

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARY  
ANN ARBOR, MICHIGAN

UNIVERSITY MICROFILMS  
SERIALS ACQUISITION  
300 NORTH ZEEB ROAD  
ANN ARBOR, MICHIGAN 48106

THIS PROFESSIONAL  
SERIALS ACQUISITION  
SERVICES DEPARTMENT  
SERIALS ACQUISITION  
SERVICES DEPARTMENT



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE    ING.    ENRIQUE GARCIA GALEANO  
VOCAL            ING.    FIDEL FIGUEROA MARTINEZ  
SECRETARIO    ING.    GILBERTO VILLELA TELLEZ  
1<sup>er</sup> SUPLENTE    QFB.    LUIS SAYAVEDRA SOTO  
2do. SUPLENTE    Q.      CARMEN VAZQUEZ RAMOS

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA SECCION COMBUSTI-  
BLES DE AEROPUERTOS Y SERVICIOS AUXILIARES A.I.C.M.

SUSTENTANTE:    LUIS REGALADO ROBLES

Con cariño a mis padres:

Galdino Regalado S.

Margarita Robles de R.

A mis Hermanos.

A Nena

A mis tíos y primos.

A mis amigos

A mis maestros.

Con especial afecto al Sr. Roberto Galván Leal Ex-Comandante  
del C.R.E.I. del A.I.C.M.

A Aeropuertos y Servicios Auxiliares por las facilidades  
que me brindaron durante mi formación profesional.

# C O N T E N I D O

## CAPITULO I

	Página
Introducción.	1
Objetivo.	1
Datos históricos sobre el petróleo en México.	2

## CAPITULO II

Contaminación en combustibles usados para aviación.	4
A) Microorganismos.	4
Causas que originan la contaminación.	7
B) Surfactantes.	12

## CAPITULO III

La filtración como medio de control de la calidad en el manejo de combustible.	16
Filtros de arcilla.	16
Filtros separadores.	17

## CAPITULO IV

Pruebas mínimas necesarias para garantizar la calidad del combustible antes del servicio.	
A) Viscosidad.	19
B) Peso específico.	22

C) Agua.	25
D) Tolerancia al agua.	26
E) Punto de congelación.	28
F) Corrosión al cobre.	30
G) Prueba Doctor.	32
H) Acidéz.	35
I) Destilación de productos del petróleo.	40
J) Acidéz del residuo de destilación.	48
K) Prueba millipore.	50
L) Tetraetilo de plomo.	54
M) Sulfuro marcaptánico.	58
N) Gomas potenciales.	61
Ñ) Temperatura de inflamación.	66

#### CAPITULO V.

Conclusiones.	71
---------------	----

#### CAPITULO VI

Bibliografía.	74
---------------	----

# C A P I T U L O I

## INTRODUCCION

Durante las últimas décadas, la industria aeronáutica ha venido desarrollando un perfeccionamiento tecnológico notable, del que depende la seguridad humana y económica de varios -- países.

La tecnología de los materiales empleados en la industria aeronáutica, deberá cubrir rigurosamente una serie de especificaciones normadas por Organismos Internacionales especializados, con el fin de asegurar todas las operaciones cuando una - aeronave se encuentra en servicio.

## OBJETIVO

Determinar los requerimientos mínimos necesarios, dentro - de límites de especificación, para el control físico, químico y microbiológico que influyen sobre la calidad de la turbosina y gas-avión, durante su recepción, almacenamiento y despacho.

## DATOS HISTORICOS SOBRE EL PETROLEO EN MEXICO

Los historiadores han podido precisar que, antes de la conquista, el petróleo, esa substancia negra viscosa formada por hidrocarburos, era ya conocida por los pueblos aborígenes que habitaban en las regiones petroleras de nuestro país sobre la cuenca del Golfo de México, y que lo utilizaban como medicamento, pegamento o impermeabilizante, material para algunas construcciones y como incienso en sus ritos religiosos.

Se asegura que los totonacas, que habitaron la mayor parte del estado de Veracruz, recogían el chapopote o -- "hapopoctli" casi a flor de tierra.

Durante la colonia el petróleo pasó desapercibido como materia prima y fuente de energía, esta situación prevaleció durante la independencia.

En 1836, se consignó el descubrimiento de chapopoterías en Tabasco y en 1864, Emperador Maximiliano otorgó algunas concesiones a particulares y una reglamentación incipiente sobre "el labores de las sustancias que no son metales preciosos".

Fué durante el porfiriato cuando se acrecentó el -- auge de concesiones petroleras a empresarios y compañías extranjeras. En 1901 el régimen de Porfirio Díaz expidió

una "Ley del Petróleo" tan lesiva a los intereses Nacionales que declaraba "libre de todo impuesto a las exportaciones de productos naturales refinados o elaborados del petróleo" y solo establecía el pago de cinco centavos por hectárea como derechos.

El 19 de marzo de 1915 el Gobierno constitucionalista de don Venustiano Carranza, expidió en Veracruz un decreto que establecía una comisión técnica para investigar la situación petrolera y su posible reglamentación. Aquella comisión rindió un dictómen indicando que era necesario restituir a la Nación la riqueza del subsuelo. Esa aspiración se logró en la Constitución Política expedida en Querétaro el 5 de febrero de 1917.

Por cuestiones laborales se inicia, en 1934 un conflicto que da lugar a la expropiación petrolera, estallando la huelga de los trabajadores en 1937. El deber del Gobierno Mexicano, al negarse las compañías extranjeras a cumplir sus obligaciones, era poner a salvo el decoro de la Nación, haciendo respetar sus Leyes e Instituciones, dictando el histórico Decreto de Expropiación del 18 de marzo de 1938.

## C A P I T U L O No. II

### CONTAMINACION EN COMBUSTIBLES USADOS PARA AVIACION

#### A) Microorganismos:

En la actualidad la demanda de petróleo y sus derivados como fuente de energía para la industria química, ha traído como consecuencia un incremento en la producción anual mundial. Este dramático incremento en la producción, refinación y distribución del petróleo ha traído consigo, el incremento de la contaminación ambiental.

Se ha estimado que aproximadamente el 0.5% del petróleo crudo transportado a través del mar se queda en este, ya sea por descargas deliberadas o accidentales. La toxicidad del petróleo tanto crudo como refinado afecta a la ecología marina, pero nunca de manera tan alarmante como al hombre. El petróleo crudo contiene sustancias químicas que inhiben el crecimiento y producen mutagénesis y carcinogénesis (5-100 microgramos/lit).

Se puede decir que los problemas microbiológicos originados en el petróleo son complejos. La literatura no proporciona todavía información suficiente, pero se realizan investigaciones en varios centros especializados de todo el mundo.

El principal efecto de la contaminación microbiana, es que incrementa la corrosión, misma que se manifiesta en tanques de almacenamiento, de transporte y aeronaves.

Los microorganismos generalmente se desarrollan en la interfase agua/combustible. El sistema agua/combustible y la presencia de materiales extraños nitrogenados, incrementan el desarrollo de una gran variedad de microorganismos. El porcentaje de agua en el sistema agua/combustible, siempre es diferente y por lo tanto el tipo y número de microorganismos, variará dependiendo de estos porcentajes.

Para determinar la concentración, medio ambiente y efecto de los microorganismos en cualquier etapa de operación del combustible es necesario:

- a) Desarrollo de una prueba rápida para detectar -- una contaminación microbiana significativa.
- b) Investigación del origen de la contaminación del combustible.
- c) Efectos por los cuales se contamina el combustible en la aeronave.
- d) Relación entre los microorganismos y su medio -- ambiente, dentro del tanque de combustible.

Los microorganismos mas comunes encontrados en los combustibles y en el interior de tanques de aeronaves y de almacenamiento son: *Hormodendrum resiniae*, levaduras, hongos, *Pseudomonas aeruginosa*, *micrococcus*, *cornibacterium*, *sarcina* y *alcaligenes*. Todos ellos incrementan la acidéz del combustible, lo que da lugar a un aumento de la corrosión.

La contaminación microbiológica en combustibles de aviación se desarrolla con mayor índice en regiones tropicales y sumamente húmedas, por lo que en estas zonas - habrá mayor corrosión y deterioro en el equipo e instalaciones que se utiliza para estas operaciones. Por las -- condiciones mencionadas predomina el hongo *Cladosporium resiniae*; para determinar el grado de contaminación es po sible llevar a cabo una inspección visual. No obstante -- se encuentran dificultades para determinar correctamente el origen de la contaminación, ya que esta se encuentra en relación directa con la concentración de agua presente en el combustible. El agua proviene de: contaminación directa durante la trayectoria en el transporte y el almacenamiento.

Otros de los microorganismos que aparecen ocasionalmente como contaminantes en el petróleo y el combustible para aviación son: *Arthrobacter*, *Nocardia*, *Nocardia SP*, *Torulopsis gropengiesseri*, *Klebsiella pneumoniae*, *Beije-riackia* y *Flavobacterium*.

## CAUSAS QUE ORIGINAN LA CONTAMINACION

Cuando una parte de petróleo crudo o combustible se agita en diez partes de agua, aproximadamente 0.02% de este es extraído durante la fase acuosa; aunque cuantitativamente ésta es una fracción menor, su importancia debe enfatizarse debido a que contiene los componentes más tóxicos del petróleo. Los compuestos que han sido encontrados en los extractos acuosos procedientes del petróleo incluye fenoles, anilinas y derivados alquilados del benceno y naftaleno.

Los promedios de crecimiento de las bacterias, ya sea en naftaleno, fenantreno y antraceno estuvieron directamente relacionados a las solubilidades de estos hidrocarburos sólidos en el agua; las solubilidades en agua del naftaleno, fenantreno, antraceno y naftaceno son 98; 9.0; 0.45 y 0.07 micromoles respectivamente. Esto ha conducido a sugerir que la bacteria utiliza hidrocarburos aromáticos sólidos solamente cuando se encuentran disueltos.

Como se indicó anteriormente, los extractos acuosos del petróleo contienen un total de 2 a 20 mg de material orgánico por litro. Si consideramos que los compuestos específicos están presentes en el rango de 0.02 a 0.2 mg por litro y que sus pesos moleculares son de 200 aproximadamente, entonces cada uno estará presente en concentraciones iniciales de 0.1 - 10 micromoles. Esto sugeriría que los microorganismos que utilizan la fracción de los extractos acuosos del petróleo deberán tener sistemas de transporte eficientes.

La gran mayoría de microorganismos que degradan el petróleo, se enfrentan al problema de tener que desarrollarse a expensas de un hidrocarburo líquido inmiscible, en un sistema que consiste de cuatro fases: agua, aceite, aire y las células mismas. No obstante se encuentra desarrollo, además los efectos de agitación mecánica la aereación forzada, temperaturas adecuadas, pH y controles nutricionales pueden no ser relevantes para la interacción célula-petróleo como ocurre en la naturaleza.

En la ausencia de una agitación mecánica fuerte, parece probable que el contacto directo representa el tipo principal de interacción. La fase de estudio microscópico del crecimiento celular exponencial de la *Acinetobacter* sp., creciendo ya sea en n-alcano puro o en petróleo crudo, ha demostrado un contacto directo entre las células y las gotas de petróleo. Observándose también una gran afinidad con gotas de petróleo en varias especies de levadura que degradan hidrocarburos.

Enlaces específicos de microorganismos para petróleo pueden ser medidos al filtrar un cultivo utilizando papel filtro de 3 mm de whatman. En este sistema las bacterias unidas a las gotas de petróleo no pasan a través del filtro, mientras que las células no adheridas al petróleo se encuentran en el filtrado. Con estos resultados se puede sugerir que la interacción petróleo-célula ocurre por componentes específicos sobre la superficie externa de la célula, y el promedio de crecimiento puede ser limitado al área de la superficie interfacial comprendida entre el agua y el petróleo.

La degradación de hidrocarburos empieza con la introducción de oxígeno molecular dentro de la molécula. En la degradación bacteriana de hidrocarburos aromáticos, la fisión del anillo requiere una reacción de dihidroxidación, la introducción de ambos átomos de oxígeno molecular dentro del anillo y la formación subsecuente de un cis-diol. La oxidación de hidrocarburos aromáticos ha sido estudiada en una cepa de *P. pútida* que puede utilizar benceno, tolueno o etilbenceno como únicas fuentes de carbón y energía. Células crecidas en tolueno oxidaron rápidamente los tres hidrocarburos aromáticos, mientras que otros bencenos substituídos de alquilo de una cadena mas larga fueron oxidados mas lentamente.

Aquellos microorganismos capaces de utilizar hidrocarburos aromáticos dimetilizados para su crecimiento, parecen oxidar uno de los grupos del metil en la forma de ácido carboxílicos. Otra *Pseudomona* (*Pxy*), capaz de crecer a costa de los *p*-xilenos oxidan al xileno en la forma de ácido antes de que la fisión del anillo ocurra.

La oxidación de *n*-parafinas procede en general vía oxidación terminal y subsecuente beta-oxidación, para producir unidades de dos carbonos. Se ha demostrado que una especie de *Corynebacterium* genera ácidos dicarboxílicos a partir de *n*-alcanos. Resultados similares fueron obtenidos con una cepa de *Pseudomona* que convirtieron *n*-octano en ácido *n*-octanodioico.

Los derivados de cadena ramificada también parecen ser metabolizados a través de la formación de ácidos dicarboxílicos y la subsecuente oxidación. Una cepa de *Brevibacterium* utilizó pristano(2,6,10,14-tetrametilpentadecano), como única fuente de carbón y energía a través de la vía del ácido dicarboxílico.

La oxidación de hidrocarburos es un proceso que puede ser provocado. La habilidad de un substrato particular para actuar como única fuente de carbón y energía, será en función de su habilidad para inducir las enzimas necesarias para su oxidación subsiguiente. La actividad -- completa para la oxidación es inducible en un conjunto de *Pseudomonas*, incluyendo a la *Pseudomonas aeruginosa* -- 473, en el cual los provocadores efectivos incluyen a -- los alcanos mismos, los dioles alifáticos, diéteres de -- cadena recta y los compuestos de dicitlopropil. En la *P. putida* la regulación de la oxidación del alcano ha sido sometida recientemente a los análisis genéticos y fisiológicos. Los resultados demuestran:

- a) La transcripción es un requisito de la inducción
- b) La inducción es coordinada
- c) Los alcanos no necesitan pasar por la oxidación para trabajar como provocadores
- d) La inducción requiere que un extremo de la cadena no tenga grupos terminales de hidroxil.

El control y análisis microbiológico en el petróleo y sus derivados (gasolinas), será diferente en cada caso, ya que el desarrollo microbiano es específico en función del compuesto presente, concentración de agua y otros -- contaminantes. Un control preventivo a la contaminación microbiológica, es una constante eliminación de agua en el combustible principalmente por filtración y drenado.

## B) SURFACTANTES

Los surfactantes son sustancias que modifican las propiedades de superficie de los materiales con los que entran en contacto, se adsorben o se orientan entre dos superficies adyacentes o interface; son compuestos orgánicos y organometálicos que consisten de una cadena hidrocarbonada y un grupo polar; la cadena se orienta hacia las fases oleosas en tanto que el grupo polar hacia la fase acuosa.

Los agentes tensoactivos presentes en el combustible tienen diversos orígenes, algunos son de procedencia natural que no logran eliminarse durante el proceso de refinación, otros se forman en combustible durante el almacenamiento como productos de oxidación como subproductos de las reacciones químicas. Se encuentran suspendidos en gotas emulsificados o como sólidos dispersos, que al llegar a proporciones de 1 ppm ocasionan serios problemas al equipo y a las aeronaves.

Estas sustancias evitan que el agua presente en el combustible se separe y pueda ser eliminada por drenado o por filtración (a través de elementos cualecentes), ya que se encontrará en forma dispersa; incrementando con esto el desarrollo de bacterias y hongos, que conjuntamente reducen el poder cualecente de los elementos filtrantes, que se encuentran en toda la red de recepción, almacenamiento y servicio

Un problema crítico que pueden ocasionar cuando la aeronave alcanza grandes alturas y la temperatura exterior es baja, el agua presente en el combustible se congela, ocasionando el bloqueo de las líneas de abastecimiento, por lo que se obstaculiza la zona de filtrado y el suministro de combustible.

Una de las propiedades de estos agentes, son más solubles en agua que en el mismo combustible, reduciendo la tensión superficial entre el agua y el combustible, -- efecto indeseable para la calidad del combustible ya que hay estabilización en la suspensión de gotas de agua y -- contaminantes, que al llegar a los elementos filtrantes (filtros separadores) son fácilmente saturados, reduciendo el tiempo de operación del elemento.

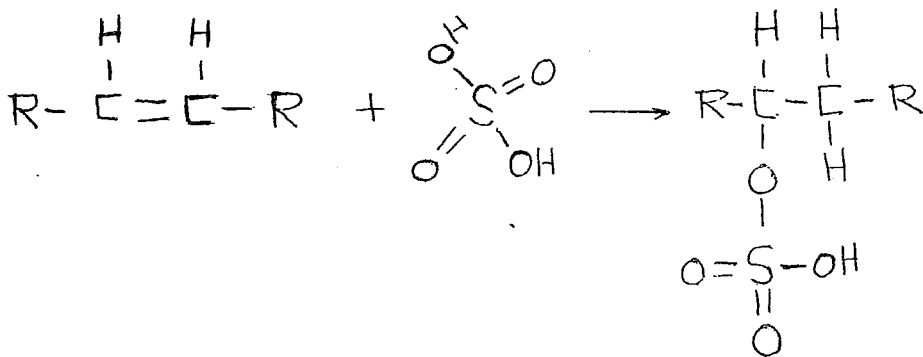
Se ha observado también que los surfactantes se -- adhieren a las superficies metálicas, y que, cuando la cantidad aumenta, precipitan estos formando un líquido -- espeso (lodos) en los fondos de recipientes (tanques de almacenamiento principalmente). Cuando los surfactantes se encuentran en alta concentración aparecen como un líquido cuyo color va de canela a café oscuro.

Actualmente no se ha establecido el límite máximo permisible de surfactantes en el combustible; ya que el incremento de esta contaminación no depende del volumen que se maneja si no de otros factores. Las señales más comunes de riesgos por contaminación de los surfactantes -- son:

- a) Cantidad excesiva de lodos y agua libre a través de todo el sistema.
- b) Cuando se observa espuma en los tanques y filtros separadores.
- c) Filtros separadores saturados.
- d) Precipitación lenta de sólidos, agua en tanques de almacenamiento.

Durante los procesos de refinación suelen producirse surfactantes, que se eliminan completamente bajo condiciones adecuadas. Después de estos procesos quedan residuos del tensoactivo que son por la proporción inofensivos; no obstante esta proporción puede aumentar por -- las condiciones antes mencionadas (oxidaciones subsecuentes).

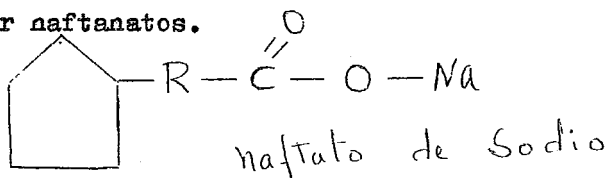
Las olefinas presentes en la querosina se convierten en alquil-sulfatos por el efecto de ácido sulfúrico.



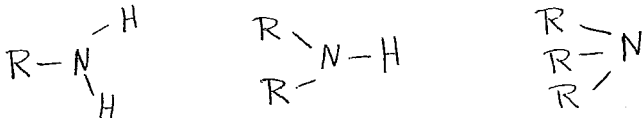
ALQUIL-SULFONATO

Los agentes tensoactivos de origen natural o los -- que resultan de la refinación química mas conocidos en el combustible para aviación, son los naftánicos y los naftatos. Los primeros son derivados de cicloparafinas con cadena ramificada y del orden de quince carbonos a dieciocho carbonos.

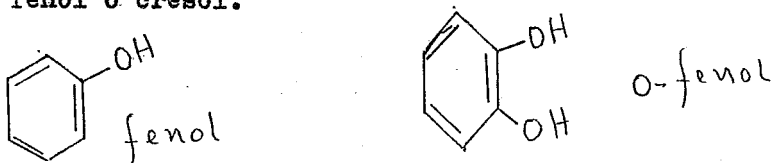
La reacción de estos ácidos, con trazas de metales o álcalis, produce la correspondiente sal del éster es decir naftanatos.



Los surfactantes naturales son aminas.



El radical R puede ser alifático o aromático; originalmente fenol o cresol.



Un control para estas sustancias, consiste en mantener al combustible dentro de especificación de acidéz y alcalinidad adecuadas así como su control fisicoquímico, durante su almacenamiento.

## C A P I T U L O   I I I

### LA FILTRACION COMO MEDIO DE CONTROL DE LA CALIDAD EN EL MANEJO DE COMBUSTIBLE.

---

#### Filtros de arcilla.

El tratamiento de absorción de la arcilla se emplea primordialmente para extraer los agentes tenso-activos - del turbocombustible.

Los tenso-activos disminuyen la eficiencia o inactivan los filtro/separadores, y por consiguiente hacen que el material en partículas y el agua permanezcan en los - turbocombustibles. Por lo tanto el tratamiento de arcilla reduce la oclusión de los filtro/separadores causada por limo bacterial y reduce también los problemas de corrosión en los tanques de las aeronaves cuando la propagación de bacterias es causada por el combustible. Los filtros de arcilla pueden instalarse en plantas de almacenamiento, refinerías o instalaciones destinadas al manejo de combustibles en aeropuertos cuando los métodos - de prueba, reacción de agua y color millipore, indican - la presencia de tenso-activos.

Hay dos tipos básicos de filtros de arcilla; el tipo de cartucho y el tipo de granel. El primer tipo están hechos primordialmente de tierra de batán (attapulгите y montmorillonite), especialmente procesada y empacada en un cartucho del tipo de talego tejido. El segundo tipo - es una unidad especialmente diseñada con base en una carga de arcilla del tipo de attapulgas.

## Filtro/separadores.

Los filtro/separadores están diseñados para remover del combustible toda contaminación de sólidos en exceso de 0.25mg/lit y el agua libre en exceso de 15 ppm. Esto se logra en una operación de dos etapas por medio de dos medios filtrantes diferentes, instalados dentro del casco del filtro. La etapa coalescente (primera etapa) consiste en cierto número de elementos coalescentes individuales agrupados simétricamente en el lado de entrada del filtro. El producto contaminado que sale de la cámara de entrada, debe pasar a través de estos elementos de adentro hacia afuera antes de llegar a la cámara de decantación. En esta etapa se realiza, remoción de los contaminantes sólidos del combustible y aglutinación del agua (agrupación de las pequeñas partículas de agua hasta formar gotas grandes). La etapa separadora (segunda etapa), consiste en cierto número de elementos separadores individuales agrupados simétricamente en el lado de salida del filtro. El combustible que sale de la etapa coalescente debe pasar a través de los elementos separadores de afuera hacia adentro, antes de llegar a la cámara de salida. En esta etapa hay remoción de las partículas microónicas del combustible y separación de los residuos de agua del combustible que no se precipitaron por la fuerza de la gravedad.

Para que la filtración proporcione la máxima confiabilidad para el control de la calidad en el combustible, es necesario tomar los siguientes criterios:

- a) Cuando la presión diferencial llegue al 80% de la recomendada por el fabricante para el cambio de elementos filtrantes.
  
- b) Cuando las pruebas de color o peso millipore y reacción al agua indiquen exceso de contaminación, se procede al cambio de elementos filtrantes.

## C A P I T U L O    I V

### PRUEBAS MINIMAS NECESARIAS PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DEL COMBUSTIBLE DE AVIACION ANTES DEL SERVICIO.

#### A) PRUEBA - VISCOSIDAD

METODO - A.S.T.M. D445-74

ESPECIFICACION - 15 centistokes máx.

Se determina viscosidad de productos del petróleo tanto transparentes como opacos por medición del tiempo de flujo, de un volumen determinado de líquido.

#### Resumen del método

El tiempo es medido en segundos para un volumen fijo de líquido, que fluye por acción de la gravedad a través del capilar de un viscosímetro calibrado a temperatura constante. La viscosidad cinemática es el producto de la medida del tiempo de flujo y la constante de calibración del viscosímetro.

#### Equipo

Viscosímetro referencia A.S.T.M. D445, usar siempre el viscosímetro calibrado con constantes medidas y - probadas cercano a 0.1% de su valor.

Procedimiento para calcular las constantes del viscosímetro: Con un líquido de viscosidad conocida, se determinan los tiempos de flujo de este líquido a dos temperaturas ( 37, 100°C ), usando un baño de aceite para mantener la temperatura constante y con la fórmula  $VISCOSIDAD = CT$  ; despejando C,  $C = VISCOSIDAD/T$ ; donde C son los valores de las constantes de calibración en centistokes/seg, a las temperaturas 37 y 100°C. Utilizando una gráfica se colocan en las abscisas las temperaturas y en las ordenadas los valores de "C", extrapolar los puntos se encuentra la constante de calibración.

### Procedimiento

Después de cada determinación limpiar el viscosímetro perfectamente con un disolvente apropiado y con ácido crómico para remover depósitos; finalmente un lavado con la muestra problema.

Invirtiendo el viscosímetro, uno de los tubos capilares introducirlo en la muestra, colocando en el otro tubo capilar una perilla para succionar un volumen suficiente de muestra, para poder observar el flujo entre los niveles del tubo capilar del viscosímetro. Colocar el viscosímetro en un soporte, utilizando la misma perilla ejercer presión en esta a través del capilar sin nivel (aforo), hasta que el líquido quede en la parte superior de los dos niveles del otro capilar del viscosímetro; quitar la perilla y dejar que el líquido fluya libremente por acción de la gravedad, empezar a contar el tiempo cuando el menisco del líquido rebasa el primer

nivel superior del capilar, dejando de contar el tiempo hasta que el menisco rebase el nivel inferior del capilar; el tiempo será en segundos, hacer esta prueba por duplicado a dos temperaturas 20 y 4°C.

### Cálculo

$$V = CT$$

V = viscosidad cinemática en centistokes.

C = constante de calibración del viscosímetro en cst/seg.

T = tiempo de flujo en segundos.

## B) PRUEBA - PESO ESPECIFICO

METODO - A.S.T.M. D1298-67/72

ESPECIFICACION - 0.772/0.827

### Alcance

Este método cubre la determinación de laboratorio usando un hidrómetro de vidrio para medir densidad o peso específico para petróleo o productos del petróleo y otros productos normalmente líquidos.

Los valores en el hidrómetro serán uniformes a temperatura convenientes, leyendo la densidad o peso específico. Por medio de tablas estándares Internacionales, los valores determinados en cualquiera de los sistemas de medición, son convertidos a valores equivalentes. Pudiendo trabajar con unidades locales convenientes.

### Fundamento

En el cálculo de la determinación de la densidad o peso específico del petróleo y sus productos es necesario para la conversión hacerlo, volumen a volumen a la temperatura estandar de 20°C.

La densidad y peso específico es un factor que determina la calidad del petróleo crudo. Sin embargo esta propiedad de un producto del petróleo es una indicación incierta de su calidad, excepto que hay correlación con otras propiedades.

## Equipo

Hidrómetro de vidrio, graduado en unidades de densidad, peso específico requeridos, conforme a especificaciones del A.S.T.M., o especificaciones del British Standards Institution.

## Procedimiento

Se toma la temperatura de la muestra, si esta es mayor o menor de  $20^{\circ}\text{C}$  se usará la tabla para factores de corrección, que a continuación se muestra.

Factores de corrección por temperatura para pesos específicos a  $20^{\circ}\text{C}/4^{\circ}\text{C}$ .

---

Peso específico comprendidos entre	Corrección
0.640 a 0.689	0.00090
0.690 a 0.729	0.00085
0.730 a 0.759	0.00080
0.760 a 0.789	0.00075
0.790 a 0.829	0.00070
0.830 a 0.919	0.00065
0.920 a 1.000	0.00060

Sobre  $20^{\circ}\text{C}$  se suma  
Bajo  $20^{\circ}\text{C}$  se resta

---

En una probeta se coloca la muestra y se introduce en esta el hidrómetro con lectura para peso específico, haciéndolo girar ligeramente en el centro de la probeta para evitar que pegue a la pared, y se procede a tomar la lectura, haciendo la corrección si es necesario de acuerdo a la temperatura de la muestra, de lo contrario, si la temperatura de la muestra es 20°C se reporta directamente la lectura tomada.

## C) PRUEBA - AGUA (ppm)

ESPECIFICACION - 30 ppm máx.

Prueba que determina si el combustible contiene más de 30 ppm de agua. Por medio de una pasta detectora de agua (que actúa como indicador) conocida comercialmente como: "Color Kut".

### Procedimiento

Poner pasta detectora en un abatelenguas e introducir este, a un frasco que contenga la muestra de combustible - que se va analizar; si la pasta que originalmente tiene un color amarillento antes de introducirla a la muestra y después de sacarla de esta presenta un color rojo, nos indica que el combustible contiene mas de 30 ppm de agua.

### Resultado

Si la pasta después de sacarla de la muestra de combustible no presenta cambio en su coloración original (amarillo), el combustible se considera de buena calidad ya que tendrá menos de 30 ppm de agua; si la pasta presenta coloraciones rojizas entonces el combustible es de mala calidad, por contener mas de 30 ppm de agua y fuera de especificación.

## D) PRUEBA - TOLERANCIA AL AGUA

METODO - D1094-72 A.S.T.M.

ESPECIFICACION - 2 ml máx.

Este método cubre la determinación de la presencia de componentes miscibles en agua en gasolinas de aviación y el efecto de estos componentes en la interface agua-combustible.

### Fundamento

Una muestra de combustible es removida sin cambio de temperatura y neutralizado con una solución amortiguadora de fosfatos. El cambio de volumen del nivel acuoso, la apariencia de la interface y el grado de separación de las dos fases, es tomada como reacción del agua en el combustible.

### Equipo

Probeta graduada con tapón esmerilado con graduación ml/ml.

### Procedimiento

Lavar el material con agua destilada y finalmente con solución amortiguadora perfectamente.

Medir 20 ml de solución amortiguadora de fosfatos y colocarlos en la probeta graduada con tapón esmerilado mas 80 ml de combustible y tapar la probeta; anotar el nivel del menisco entre ambas fases. Agitar dos minutos dejando 5 a 10 segundos sin movimiento, al cabo de este tiempo se deja reposar 5 minutos, finalmente se observa el nivel del menisco entre ambas fases. El cambio en el volumen en nivel acuoso se aproxima a 0.5 ml.

### Reporte

Si el volumen en el nivel acuoso es nulo y se observa la interfase limpia y clara, al final de la prueba se toma como cero (combustible de buena calidad).

Si el volumen en el nivel acuoso aumenta mas de dos mililitros el combustible se rechaza.

## F) PRUEBA - PUNTO DE CONGELACION

METODO - D2386-67 A.S.T.M.

ESPECIFICACION -  $-60^{\circ}\text{C}$

Determinación de sólidos separados del combustible usado en máquinas de aviación, tanto de pistón como de turbina, a cualquier temperatura ya sea durante el vuelo o en tierra.

### Equipo

- a) Tubo de doble pared para muestra, el cual se cierra con tapón de corcho, que soportará un termómetro y una varilla con punta en espiral para realizar la agitación.
- b) Frasco transparente para el líquido refrigerante.
- c) Termómetro con rango de temperatura de  $-80$  a  $+20^{\circ}\text{C}$ .

### Procedimiento

Colocar 25 ml de combustible en el tubo de muestra (tubo completamente seco y limpio), cerrar el tubo herméticamente con el tapón de corcho, el cual llevará el termómetro y la varilla para agitar, ajustando el bulbo del termómetro en el centro de la muestra de combustible. dejar caer una gota de alcohol sobre el empaque y bástago del agitador, para permitir un movimiento adecuado en la agitación, sin usar una gran fuerza.

Sujetar con abrazadera el tubo de muestra e introducirlo en el frasco refrigerante con(nitrógeno líquido, bióxido de carbono o alcohol-acetona); es necesario que durante toda la prueba se mantenga limpio de líquido refrigerante el frasco de muestra para poder observar la muestra y la lectura del termómetro.

Se agita la muestra de combustible vigorosamente excepto, cuando se hacen observaciones. No tomar en cuenta cualquier cambio en la muestra que apareciera a  $-10^{\circ}\text{C}$  -- continuando las observaciones a medida que la temperatura baja, anotar la temperatura a la cual aparecen los cristales; inmediatamente sacar el tubo con la muestra cristalizada del medio refrigerante, continuar la agitación y anotar la temperatura exactament~~e~~ cuando los cristales del hidrocarburo desaparecen, si la diferencia entre las dos temperaturas es mayor de  $3^{\circ}\text{C}$  (cuando aparecen y desaparecen los cristales), repetir el procedimiento hasta -- que la diferencia sea menor de  $3^{\circ}\text{C}$ . Reportar la temperatura a la cual los cristales desaparecen.

## F) PRUEBA - CORROSION AL COBRE

METODO - A.S.T.M. D130-74

ESPECIFICACION Estandar-1

Método que detecta el grado de corrosión de combustibles de aviación y otros productos del petróleo, sobre el cobre.

### Fundamento

Una lámina de cobre perfectamente pulida es sumergida, en una determinada cantidad de muestra, que se encuentra en tubo de prueba, el cual se sumerge completamente en un baño de agua a cien grados centígrados durante dos horas; al término de este tiempo la barrita de cobre se saca, se lava y se compara con el estandar: ASTM copper strip corrosion standard Mét-D130/IP154 (placa en la cual se presentan los diferentes grados de corrosión por medio de coloración).

### Material

1) Tubo de prueba ( cilindro metálico con las siguientes dimensiones): DI 31 mm; L 156 mm; espesor en la base 3 mm; espesor en la tapa 3 mm; en la pared del cilindro 1.5 mm. La tapa va roscada y lleva un sello de hule libre de azufre, y un hueco entre las paredes del cilindro y la tapa para que sirva como elevador de presión.

- 2) Recipiente para baño maría
- 3) Barra de cobre para la prueba de corrosión con las siguientes características:
  - 12.5 mm de ancho
  - 1.5 a 3 mm de espesor
  - 75 mm de largo y con 99.9 de pureza
- 4) Termómetro.

### Procedimiento

En un tubo de ensaye de 25x150 ml, poner 30 ml de muestra y - con unas pinzas colocar la barrita de cobre previamente pulida en el interior de la muestra (deberá estar cubierta totalmente por el combustible). El tubo de ensaye con la barrita, se introduce en la cápsula de prueba, cerrar perfectamente e introducirla en el baño maría a cien grados centígrados por dos o tres horas. Transcurrido el tiempo indicado se saca la cápsula del baño y se lleva al chorro de agua fría, se saca el tubo de ensaye y con unas pinzas coger la barra de cobre, la coloración de esta se compara con las bandas de colores mostradas en el estandar: ASTM copper strip corrosión standard Mét-D130/PI154.

### Reporte

De acuerdo a la coloración que presente la barra de cobre, después de la prueba comparada con el estandar, se reportará el grado de corrosión del combustible, de acuerdo a la especificación para - que sea aceptado; la coloración de la barra debe encontrarse entre la 1a y 1b<sub>1</sub> del estandar.

## G) PRUEBA - DOCTOR

METODO A.S.T.M. D484-71

### ESPECIFICACION NEGATIVA

La presencia de sulfuro de hidrógeno y azufre mercaptánico en los combustibles son indeseables cuando estos productos se encuentran en cantidades que exceden a las especificadas, ya que forman como producto de combustión dióxido de azufre. Este a su vez con el agua presente, puede formar los ácidos sulfúrico y sulfuroso, que por ser altamente corrosivos, atacan las partes metálicas de la máquina, del equipo en servicio e instalaciones.

La determinación cuantitativa de estos componentes debe hacerse en el laboratorio por medio de una prueba - que, aún siendo sencilla, es difícil llevarla a cabo como prueba de campo, debido al equipo que se utiliza. Sin embargo tenemos una prueba que, en forma cualitativa, nos indica la presencia de estos compuestos, esta es la prueba denominada "DOCTOR" y los detalles para efectuarla se indican a continuación.

#### Descripción

Para hacer esta prueba se agita la muestra con una solución de plumbito de sodio, la cual se prepara disolviendo litargidio en una solución de sosa cáustica; después de una agitación vigorosa se agrega aproximadamente 100 mg de azufre y la mezcla se agita de nuevo. Si la -

muestra se decolora, o si el azufre se oscurece notablemente, la prueba se toma positiva, si la decoloración es ligera se toma como negativa.

### Procedimiento

En un tubo de ensaye con tapón de baquelita o una probeta de 25 ml con tapón de vidrio esmerilado, poner 10 ml de muestra, 5 ml de solución "DCCP", se agita vigorosamente durante 15 segundos y se observa la coloración de la fase correspondiente al combustible. A continuación poner 100 mg aproximadamente de azufre a la mezcla y se agita nuevamente 15 segundos, al cabo de los cuales se observa si hay cambio en la coloración del azufre. Si este cambia a naranja, café o negro prueba positiva; si el azufre no cambia de color, o solo se decolora ligeramente, la prueba será considerada negativa.

### Mecanismo

Cuando se añade el azufre libre, los mercapturos de plomo reaccionan para formar sulfuro de plomo. Si la cantidad formada es muy pequeña, el azufre solo se decolora ligeramente, que da como resultado una nata café de azufre, localizada en la interfase de los líquidos. Si la cantidad de sulfuro de plomo formada es grande, el azufre en la interfase será negro, puede incluso formarse un precipitado.

Si la muestra contiene azufre libre además de los mercapturos, cuando se agrega la solución "DOCTOR", -- reaccionando inmediatamente con el azufre libre para formar sulfuro de plomo. Si en la muestra hay cantidad apreciable de ambos sulfuro de hidrógeno, mercapturos o azufre libre, aparecerá un precipitado negro de sulfuro de plomo.

### Reporte

Se anotará el origen de la muestra y reportando como prueba negativa o positiva.

## H) PRUEBA - ACIDEZ

METODOC A.S.T.M. D974-73

ESPECIFICACION

NULA

Método que cubre la determinación de constituyentes ácidos o básicos, en productos del petróleo y lubricantes solubles o poco solubles en una mezcla de tolueno y alcohol isopropílico. Con características ácidas encontramos ácidos orgánicos e inorgánicos, ésteres, compuestos fenólicos, lactonas, resinas, sales de metales pesados, algunos inhibidores y detergentes. Con propiedades básicas los aminocompuestos, bases orgánicas e inorgánicas y detergentes.

Aplicable para la determinación de ácidos o bases donde la constante de disociación es mayor de  $10^{-6}$ ; si los ácidos o bases son extremadamente débiles donde la constante de disociación es menor de  $10^{-9}$  no hay interferencia.

### Fundamento

Es la determinación de acidez total o basicidad, la muestra disuelta en una mezcla de tolueno y alcohol isopropílico. Esta solución es titulada a temperatura ambiente con solución estandar de base alcohólica o ácida alcohólica respectivamente, hasta el punto final indicado por el cambio de color de la solución adicionada de p-naphtholbenzein (naranja en ácido y café verdoso en base).

Para determinar los ácidos fuertes una porción de la muestra se separa con agua caliente, y el extracto acuoso es titulado con solución de hidróxido de potasio, usando como indicador anaranjado de metilo.

### Equipo

Bureta graduada (cap. 50 ml) con subdivisiones 0.1 ml/0.1 ml o bureta de 10 ml con subdivisiones 0.05 ml/0.05 ml.

### Reactivos

a) Solución estandar 0.1N de (ácido clorhídrico-alcohol). Mezcle 9ml de HCl concentrado con 1000 ml de alcohol isopropílico anhidro.

b) Solución indicadora de anaranjado de metilo (0.1g anaranjado de metilo/100 ml de agua).

c) Solución indicadora de p-naphtholbenzein. (10g de p-naphtholbenzein/litro de solvente para titulación (500 mililitros de tolueno y 5 ml de agua en 495 ml de alcohol isopropílico anhidro ).

d) Solución estandar de hidróxido de potasio-alcohol 0.1N. Adicionar 6 g de hidróxido de potasio sólido en aproximadamente un litro de alcohol isopropílico anhidro en un matraz erlenmeyer de dos litros. Herbir la mezcla aproximadamente de 10 a 15 minutos. Adicionar máximo 2 g de hidróxido de bario y continuar la ebullición de 5 a 10 minutos. Dejar reposar a temperatura ambiente por 3 o 4 horas y filtrar el líquido sobrenadante.

Almacenar inmediatamente la solución en un frasco de vidrio resistente con tapón de vidrio esmerilado, - para evitar el contacto de la solución con materiales extraños.

e) Solvente para titulación. Mezcle 500 ml de tolueno y 5 ml de agua en 495 ml de alcohol isopropílico anhidro.

Procedimiento para determinación de acidéz total.

P.1 - En un matraz erlenmeyer de 250 ml poner 20g de muestra, 100 ml de solvente para titulación y 0.5ml de solución indicadora, y agitando vigorosamente la -- muestra hasta una disolución completa por el solvente; si la mezcla presenta una coloración naranja proceder como en P.2, si es verde o verde oscura ~~seguir~~ el procedimiento para bases fuertes.

P.2 - Titular inmediatamente a una temperatura -- menor de 30°C con la solución de KOH 0.1N, realizando movimientos vigorosos al matraz, hasta el punto final de titulación para permitir la disolución del CO<sub>2</sub> en - el solvente. Considerar el punto final definitivo si - el cambio de color persiste por 15 segundos o si este es reversible con dos gotas de HCl 0.1N

P.3 - Hacer un blanco. Donde el punto final de titulación será el cambio de coloración de naranja a verde.

Procedimiento para determinar bases fuertes.

Si la muestra disuelta en el solvente presenta una coloración verde o verde oscura antes de adicionar el - indicador, realizar la titulación como en P.2 pero utilizando HCl 0.1N, hasta el cambio (vire) de color del verde al naranja.

Hacer un blanco.

Procedimiento para determinar los ácidos fuertes.

Poner aproximadamente 25g de muestra en un embudo de separación de 250 ml y adicionar 100 ml de agua destilada caliente. Mezclar vigorosamente y drenar la fase -- acuosa recibiendo en un matraz de 500 ml. La extracción se realiza dos veces mas con mas de 50 ml de agua caliente, adicionando ambos extractos al mismo matraz; -- una vez combinados los extractos adicionar 0.1 ml de solución indicadora de anaranjado de metilo. Si la solución presenta un vire de rosa a rojo, titular con solución de KOH 0.1N hasta que la solución llegue a una coloración café dorado.

Si la coloración no es rosa ni roja, reportar como cero.

Blanco.- En un matraz erlenmeyer de 250 ml, poner - 200 ml de agua caliente, 0.1 ml de solución indicadora - de anaranjado de metilo. Si la coloración del indicador es amarillo naranja titular con HCl 0.1N; usando el mismo fundamento en la coloración como en la titulación con la muestra. Si la coloración del indicador es rosa o roja titular con solución de KOH 0.1N tomando como punto - final el mismo como en la muestra.

## I) PRUEBA - DESTILACION DE PRODUCTOS DEL PETROLEO

METODO - A.S.T.M. D86-67,72.

### Alcance

El régimen de destilación y el porcentaje destilado a varias temperaturas, son una medida de la volatilidad del combustible, útil para el control de calidad de los turbocombustibles tipo nafta y de las gasolinas para aviación. La contaminación de estos combustibles con productos más pesados, será indicada por cambios en el punto final de ebullición.

El punto final de ebullición es muy sensible a la contaminación de este tipo de combustible, con productos más pesados.

### Fundamento

Los porcentajes 10%, 50%, 90% y 100% de productos - destilados de acuerdo con las temperaturas 70, 105, - 100/125, 170°C (para gasolinas de aviación) y 204, 232, 288°C (para turbocombustibles) respectivamente nos dará una curva ideal de destilación donde: El 10% define la proporción de productos volátiles necesarios para el arranque en frío y en las aceleraciones; el 50% caracteriza la homogeneidad de la mezcla y define la porción de

productos que participan en la mayoría de la combustión; el 90% define la proporción de productos pesados, residuo líquido de 10% restante y por tanto la aptitud del combinado para arder por completo; el 100% temperatura a que destila el 100% del combustible. Un incremento de volumen o temperatura trae como resultado fallas en las -- aeronaves, que pueden ser fatales.

### Definiciones

#### 1- Punto inicial de ebullición (PIE).

Temperatura a la cual la primera gota de condensado es recibida.

#### 2- Punto final de ebullición (PFE).

Temperatura máxima obtenida durante la prueba. Normalmente se observa cuando se evapora todo el líquido -- del fondo del matraz.

#### 3- Punto seco.

Temperatura observada cuando se evapora la última gota del líquido, del punto más profundo del matraz.

#### 4- Punto de descomposición:

Lectura del termómetro que coincide, con la primera indicación de descomposición térmica del líquido en el -- matraz.

5- Porcentaje recuperado.

Volúmen de condensado que tiene la probeta de acuerdo con la lectura simultánea, del termómetro.

6- Porcentaje de recuperación.

Máximo porcentaje recuperado.

7- Porcentaje total de recuperación.

Combinación del porcentaje recuperado y el residuo en el matraz.

8- Porcentaje de pérdidas.

Menos el porcentaje total recuperado.

9- Porcentaje de residuos.

El porcentaje total recuperado menos el porcentaje de recuperación o la determinación directa en mililitros.

Porcentaje evaporado.

Suma del porcentaje recuperado y el porcentaje de -- pérdidas.

Preparación del equipo (equipo de destilación).

1- Llene la caja del condensador con un refrigerante adecuado y verificar que se mantenga la temperatura constante del baño condensante durante toda la prueba.

2- Elimine cualquier líquido residual del tubo condensador con un trapo suave, libre de hilos, atado a un cordón o varilla de cobre.

3- Poner 100 ml de muestra en el matraz de destilación, colocarlo en el equipo y regular la temperatura.

4- Ajuste el matraz en posición vertical, de modo que el ducto de salida del vapor, penetre 5 cm dentro del tubo condensador.

5- Colocar la probeta usada para medir la carga, bajo el extremo inferior del condensador de modo que este quede centrado y a una distancia de 10 cm sobre la marca de 100 ml.

6- Anote la presión barométrica prevaleciente y proceda como se indica a continuación.

## Procedimiento

1- Aplicar calor al matr az de destilación.

2- Inmediatamente después de observar el PIE, mueva la probeta de modo que la punta del condensador toque la pared interior. Continúe regulando la temperatura de modo que la rapidéz de condensación en la probeta sea uniforme.

3- Entre el PIE y PFE, observe y anote todos los -- datos que puedan ser necesarios para los cálculos y el -- reporte de resultados de la prueba, estos pueden ser lec -- turas del termómetro, volúmenes de condensado o porcenta -- jes recuperados a temperaturas indicadas o ambos. Aotan -- do todos los volúmenes en la probeta con aproximación de 0.5 ml y las temperaturas a 0.5 grados centecimales.

En los casos que no se indican requisitos especifi -- cos de datos, anote los puntos inicial y final de ebu -- llicion o el punto seco, o ambos, y las lecturas del -- termómetro al recuperar el 5% y el 95% y cada múltiplo de 10% recuperado partiendo de 10 hasta 90 inclusive.

4- Cuando el líquido residual en el matr az es aproxi -- madamente 5 ml, haga un ajuste de calor si es necesario para que el tiempo que tarden los 5 ml en llegar al punto final, esté dentro de las especificaciones dadas. Si esta condición no se satisface repita la prueba con una modifi -- cación apropiada del ajuste final del calor.

5- Mientras el condensador continúe descargando líquido en la probeta, observe el volúmen con intervalos de dos minutos hasta que dos observaciones sucesivas concuerden. Mida este volúmen exactamente y anótelo con una aproximación de 0.5 ml, como % recuperado.

6- Después de enfriarse el matríz vacíe el contenido en la probeta y déjelo escurrir hasta que no se encuentre un cambio apreciable en el volúmen del líquido de esta. Anote este volúmen, con una aproximación de -- 0.5 mililitros, como total recuperado.

7- Deduzca el % total recuperado de 100, para el -- porcentaje de pérdidas.

### Calculos y Reporte

Una indicación para clasificar el combustible, que nos indique que se encuentra dentro de la especificación para turbocombustible y gas-avión, son las lecturas de temperaturas a 760 mmHg.

Las temperaturas serán corregidas a 760 mmHg excepto cuando las definiciones del producto, especificaciones, o acuerdos entre vendedor y comprador indiquen específicamente que tal corrección no es necesaria o se hará en base a otra presión.

Especificaciones para el reporte en base a las lecturas de temperatura para un volumen destilado.

Turbocombustibles (Kerosina)

<u>Determinación</u>	<u>Especificación</u>
a) 10% destilado a	204°C Máx.
b) 50% destilado a	232°C Máx.
c) Temperatura final de ebullición	288°C Máx.
d) Residuo	1.5 ml Máx.
e) Pérdida	1.5 ml Máx.

Gas-Avión

<u>Determinación</u>	<u>Especificación</u>
a) 10% destilado a	70°C Máx.
b) 50% destilado a	105°C Máx.
c) 90% destilado a	100/125°C Máx.
d) Temperatura final de ebullición	170°C Máx.
e) % recuperado	97 minutos
f) % residuo	1.5 Máx.
g) % pérdida	1.5 Máx.

El reporte se basa en tablas para corrección de la temperatura de ebullición por presión.

Corrección de la temperatura de ebullición para presión  
barométrica ( 590 mmHg para la Cd. de México )

---

Temperatura de ebullición comprendida entre:

20	a	40°C	Sumar	6.0°C
41	"	64 "	"	6.5 "
65	"	88 "	"	7.0 "
89	"	112 "	"	7.5 "
113	"	136 "	"	8.0 "
137	"	160 "	"	8.5 "
161	"	184 "	"	9.0 "
185	"	208 "	"	9.5 "
209	"	232 "	"	10.0 "
233	"	256 "	"	10.5 "
257	"	280 "	"	11.0 "
281	"	304 "	"	11.5 "
305	"	328 "	"	12.0 "
329	"	352 "	"	12.5 "
353	"	376 "	"	13.0 "
377	"	400 "	"	13.5 "

---

## J) PRUEBA - ACIDEZ DEL RESIDUO DE DESTILACION

METODO - A.S.T.M. D1093/65

ESPECIFICACION NO ACIDO

Determinación cualitativa de la acidéz del residuo de destilación para gasolinas, disolventes derivados del petróleo o para hidrocarburos líquidos.

### Resumen del método

La muestra del residuo de destilación del hidrocarburo líquido, se remueve con agua y se mide la acidéz, usando anaranjado de metilo como indicador.

### Fundamento

Algunos productos del petróleo, son tratados con ácidos minerales durante el proceso de refinación. Estos residuos de ácidos minerales son indeseables en ciertos productos. Si la acidéz es nula en el residuo de destilación, es una indicación que el combustible es de buena calidad.

### Equipo

- 1) Tubos de centrífuga con fondo cónico de 100 ml.
- 2) Centrífuga con capacidad de dos o mas tubos a 1500 rpm.

## Reactivos

- 1) Agua químicamente pura
- 2) Etanol (95%)
- 3) Solución indicadora de anaranjado de metilo.
- 4) Solución indicadora de fenolftaleina.

## Procedimiento

El residuo fresco de la destilación (obtenido de la prueba de destilación por el método ASTM-D86), se coloca en el tubo de prueba. Se adicionan tres volúmenes de -- agua, se tapa y se agita vigorosamente por tres segundos.

Separando la fase acuosa, colocandola en un tubo de ensaye adicionandole una gota de indicador de anaranjado de metilo. Observar el color.

Hidrocarburos líquidos: Poner 15 ml de la muestra, - 15 ml de agua y tres gotas de indicador de anaranjado de metilo en un tubo limpio de centrífuga tapando el tubo y agitarlo vigorosamente 30 segundos; en seguida colocarlo en la centrífuga a 1500 rpm por 10 minutos. Quitar el tubo de la centrífuga y observar el color en el extracto -- acuoso.

## K) PRUEBAS DE LABORATORIO Y DE CAMPO MILLIPORE

- A) Determinación de partículas contaminantes por --  
filtración en el laboratorio.

### Alcance

Procedimiento gravimétrico para determinación de --  
partículas contaminantes por filtración en el laborato--  
rio, de muestras de combustible tomadas en pomos o bote--  
llas de muestreo. Este método deberá ser usado cuando no  
es posible el sistema, empleo del monitor de campo.

### Fundamento

Un volúmen conocido de combustible es filtrado a --  
través de una membrana filtro de prueba prepesada y el -  
incremento de peso en la membrana filtro es determinado  
después del lavado y secado. El total de contaminantes -  
es determinado por el aumento en peso de la membrana fil--  
tro, en relación a la membrana filtro control.

Los combustible no volátiles, son determinados sub--  
secuentemente del peso residual cuando la membrana filtro  
es hecha cenizas.

## Equipo

- 1) Balanza analítica
- 2) Horno del tipo estático (rango 200<sup>o</sup>C es suficiente)
- 3) Cajas petri de 125 mm de diametro
- 4) Pinzas de hojas planas sin/puntas, estrias
- 5) Sistema de vacío
- 6) Membranas filtro de prueba, planas de 47 mm de diametro con porosidad nominal de 0.8 micras
- 7) Horno tipo mufla (rango 775<sup>o</sup>C es suficiente)
- 8) Crisol de platino

## Procedimiento

- 1) Poner a peso constante las membranas filtro de prueba.
- 2) Instalar el equipo de filtración millipore, es necesario que el equipo montado esté conectado a tierra por el manejo de combustible.
- 3) Adicionar combustible a la copa hasta la marca.
- 4) Poner a funcionar la bomba de vacío de 4 a 5 Kg/cm<sup>2</sup>.
- 5) Cronómetro al mismo tiempo que la bomba de vacío debe funcionar.
- 6) Al terminar de filtrar cuatro litros de combustible se tomará el tiempo de filtración, inmediatamente -- después se quita la copa y se desconecta el vacío.
- 7) Con pinzas millipore llevar la membrana filtro a una caja petri para llevar a peso constante.

## B) Prueba millipore de campo.

### Equipo

Dispositivo millipore para muestreo y prueba de --  
líquidos.

### Procedimiento

- 1) Poner a peso constante la membrana filtro de --  
prueba con diámetro de 37 mm.
- 2) Colocar la membrana en el monitor del equipo.
- 3) Incertar el monitor, en el equipo y se cierra -  
este.
- 4) Adaptar conexión adecuada al equipo de pruebas  
de campo (línea de servicio) donde se tiene que  
muestrear.
- 5) Conectar el equipo de prueba en la línea de mues-  
treo.
- 6) Por medio de la manguera de puente, lavar la lí-  
nea antes de la prueba, aproximadamente un litro  
de combustible (sin pasar el combustible por la  
membrana).
- 7) Al terminar el lavado, cambiar el flujo que pasa  
rá por la membrana cuatro litros de combustible,  
que al término de estos se volverá a cambiar el  
flujo hacia el puente. Se desconecta el equipo y  
se saca el monitor al cual se le sacará el com-  
bustible que se le haya quedado, por medio de una  
jeringa cuidadosamente. Se saca la membrana con -  
unas pinzas y se pone en una caja petri para ---  
llevar a peso constante.

## Resultados

Por gravimetría se obtiene el peso de los sólidos.

## L) PRUEBA - TETRAETILO DE PLOMO

METODO - S.A.T.N. - D526/7C

ESPECIFICACION 1.29 máx (ml/lt)

Este método cubre la determinación gravimétrica del contenido total de plomo en gasolinas y otras mezclas en destilados volátiles con alquilos de plomo (tetraetilo - de plomo, tetrametil de plomo, dimetil dietil de plomo, metiltrietil de plomo o mezclas de estos), de tal manera que su rango de concentración es de:

0.64 a 1.62 g de Pb/lt.

### Resumen del método

Los alquilos de plomo son convertidos a cloruros de plomo y extraídos de la gasolina por reflujo con HCl con centrado, el ácido extraído es evaporado a sequedad.

Cualquier materia orgánica es removida (eliminada) por oxidación con HNO<sub>3</sub> concentrado y el plomo es determinado gravimétricamente como cromato de plomo.

## Reactivos

- Agua químicamente pura.
- Ácido acético (1:1), mezcla de un volumen de ácido acético glacial con un volumen de agua.
- Hidróxido de amonio (1:1).
- Destilado crudo con poco contenido de bromo (donde aproximadamente el 10% de destilado es a 204°C y el 90% a 237°C).
- Ácido clorhídrico concentrado.
- HNO<sub>3</sub> concentrado.
- HNO<sub>3</sub> (1:20)
- Solución indicadora de p-nitrofenol.
- Solución de ácido nítrico-clorato de potasio (78g - de KClO<sub>3</sub> en 550 ml de HNO<sub>3</sub>).
- Solución de dicromato de potasio 100g/lit.

## Procedimiento

Tomar la temperatura de la muestra con una exactitud de 0.5°C. Usando una pipeta, transmitir 50 mililitros de la muestra de gasolina al aparato para reflujo, 50 mililitros del destilado crudo y 50 mililitros de HCl, ajustar el reóstato para mantener la ebullición vigorosa continuamente desde el principio, refluir la mezcla por 30 minutos; al terminar el periodo de reflujo, quitar el calor, permitiendo que la muestra se enfríe unos minutos, y drenar la capa del ácido en un vaso de precipitado de 400 mililitros. Adicionando 5 ml de agua al aparato refluir - otros 5 minutos; finalmente drenar la fase acuosa en el vaso de precipitado.

Evaporar el extracto acuoso a sequedad, adicionar 3 ml de  $\text{HNO}_3$  al residuo, cubriendo el vaso de precipitado con un vidrio reloj. Calentar para oxidar cualquier materia orgánica presente, repetir el tratamiento con  $\text{HNO}_3$ . Si este residuo no es blanco, después del tratamiento mencionado, oxidar la materia orgánica remanente con una mezcla de clorato de potasio-ácido nítrico, hasta obtener el residuo de color blanco.

Al residuo obtenido adicionar 4 ml de  $\text{HNO}_3$  (1:20), 25 ml de agua caliente y 6 gotas de p-nitrofenol. Adicionar  $\text{NH}_4\text{OH}$  hasta el vire del indicador (de 4 a 5 ml en exceso). Neutralizar el  $\text{NH}_4\text{OH}$  con ácido acético (1 a 2 ml en exceso). Filtrar la solución a través de un papel filtro, recolectando el filtrado en un vaso de precipitados de 600 ml, lavando el papel filtro con agua caliente y diluyendo el filtrado de 350 a 400 ml con agua.

Calentar la solución a ebullición adicionando gota a gota 25 ml de solución  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  con una pipeta; continuar el calentamiento hasta que aparezca el precipitado de cromato de plomo ( $\text{PbCrO}_4$ ) (usualmente se necesitan de 5 a 7 minutos). Poner en reposo el precipitado de 3 a 4 horas en la obscuridad; y filtrar a través de un filtro de crisol (gooch), previamente preparado y puesto a peso constante; finalmente secar el crisol con el precipitado a peso constante y pesar el cromato de plomo.

### Cálculo

Se calcula la concentración de plomo por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Pb g/lt a } 15^{\circ}\text{C} = 12.74 G(1 + 0.00012 \times (t_x - 15) )$$

Donde:

G = peso de  $\text{PbCrO}_4$  g

$t_x$  = temperatura de la gasolina cuando se toma la --  
muestra en grados  $^{\circ}\text{C}$ .

M) PRUEBA - SULFURO MERCAPTANICO EN COMBUSTIBLE USADOS EN AVIONES DE TURBINA.

METODO - A.S.T.M. - D1219/61

ESPECIFICACION 0.003% M<sub>á</sub>x.

Este método cubre la determinación de azufre mercaptánico en combustibles usados en aviones de turbina, con teniendo desde 0.001 a 0.01% de azufre mercaptánico. Compuestos de azufre orgánico tales como sulfuros, disulfuros y tiofeno no interfieren, así como el azufre elemental en cantidades menores del 0.0005%.

Fundamento

El nitrito de plata en exceso es adicionado a la muestra para formar mercapturos de plata, con los componentes de azufre mercaptánico; el exceso de nitrato de plata es determinado por titulación con tiocianato de amonio y el alumbre de fierro como indicador.

Reactivos

- 1) Solución estandar de tiocianato de amonio  $\text{NH}_4\text{CNS}$  0.025N.
- 2) Solución estandar de nitrito de plata  $\text{AgNO}_3$  0.025N.
- 3) Solución amoniacal de alumbre férnico (indicador).

## Procedimiento

I.-Determinar la gravedad específica directamente a la temperatura, a la cual es tomada la muestra.

II.-Prueba para eliminar el sulfuro de hidrógeno. Se prueba la muestra cualitativamente para sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) por agitación con 5 ml. de muestra con solución de  $CdSO_4$  5 ml en un tubo de ensayo. Si no hay precipitación proceder con el análisis para azufre mercaptánico.

III.-Si hay un precipitado amarillento, nos indica -- la presencia de  $H_2S$ , entonces hay que eliminarlo en la forma siguiente:

Agite en un embudo de separación un volumen de muestra mayor al requerido para el análisis durante 3 a 4 minutos, con un volumen de solución de  $CdSO_4$  (150g/lit) el cual será 50% al de la muestra.

Drenar y descartar la fase acuosa que contiene el precipitado amarillo. Repetir la extracción con otra porción de la solución de  $CdSO_4$ , separando nuevamente la fase acuosa y lavar la muestra con tres porciones de 25 a 30 ml de agua, desechando el agua después de cada lavado.

Filtrar la muestra en papel filtro. Rectificar con una pequeña porción de la muestra en un tubo de ensayo con unos mililitros de  $CdSO_4$  (3ml), si no se forma el precipitado, proceder con la prueba; si aparece el precipitado, repetir la extracción con solución de  $CdSO_4$  y lavar con agua hasta que todo el  $H_2S$  sea eliminado.

### Análisis de la muestra

Pesar o medir 10 o 100 ml de la muestra filtrada en un erlenmeyer con tapón esmerilado de 250 ml. Anotar el volúmen o peso de la muestra. Diluir la muestra con 15 ml de alcohol, adicionar cuidadosamente con una bureta - 15 ml de solución de  $\text{AgNO}_3$  y tapar el matraz erlenmeyer, y agitar vigorosamente por cinco minutos, si el precipitado se coagula adicionar otros 15 ml de alcohol para -- ayudar a romper la emulsión. Agregar de 3 a 4 ml de indicador de alumbre férrico y titular con la solución de -- tiocianato de amonio, agitando vigorosamente hasta el vi re a un color rojo.

Titule con la solución de  $\text{AgNO}_3$  hasta que desaparesca el color rojo y después titule nuevamente con la solución de tiocianato de amonio hasta que aparesca de nueva el color rojo. Anote el volúmen total de cada solución - usado en las titulaciones.

### Cálculo

$$\% \text{ en peso de azufre mercaptánico} = (V_1 N_1 - V_2 N_2) 0.032 \times 100 / W$$

Donde:

$V_1$  = mililitros de  $\text{AgNO}_3$  adicionados a la muestra

$N_1$  = Normalidad de la solución de  $\text{AgNO}_3$

$V_2$  = Mililitros de la solución  $\text{NH}_4\text{CNS}$  usada en la segunda titulación

$N_2$  = Normalidad de la solución de  $\text{NH}_4\text{CNS}$ .

$W$  = Gramos de muestra o mililitros que se utilizaron.

## N) PRUEBA - GOMAS PLUMBERIALES

METODO - A.S.T.M. - D873/74

ESPECIFICACION 6.0 MEX.

Método que cubre la determinación de los combustibles usados en aviación, a la tendencia a formar gomas; los resultados de estos análisis pueden darnos la estabilidad de esos combustibles durante su almacenamiento.

Para la determinación el combustible, es oxidado bajo condiciones prescritas con oxígeno puro, y se pesan las cantidades de gomas solubles, insolubles y precipitados formados. Los resultados se expresan en mg/100ml y el tiempo en horas.

### Definiciones

Gomas insolubles. - Depósitos adheridos al recipiente de la muestra, obtenidos antes de remover el combustible, precipitados y gomas solubles. Las gomas insolubles son obtenidas por incremento en el peso, del recipiente que contiene la muestra de prueba.

Gomas solubles. - Productos determinados presentes al final de un periodo específico de añejamiento. Se encuentran en solución en el combustible y en la porción soluble de benceno-acetona.

Gomas potenciales.- Es la suma de las gomas solubles e insolubles.

Resíduo total potencial.- Es la suma de las gomas potenciales y el precipitado.

### Equipo

Equipo para oxidación recomendado por ASTM-D525.

### Reactivos

Solución de tolueno-acetona (1:1)

### Procedimiento

Tener el combustible de prueba a una temperatura de 15 a 25°C, un vaso de precipitado a peso constante el cual se coloca, en el equipo de oxidación (bomba) y adicionar 100 ml de muestra. Cubrir la muestra, cerrar la bomba e introducir oxígeno a una presión útil de 7 a 7.5 Kg/cm<sup>2</sup> aproximadamente; ignorar una caída rápida de presión inicial (generalmente no mayor de 0.4 Kg/cm<sup>2</sup>), causada por solución del oxígeno en la muestra, si la caída de presión no excede de 0.1 Kg/cm<sup>2</sup> en 10 minutos, se asume la ausencia de fugas y proceder con la prueba.

A) Cuando se conecta la bomba para la oxidación descrita, se debe tener cuidado de no hacer demasiados movimientos o sacudidas;

anotando el tiempo de inmersión inicial; durante la oxidación el tiempo se especifica en horas (5 horas) durante el añejamiento.

Si es usado un baño de agua hirviente y la temperatura al iniciar la prueba es mayor o menor de  $100^{\circ}\text{C}$ , ajustar nuevamente el tiempo en "X" horas por los factores de corrección dados en la siguiente tabla.

Factores de corrección para tiempos de añejamiento

<u>Temperatura</u>	<u>Factores de corrección</u>
99.4 <sup>0</sup> C	1.06
99.5 "	1.04
99.6 "	1.03
99.7 "	1.02
99.8 "	1.01
100.0 "	1.00
100.1 "	0.99
100.2 "	0.98
100.3 "	0.97
100.4 "	0.96
100.5 "	0.95

---

Para obtener un tiempo correcto de añejamiento por medio de temperaturas, multiplicar el tiempo especificado para  $100^{\circ}\text{C}$  por el factor de corrección.

B) Al final del periodo de oxidación, quitar la bomba del baño y refrescar con agua fría rápidamente, mientras el flujo es quitado cerrando la válvula cuidadosamente. Quitar la presión lentamente que no exceda de --  $3.5 \text{ Kg/cm}^2$  por minuto y separar la muestra de la bomba.

C) Si no es observado un precipitado o si la cantidad es mínima requerida por la especificación, transferir el combustible oxidado a un matraz, lavando el primer recipiente con 10 ml (dos veces) con solventes para gomas, para remover cualquier residuo. Mezclando cuidadosamente guardar esta para la determinación de gomas solubles, (procedimiento con la prueba especificada en el -- inciso E ).

Si es observado un precipitado, y es la cantidad -- requerida por la especificación, filtrar el combustible oxidado en un embudo de crisol con porocidad fina. Lavar el interior del matraz dos veces con porciones de 10 ml de solvente para remover cualquier goma o precipitado, - filtrar ambas porciones a través del crisol (gocch preparado para filtro), adicionar combustible oxidado filtrado y mezclar cuidadosamente, guardar el mezclado para la determinación de gomas solubles.

D) Secar el crisol, manteniendo la temperatura superior desde  $100$  a  $150^\circ\text{C}$  por una hora, pesar y la diferencia será el precipitado "A".

E) Secar perfectamente el recipiente de la muestra manteniendo la temperatura superior de  $100^\circ$  hasta  $150^\circ\text{C}$  -

por una hora, pesar anotando cualquier incremento para gomas insolubles "B".

F) De la mezcla obtenida en el inciso "C", colocar en dos vasitos de precipitados 2 ml en cada uno y determinar las gomas solubles existentes por el procedimiento y las condiciones descritas en el método ASTM D381.

La suma del incremento en el peso de los dos vasitos de precipitado como gomas solubles "C"

Reporte

Se calculan los resultados obtenidos por combinación de residuos determinados separadamente de acuerdo a la tabla que a continuación se enuncia:

Cálculo de gomas potenciales

Características reportadas	Fracciones y residuos que son combinados	
	Gas-Avión	Turbosina
Gomas potenciales mg/100 ml	Suma de gomas insolubles y solubles ( A + B )	- - - - -
Precipitado mg/100 ml	Precipitado "A" si es requerido	- - - - -
Residuo total Potencial mg/100 ml	- - - - -	suma del precipitado "A" si es requerido, "B" y C(A+B+C)

## N) PRUEBA - TEMPERATURA DE INFLAMACION

METODO A.S.T.M. - D56/70

ESPECIFICACION 38/66°C

### Resumen del método

La muestra se coloca en la copa del probador con la compuerta cerrada, se calienta a una rapidez constante - especificada. Una **pequeña** flama de tamaño determinado se dirige hacia el interior de la copa a intervalos regulares. Se toma como punto de inflamación la temperatura -- mínima a lo cual la aplicación de la flama de prueba hace que los vapores sobre la muestra se enciendan, sin -- llegar al punto de flama.

### Aparato

Equipo de copa cerrada - TAG (closed Flash Tester).

Termómetros 9C(-5 a + 110°C) o los equivalentes fabricados por el Institute of petroleum.

### Muestra

Pueden obtenerse altos puntos de inflamación erróneamente si no se toman precauciones para evitar la pérdida de materiales volátiles.

Los recipientes no deben abrirse innecesariamente - ni hacerse transferencias a menos que la temperatura de la muestra esté cuando menos ( $11^{\circ}\text{C}$ ), por debajo del punto de inflamación esperado.

### Preparación del aparato

El equipo se pone sobre una mesa con nivel fijo y evitar corrientes de aire; pruebas hechas en locales con chimeneas con tubo de aire o cerca de ventiladores, deben tomarse con desconfianza.

### Procedimiento

Puede usarse agua o una mezcla agua-atilenglicol -- como baño maría. La temperatura del baño debe estar cuando menos  $11^{\circ}\text{C}$  abajo del punto de inflamación esperado, - cuando se introduce la muestra en la copa del probador.

No se enfrie el líquido del baño por contacto directo con hielo seco u otro congelante. Usando una probeta se miden 50 ml de la muestra y se colocan en la copa de prueba; ambos, muestra y recipiente deben enfriarse si es necesario. Eliminar las burbujas de aire de la superficie de la muestra, limpiar la parte inferior de la cubierta con un trapo limpio o papel absorbente fino; entonces se coloca la tapa con el termómetro.

Encender la flama de prueba. ajustándola al tamaño de la pequeña cabeza que está en la cubierta. Se opera - el mecanismo en la cubierta de tal modo que se introduz-

ca la flama de prueba en el espacio de vapor de la copa y se retrae inmediatamente, hacia arriba de nuevo.

El tiempo consumido para la operación total debe ser de un segundo o el tiempo necesario para decir mil mas -- uno. Evitando cualquier sacudimiento al bajar y subir la flama de prueba.

### Puntos de inflamación abajo de 60°C

Si el punto de inflamación está abajo de 60°C, aplique y ajuste el calentamiento de tal forma que la temperatura de la muestra se incremente con una rapidéz de 1°C por minuto  $\pm$  6 segundos.

cuando la temperatura de la muestra en la copa de -- prueba está a 5.6°C por debajo del punto de inflamación esperado se aplica la flama de prueba en la forma indicada anteriormente y se repite la aplicación de la flama de prueba cada 0.6°C que aumente la temperatura de la -- muestra.

Cuando la flama de prueba causa un centelleo distinto en el interior de la copa, observe y anote la temperatura de la muestra como el punto de inflamación.

Suspenda la prueba y quite la fuente de calor, levante la tapa y limpie el bulbo del termómetro. Quite la copa con muestra, vacíela y limpiar en seco.

Si en cualquier instante, entre la primera introducción de la flama de prueba y la observación del punto de inflamación, el incremento de la temperatura de la muestra no está dentro de la rapidéz especificada o si los puntos de inflamación obtenidos difieren del punto de inflamación esperado en una cantidad mayor de  $2^{\circ}\text{C}$ , rechace el resultado y repita la prueba, ajustando la fuente de calor para asegurar la rapidéz apropiada en el incremento de temperatura y/o usando un punto de inflamación esperado modificando cuando se requiera.

#### Corrección por presión Barométrica

Observe y registre la presión barométrica cuando se hace la prueba.

Haga una corrección bajo la siguiente base:

Por cada 25 mm por debajo de 760 mm Hg de lectura barométrica, agregar  $0.9^{\circ}\text{C}$  al punto de inflamación observado. Por cada 25 mm sobre 760 mm Hg de lectura, reste  $0.9^{\circ}\text{C}$  al punto de inflamación observado.

Después de aplicar la corrección, redondear el valor obtenido al número entero mas próximo, que corresponderá a la temperatura de inflamación.

Tabla de relación de pruebas que se realizan para turbosina y gas-avión.

PRUEBA	METODO A.S.T.M.		ESPECIFICACION
	TURBOSINA	GAS-AVION	
Peso específico 20°C/4°C.	D1298-67/72	D1298-67/72	0.772/0.837
Acidez del residuo de destilación	D1093-65		No ácido
Punto de congelación	D2386-67/72	D2386-67/72	-50 y -60 máx.
Tolerancia al agua	D1094-72	D1094-72	2 máx.
Gomas potenciales 5 hrs. mg/100 ml	D873-65		6.0 máx.
Corrosión al cobre 2 hrs./100°C	D130-74	D130-74	estandar 1
Tetraetilo de plomo	D526-70	D526-70	1.055 ml/lt máx.
Punto de inflamación	D56-70		38 mín. °C
Viscosidad cinemática	D445-74		15 máx. cst.
Acidez mg KOH/grs.	D974-64/73		nula
Sulfuro mercaptánico	D1219-61/73		0.003 máx. %
Doctor	D484-71		Negativa
Millipore mg/lt	D2276	D2276	1.0 máx.
Contenido de agua			30 ppm máx.
Destilación	D86-67/72	D86-67/72	
10% evaporado a °C	204 máx.	70 máx.	
50% " " "	232 máx.	105 máx.	
90% " " "		100/125	
punto final	288 máx.	170 máx.	

## C A P I T U L O V

### CONCLUSION

El control de calidad para combustibles usados en máquinas de aviación es muy riguroso, donde el objetivo fundamental es conservar sus propiedades fisicoquímicas, dentro del rango de especificación durante su almacenamiento y antes del despacho, consecuentemente obteniéndose una mayor seguridad y conservación del equipo e instalaciones, siempre y cuando los controles microbiológicos, físicos y químicos sean correctamente realizados.

Microbiológico.--Si la concentración de microorganismos es excesiva, habrá degradación del combustible cambiando sus propiedades, originando materiales extraños como: lodos, sustancias corrosivas, cambio de pH y la presencia de los mismos microorganismos, lo que trae como consecuencia el deterioro en el equipo y las instalaciones. Los criterios de corrección y prevención son: inspección en los tanques de almacenamiento de sus condiciones de operación y mantenimiento; mantenimiento de limpieza a los tanques de almacenamiento con agua a presión y cepillo de raíz (no usar detergentes); drenado cada veinticuatro horas, en los tanques de almacenamiento, para eliminar agua u otras sustancias extrañas.

Físico.--La operación de filtrado deberá llevar un control y un registro permanente, para observar los -- factores que modifiquen el rendimiento de elementos -- filtrantes. Las medidas correctivas y criterios para - el cambio de elementos son: cuando los elementos hayan estado en servicio por periodo de dos años; cuando la presión diferencial sobrepase  $0.2718 \text{ Kg/Cm}^2$ . Si la -- presión diferencial llega al 80% de la recomendada, se deben cambiar los elementos aún cuando no se haya cumplido el tiempo de servicio de dos años.

En instalaciones dentro de Aeropuertos se recomienda cuatro etapas de filtrado, para conservar el -- combustible con sus propiedades óptimas de calidad.

1<sup>a</sup>) Filtrado antes de la recepción (a la salida - de ductos o auto-tanques hacia la carga de la planta).

2<sup>a</sup>) Filtrado en la recepción (hacia el almacenamiento).

3<sup>a</sup>) Filtrado a la salida del almacenamiento.

4<sup>a</sup>) Filtrado antes del despacho a través de (dispensadores o auto-tanques para despacho a las aeronaves).

Químico.--Pruebas que nos indican que el combustible se conserva dentro de su calidad especificada determinándose, sus propiedades de combustión, composición, corrosión, fluidéz, peso y volúmen fundamentalmente, cuando la aeronave se encuentre en operación.

Los criterios de corrección son: certificar que el muestreo fué correctamente tomado y, repetir las pruebas; si los resultados se encuentran fuera del rango de especificación regresar el combustible para reprocesarlo.

## C A P I T U L O VI

### BIBLIOGRAFIA

- 1) Gutnick L. David and E. Rosenberg  
Ann Rev. Microbiol 31 pp 379-396  
Copyright 1977.
  
- 2) Harrick H. G.  
Applied Research laboratorier general Dynamics,  
Fort Worth division fort Worth, texas.  
Simposium para la calidad del combustible de  
aviación presentado en San Antonio Texas 23 de  
octubre de 1968.
  
- 3) Hazzard G.F.  
The detection of microorganims in petroleum producs.  
Australian defence csientific service, Departamen of  
supply, Defence Standards laboratories, Maribyrnong,  
Victoria, Australia.
  
- 4) Scott J.A. Weybridge Div. British Corp. LTD.  
National Air Transpotation Meeting Atlanta Ga.  
Mayo 10-13 1971/7104338 Apendix III 363 (page 2)