se pone de manifiesto que la planta de Sofasa en Duitama y la planta de Chrysler en Bogotá, están en capacidad de efectuar algunos de estos ensayos.

Sofasa puede determinar: Viscosidad, contenido de cenizas, temperatura de auto-ignición, punto de chispa, número de neutralización.

El Instituto de ensayos e investigaciones también puede realizar los mismos ensayos.

Chrysler puede realizar los mismos ensayos y además el de Camara Salina.

5.- MANUALES Y REPORTES TÉCNICOS DE: MOBIL, ESSO, SHELL, MOLIKOTE, TEXACO, Y CORROSION CONTROL DE COCAINETA.

BIBLIOGRAFIA

INDICE

- 1.- ASTM Standar. Parte II. NON METALLIC MATERIAL?  
American Society Fortesting Materials, Philadel-  
phia 1967, pag. 504 a 655.
- 2.- LUBRICANTS AND. LUBRICATION, James I. Clower,  
Mcgraw-Hill book company, Inc, New York 1969.
- 3.- PRACTICE OF LUBRICATION, Tc. Thomsen, Mcgraw Hill  
book company, Inc, New York 1972.
- 4.- CONTROLDE CALIDAD, SU APLICACION A PRODUCTOS DEL  
PETROLEO, Traducida de una publicación de Exxon  
Company, U.S.A. por el grupo tecnico de traducción  
de ESSO inter-america.
- 5.- MANUALES Y REPORTES TECNICOS DE: MOBIL, ESSO, SHELL,  
MOLIKOTE, TEXACO, Y CORROSION CONTROL DE COLOMBIA.

## INDICE

	HOJA
Los aceites (una introduccion a su estudio) .....	9
La Corrosión (causas, presentación) .....	17
Control de calidad (ensayos de laboratorio según normas A.S.T.M.) .....	34
Aceites preservativos de corrosión .....	103
Conclusiones .....	118
Bibliografía .....	121

37234