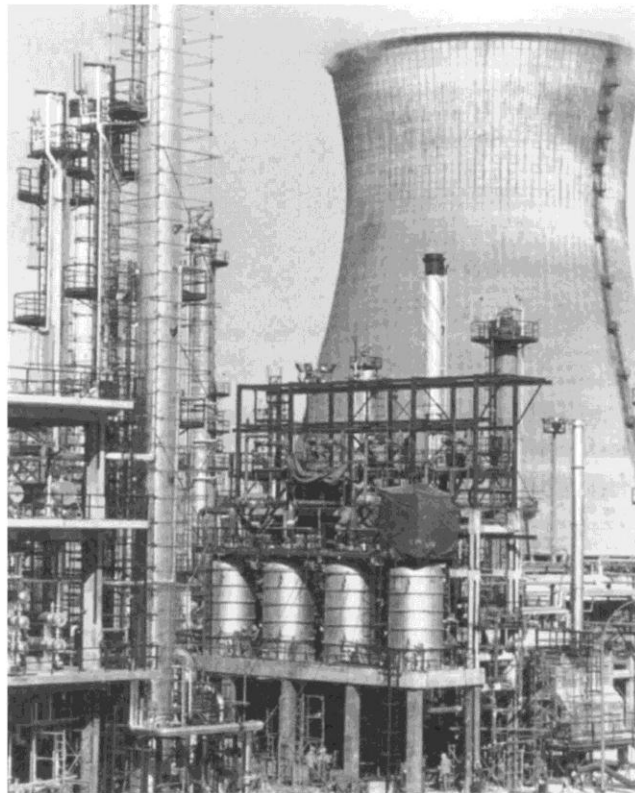




**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL ROSARIO  
DEPTO. DE INGENIERIA QUIMICA**

## **CATEDRA DE PROCESOS INDUSTRIALES**



# **ANALISIS DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETROLEO**

# ESPECIFICACIONES DE LOS PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO

Es imposible considerar por completo el estudio de los numerosos productos derivados del petróleo que se suministran al mercado, como así también realizar un análisis detallado de los métodos de ensayo y de las especificaciones de esos productos. Se citarán únicamente los productos más importantes y sus principales especificaciones. Para cada ensayo se dará la normas A.S.T.M.

## COMPOSICIÓN DEL PETRÓLEO

El petróleo crudo está constituido por miles de especies químicas diferentes incluyendo gases, líquidos y sólidos que van desde el metano hasta el asfalto. Todos los componentes son hidrocarburos, pero hay cantidades importantes de compuestos que contienen nitrógeno (0 al 0.5%), azufre (del 0 al 6%) y oxígeno (de 0 a 3.5%).<sup>4</sup>

El **IAP** (Instituto Americano del Petróleo) en un extenso estudio para identificar los componentes reales del petróleo, ha identificado más de 200 compuestos. Ha continuación se dará una síntesis de los hidrocarburos que componen el petróleo.

### ALIFÁTICOS, O HIDROCARBUROS DE CADENA ABIERTA

**Serie n-parafínica o alcanos:** responden a la fórmula general de  $C_nH_{2n+2}$ . Esta serie comprende la fracción más grande de la mayoría de los crudos. La mayor parte de las naftas que se destilan directamente de los crudos son n-parafinas en forma predominante. Estos compuestos tienen número de octanos muy bajos (por lo que no se las puede utilizar como naftas en sí, sino que tienen que ser sometidas a un proceso denominado “**reforma**”, que aumenta el número de octanos).

**Serie iso-parafínica o iso-alcanos,**  $C_nH_{2n+2}$ . Estos compuestos de cadena ramificada dan mejor resultado en motores de combustión interna que los n-parafínicos y por ello se los consideran como más deseables. En una destilería se pueden obtener mediante reforma catalítica, alquilación, polimerización o isomerización. De todas maneras hay pequeñas cantidades de estos compuestos en los crudos,

**Olefinas o serie alqueno,**  $C_nH_{2n}$ . Los crudos generalmente no contienen compuestos de esta serie, pero se produce mediante procesos de refinería, como en el craqueo catalítico (produciendo moléculas de menor peso molecular de las grandes). Estas moléculas son relativamente inestables (tienden a polimerizar), pero mejoran la calidad antidetonante de la nafta, aunque no tan eficazmente como las iso-parafinas. Durante el almacenamiento polimerizan y se oxidan, formando las denominadas “gomas”, lo cual no es deseable. Sin embargo, esta tendencia a reaccionar las hace útiles para formar otros compuestos petroquímicos mediante reacciones químicas adicionales. Como ejemplos se tiene el etileno, el propileno y el

butileno. Las naftas destiladas o craqueadas contienen muchos de los compuestos más altos de las series.

## COMPUESTOS CÍCLICOS

**Serie nafténica o cicloalcanos**,  $C_nH_{2n}$ . Esta serie, tienen la misma fórmula química que las olefinas, pero carece de su inestabilidad y reactividad, porque la configuración molecular es saturada y no reactiva como los alcanos. Estos compuestos son la serie de segunda importancia en la mayor parte de los crudos. Los compuestos de más bajos peso molecular de este grupo son buenos combustibles; los de más alto peso molecular predominan en el gasoil y en los aceites lubricantes obtenidos de todo tipo de crudos.

**Aromáticos, o serie bencénica**,  $C_nH_{2n-6}$ . Sólo pequeñas cantidades de esta serie se encuentran en los crudos más comunes, pero son muy necesarios en la nafta ya que tiene muy buen valor antidetonante, buena estabilidad durante el almacenamiento, y otros usos además de ser combustibles; algunos crudos especiales (Borneo, Sumatra) contienen cantidades relativamente grandes.

## OTROS COMPONENTES.

El azufre siempre ha sido un componente indeseable en el petróleo. El olor fuerte, desagradable de sus compuestos dio origen a los esfuerzos para eliminarlos de las fracciones de nafta y querosén. Al principio las reacciones químicas se dirigieron a la destrucción del olor. Después se encontró que los compuestos de azufre tenían otros efectos indeseables (corrosión, reducción del efecto del tetraetilo de plomo como agente antidetonante, contaminación del aire). En la actualidad, se elimina los compuestos de azufre y con frecuencia el azufre eliminado se recupera como azufre elemental. Los compuestos de nitrógeno causan menos problema que los de azufre, son menos indeseables y generalmente se ignoran.

Al adaptarse en forma general los procesos de craqueo y reforma catalítica se descubrió la presencia de metales, que se encontraban en pequeñas cantidades (Fe, Mo, Na, Ni, V, etc), estos causaban problemas en los procesos mencionados porque envenenan fuertemente los catalizadores. La sal ha sido un problema mayor desde hace muchos años. Casi siempre se encuentra en los crudos, generalmente como emulsión, y debe ser eliminada para evitar la corrosión. Se descompone durante el calentamiento del hidrocarburo para producir ácido clorhídrico. Antes de procesar los crudos, suele ser necesario eliminarla por medios mecánicos o eléctricos.

Los petróleos crudos varían mucho su composición y cada tipo requiere diferentes procesos de refinación. Los términos base parafínica, asfáltica y mixtos se emplean con frecuencia para diferenciar los crudos basados en los residuos que quedan después de la primera destilación. Durante el proceso de refinación no se separan productos químicos puros. Algunos de los más simples de peso molecular bajo se aíslan para producir productos petroquímicos. La mayor parte de los productos de petróleo son mezclas separadas sobre la base de rangos de puntos de destilación y se identifican por los usos finales a los cuales están mejor adaptados.

## COMPOSICIÓN DEL GAS NATURAL

El gas natural se encuentra acumulado en depósitos subterráneos porosos con o sin petróleo crudo que lo acompañe. Fue descubierto en Estados Unidos a

principios del siglo XVII, aunque era conocido en otras partes durante siglos. Durante algún tiempo se desperdició el gas natural, pero hoy es un importante combustible y materia prima para los productos petroquímicos. El gas "húmedo" que se obtiene de los pozos contiene vapores de hidrocarburos del nivel de puntos de ebullición de la nafta, y en un principio sólo se retenía su contenido de nafta y el resto se quemaba. El líquido condensado obtenido del gas húmedo se conoce generalmente como nafta natural. El gas natural se compone principalmente de hidrocarburos de la serie parafínica del C<sub>1</sub> al C<sub>5</sub> con CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, y a veces He como diluyentes. Los productos más importantes obtenidos del gas natural son combustibles, LNG (por sus siglas en inglés gas natural licuado), nafta natural, negro de humo, helio, hidrógeno, gas de síntesis y muchos petroquímicos.

### **LÍQUIDOS DEL GAS NATURAL.**

La nafta condensada del gas natural contiene menos componentes de alto punto de ebullición que la que se obtiene de la primera destilación de los crudos y es, por tanto, considerablemente más volátil. El término nafta natural, es un nombre especial que se utiliza para distinguirlo. Aunque su número de octano es bajo, su volatilidad hace que el gas natural sea importante para combinarse en combustibles para uso en invierno. La alta volatilidad permite arranques más fáciles.

El gas que sale bajo presión de los depósitos subterráneos contiene los componentes de menor peso molecular vaporizados del petróleo crudo con el que ha estado en contacto. La composición de los líquidos de gas natural obtenidos mediante la condensación de estos componentes se determina en gran parte por la composición del crudo. La nafta natural y los líquidos del gas natural son ahora materias primas principales para la petroquímica. La isomerización de la nafta natural produce grandes cantidades de isobutano e isopentano que luego se hacen reaccionar con olefinas de bajo peso molecular como el butileno para obtener nafta alquilada de alto poder antidetonante.

Debido a la demanda de combustible de alto octanaje (antidetonante), que se obtiene fácilmente de los líquidos de gas natural, y por la demanda continua de materias primas para la petroquímica, a casi todo el gas natural se le elimina su material condensable.

## **PRINCIPALES PRODUCTOS OBTENIDOS DEL PETRÓLEO**

Una refinería produce tres tipos de productos:

- ▶ Productos terminados, que se envían directamente al mercado (naftas, gasoil, querosén, etc.).
- ▶ Productos semi - elaborados, que servirán de base para mezclas posteriores y que aún necesitarán el agregado de otros numerosos productos para perfeccionar la calidad (cortes lubricantes para la fabricación de aceites lubricantes).
- ▶ Materias primas para la industria petroquímica.

También se pueden clasificar estos distintos productos, en función del peso molecular de los hidrocarburos que intervienen en su composición, como sigue:

- ▶ Gases: hidrógeno e hidrocarburos de bajo peso molecular (gases industriales y materia prima para la industria petroquímica).
- ▶ Gases licuados o L.P.G. (Liquefied Petroleum Gases): propano y butano

- comerciales para usos domésticos e industriales.
- ▶ Naftas para motores de automóviles y de aviones a pistón.
  - ▶ Naftas especiales y disolventes: estufas, quitamanchas, disolventes para pinturas, disolventes industriales (extracción de grasas, perfumes, etc.).
  - ▶ Combustible para reactores (jet fuels): aviones a reacción, turbinas de gas o cohetes.
  - ▶ Querosén para calefacción o señalización.
  - ▶ Gas oil (diesel oil): combustible para motor diesel rápido.
  - ▶ Fuel-oil liviano: combustible para instalaciones de calefacción doméstica.
  - ▶ Aceites livianos (spindles): base lubricante que forma parte de la composición de los aceites para motores o también aceites de engrase para mecánica ligera (máquinas de coser, bicicletas, industria textil, relojería, etc.).
  - ▶ Aceites pesados (bright stock): base viscosa que entra en la composición de los aceites para motores.
  - ▶ Aceites de cilindros (cylinder oils): para máquinas de vapor y engrase general.
  - ▶ Parafina y ceras: protección de alimentos, aislamiento eléctrico).
  - ▶ Fuel-oil pesado: combustibles para centrales eléctricas, para calderas de producción de vapor o combustibles para grandes motores diesel fijos o marinos.
  - ▶ Asfalto: para carreteras, membranas asfálticas, embalaje y moldeo.
  - ▶ Coque: combustible industrial o para fabricación de electrodos.

Considerándolos en función del rango de peso molecular de las moléculas que intervienen o sus intervalos de puntos de ebullición se puede construir la siguiente tabla:

Fracción	Intervalo de peso molecular	Rango de puntos de ebullición	Usos
Gas	C <sub>1</sub> – C <sub>4</sub>	0° C – 30° C	Gas combustible.
Nafta de destilación directa	C <sub>5</sub> – C <sub>14</sub>	30° C – 200° C	Combustible para automóviles
Querosén	C <sub>12</sub> – C <sub>16</sub>	180° C – 30° C	Combustibles para aviones a reacción y calefacción
Gasoil	C <sub>16</sub> – C <sub>18</sub>	Más de 300° C	Combustibles para motores diesel
Materia prima para lubricantes	C <sub>18</sub> – C <sub>20</sub>	Más de 350° C	Materia prima para producción de aceites lubricantes
Cera parafínica	C <sub>20</sub> – C <sub>40</sub>	Sólidos de bajo punto d fusión	Velas, papel encerado
Asfalto	Más de C <sub>40</sub>	Residuos pegajosos	Asfalto para carreteras, membranas asfálticas

## ENSAYOS NORMALIZADOS

Cada refinería posee laboratorios de control en donde se efectúa un determinado número de ensayos para cada uno de los productos intermedios o finales que se producen. Estos ensayos que tienen una doble finalidad:

- ▶ Comprobar rápidamente si el funcionamiento de los equipos de fabricación es

correcto:

- ▶ Asegurar que la calidad de los productos terminados corresponda a las normas.

El material y el modo de operar en estos ensayos están normalizados de forma que sus resultados son fácilmente reproducibles y comparables. Su realización práctica, muy simplificada en comparación con la de los clásicos métodos físicos de análisis, tiene la ventaja de no exigir mucha especialización del técnico, permitiendo, además, efectuar frecuentes controles. A pesar de sus imperfecciones, los resultados obtenidos son importantes, pues hacen posible la caracterización de un producto con una precisión suficiente y, en ciertos casos, incluso es factible relacionar, sin ninguna ambigüedad, estos resultados con propiedades físicas bien definidas. Estos análisis de laboratorio han avanzado mucho junto con los progresos en el área de la electrónica. Algunas refinerías están equipadas con aparatos analizadores en línea, que realizan automáticamente las tomas de muestras, las analizan, registran los resultados en las computadoras y corrigen, si es preciso, la regulación de las unidades, sin ninguna intervención manual.

A continuación se detallan los principales análisis que se realizan a estos productos

## Densidad

La densidad ya se ha definido como la relación, entre la masa de una muestra a una temperatura determinada y su volumen. También se define el peso específico relativo como el peso de un determinado volumen de muestra y el peso del mismo volumen de agua a una temperatura especificada. Normalmente se toma como temperatura de referencia del agua a 4° C ya que a esa temperatura el agua presenta su densidad máxima (1 gr/cm<sup>3</sup>)

En los países anglosajones, la medida de la **specific gravity** con densímetros está prevista en las normas A.S.T.M. D 1657 y 1298, y la medida con picnómetro en las normas D 1217 y 1480. Es preciso subrayar la inversión del sentido de las palabras **specific gravity** y **density** que significan respectivamente densidad y masa específica (o peso específico). La **specific gravity** se define para dos temperaturas standard idénticas de 60° F y tiene por símbolo sp. gr. o sp. gr. 60/60 F.

En Estados Unidos se utiliza, asimismo, para medir la densidad, el grado **A.P.I.**, definido, por el **American Petroleum Institute**, como una función de la specific gravity.

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141,5}{\text{sp.gr.60/60F}} - 131,5$$

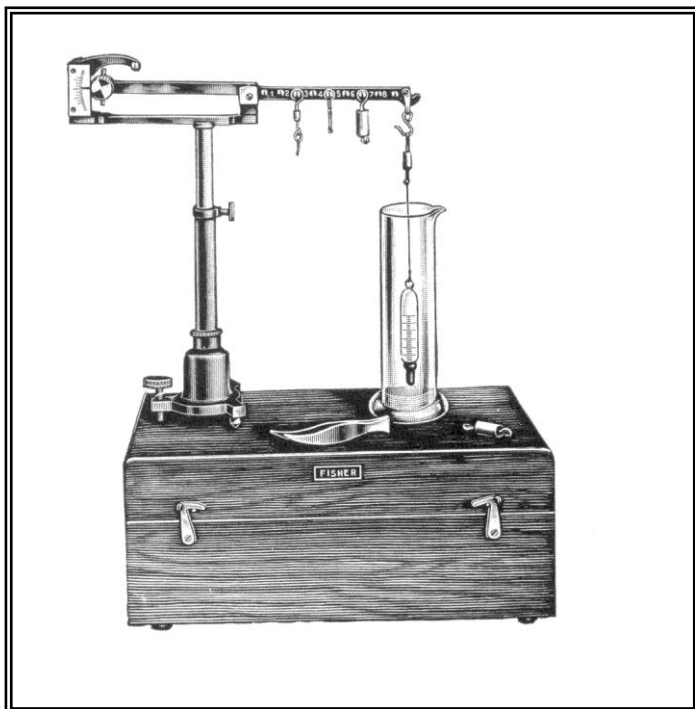
Esta unidad corresponde al antiguo grado Baumé, aún utilizado para caracterizar la concentración en ácido de soluciones acuosas:

$$^{\circ}\text{Baume} = \frac{140}{\text{densidad}} - 130$$

Los coeficientes 141,5 y 131,5 de la fórmula del grado A.P.I. fueron introducidos para compensar el error de calibrado de los primeros densímetros graduados en escala Baumé.

La medida de la densidad por medio de un densímetro implica la lectura

simultánea de la temperatura de la muestra. El valor hallado se corrige a continuación, por medio de tablas, al valor de la sp. gr. 60/60 F (es decir a °60 F). Para las medidas precisas de densidad, que necesitan cuatro decimales exactos, se debe utilizar preferentemente el picnómetro o también la balanza de precisión de Mhor (ver **Figura 1**). Actualmente se utilizan densímetros digitales, tal como se muestra en la **Figura 2**



**Figura 1**



**Figura 2**

Si bien el conocimiento de la densidad es de suma utilidad a fin de efectuar balances de masa y para calcular potencias de bombas, no permite, por el contrario, definir por sí sola un derivado del petróleo. De todas maneras constituye un análisis sencillo para determinar la marcha de los equipos.

### **Presión de vapor REID**

La presión de vapor Reid (o Reid Vapor Pressure ,RVP.) está normalizada por la A.S.T.M. D 323 para presión de vapor de las naftas, y la D 1267 para medir la presión de vapor de gases licuados. En todos los casos el aparato presentado en la **Figura 3** es prácticamente el mismo. Comprende un recipiente para la muestra, una cámara de aire de, aproximadamente, cuatro veces el volumen del recipiente, un baño termostático a 100° F, y un manómetro.

Si se desea determinar la RVP de una nafta, se llena el recipiente con la misma, se le conecta con la cámara de aire y se introduce en un baño termoestático. El conjunto se agita, periódicamente, volviendo a colocarlo en el baño termostático. El manómetro está adaptado al extremo superior de la cámara de aire y da una indicación de presión que se estabiliza al alcanzar el equilibrio. Este valor límite de la presión mide la presión de vapor Reid de la nafta, que se expresa en lb/sq. in. (psi) o en kPascal. Este ensayo no es una medida de la verdadera presión de vapor según se define en Física, porque la experiencia se efectúa en presencia de aire. Sin embargo, existe una relación definida entre el valor de la presión de vapor Reid y el de la presión de vapor verdadera.

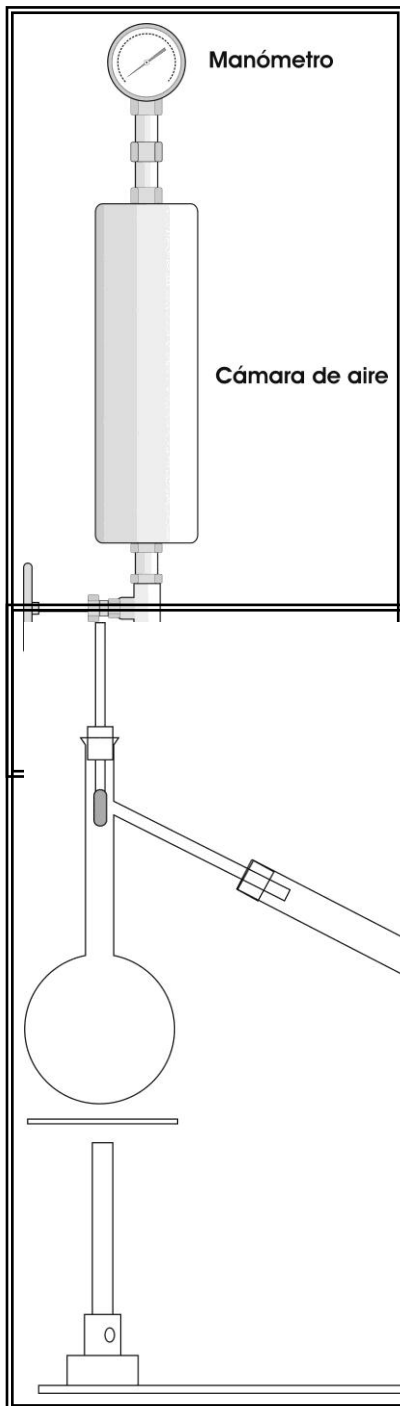


Figura 4

temperatura máxima es el punto final de destilación, correspondiente a un recuperado de destilado del **d** %. Previo enfriamiento del matraz, se mide en el mismo la cantidad de líquido residual, es decir, un residuo **r** %. El balance volumétrico de la operación hace aparecer una porción de pérdidas, **p** %, tal que:

$$d + r + p = 100$$

Teniendo en cuenta la precisión de este balance, las pérdidas corresponden, sensiblemente, a las fracciones de muy bajo peso molecular que han destilado al principio del calentamiento y no se han condensado en el tubo. La importancia de las pérdidas está estrechamente relacionada con la volatilidad de la muestra.

En el caso de los gases licuados de petróleo, el análisis se realiza de manera semejante, pero la cámara de aire se purga al principio con gas, de modo que, en estas condiciones, se obtiene la medida de la presión de vapor verdadera que se expresa en  $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ,  $\text{lb}_f/\text{pulg}^2$  ó  $\text{kPascal}$  manométrica.

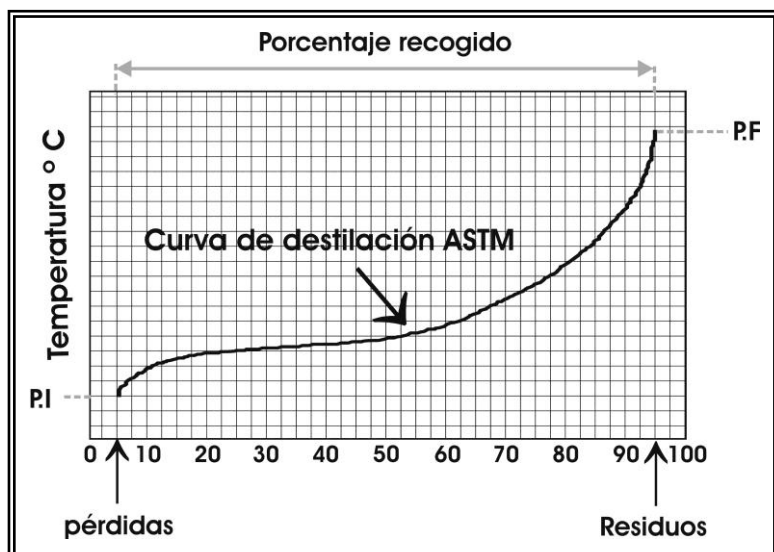
El ensayo de presión de vapor es muy importante, pues indica, de una manera indirecta, el contenido de productos de bajo peso molecular en las naftas, que condicionan la seguridad durante el transporte, las pérdidas en el almacenamiento y la volatilidad de las mismas.

### Destilación ASTM

Este ensayo está regido por las normas A.S.T.M. D 86, D 216 y D 158. La **Figura 4** presenta el equipo, que comprende un matraz de destilación con capacidad para 100 ó 200  $\text{cm}^3$  de producto, en el que se calienta y destila éste a una velocidad determinada. Los vapores formados se condensan en un tubo de cobre inmerso en una mezcla de agua y hielo triturado y, después, se recogen en una probeta graduada. El técnico anota la temperatura a la que condensa la primera gota de a la salida del tubo como principio de destilación. A continuación, se toma la temperatura regularmente a medida que se destilan y recogen en la probeta 5, 10, 20, ..., 90 y 95 % del producto. Finalizada la destilación, basta seguir la temperatura, que pasa por un máximo, y después decrece como consecuencia de la alteración térmica de las últimas trazas de líquido que quedan en el matraz. La



Finalmente, estos resultados se trasladan a un diagrama que tiene, como coordenadas, el tanto por ciento que ha destilado vs la temperatura (ver **Figura 5**). Las pérdidas se sitúan al principio, de modo que todas las abscisas del tanto por ciento que ha destilado deben ser aumentadas en el valor **p** de las pérdidas. Así se encuentra después del punto final (**PF**), el valor del residuo **r**. A continuación, todos



**Figura 5**

los puntos obtenidos se unen con una línea llamada curva de destilación A. S. T. M. del producto.

Sin querer anticipar las conclusiones relativas a la destilación, este ensayo, como el anterior, presenta muchas imperfecciones con relación a las destilaciones precisas que es posible realizar. Las temperaturas tomadas no corresponden al paso del vapor puro por la boca del matraz. Sin embargo, es evidente que, según la composición del producto, los principios y

finales de destilación serán diferentes; asimismo, los puntos intermedios pueden estar distribuidos de otro modo. Se puede, pues, decir que la curva de destilación refleja en cierto sentido la composición del producto y que la comparación de las curvas A. S. T. M. permite deducir ciertas conclusiones sobre la distribución de los hidrocarburos en las muestras analizadas. Es éste un criterio de identificación utilizado en particular por los controles de caracterización de cada producto. Con frecuencia se encontrarán, también, especificaciones de productos de petróleo definidos por sus curvas de destilación como en el caso de las naftas. Por último, la curva de destilación A. S. T. M. es importante para la regulación de las torres de destilación, al dar a conocer la calidad del fraccionamiento entre dos extracciones sucesivas.

## Color

Este ensayo está codificado por las normas A.S.T.M. siguientes:  
 D 156 color Saybolt, para los productos más livianos que el gas-oil.  
 D 155 color Union, para los aceites.  
 y D 1500 (A.S.T.M. color scale).

El principio del colorímetro Saybolt consiste en la comparación del color de vidrios coloreados normalizados con el del producto contenido en un tubo; para ello, se ajusta la altura del líquido en el tubo hasta obtener la misma impresión de intensidad luminosa. Una tabla da el número de color en función de esta altura. En el colorímetro Union, se busca, por el contrario la combinación de vidrios normalizados que dé el mismo color que un determinado espesor de producto,

En los productos livianos, el color es un criterio de la calidad del fraccionamiento; el gasoil, en particular, no debe estar contaminado por trazas de productos asfálticos negros. En cuanto a los aceites, su color es función de los tratamientos de refinación sufridos: amarillo - rojo para las fracciones parafínicas y

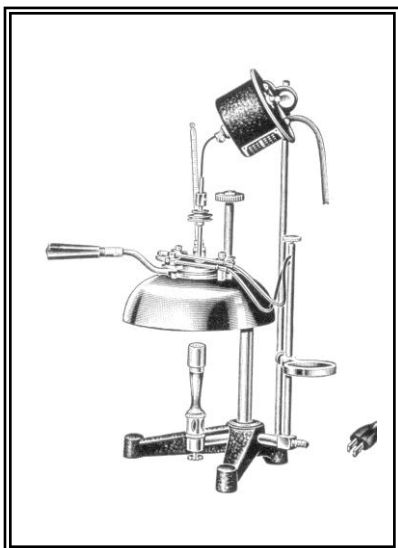
azul - verde para las fracciones nafténicas. Por otra parte, la intensidad del color es función, a su vez, del grado de refinación.

### **Punto de inflamación**

El ensayo consiste en calentar una muestra del producto en un recipiente abierto o cerrado, y a velocidad determinada, hasta que se haya vaporizado una cantidad suficiente de elementos volátiles susceptible de ser inflamada por una pequeña llama que se desplaza por encima del recipiente. Tan pronto se produce una ligera explosión, se anota la temperatura del producto que corresponde al punto de inflamación o «flash point». Si se continúa calentando, se obtiene una llama estable. La temperatura correspondiente es el punto de combustión, algunos grados superior al punto de inflamación.

Un número relativamente importante de normas codifican este ensayo, según la naturaleza del producto:

	<b>Designación</b>	<b>Norma A.S.T.M</b>
Disolventes - Querosén	Abel	
Gas Oil - Aceites – Fuel Oil	Vaso cerrado Tag	D56
	Vaso abierto Cleveland	D92
	Vaso cerrado Pensky-Martens	D93



**Figura 6**

Este ensayo es para los productos no volátiles lo que la tensión de vapor Reid es a la nafta. Caracteriza el contenido de productos volátiles y permite así conocer hasta qué temperatura podrá ser calentado un producto sin peligro. En la **Figura 6** se puede observar un equipo normalizado Pensky – Martens de vaso cerrado.

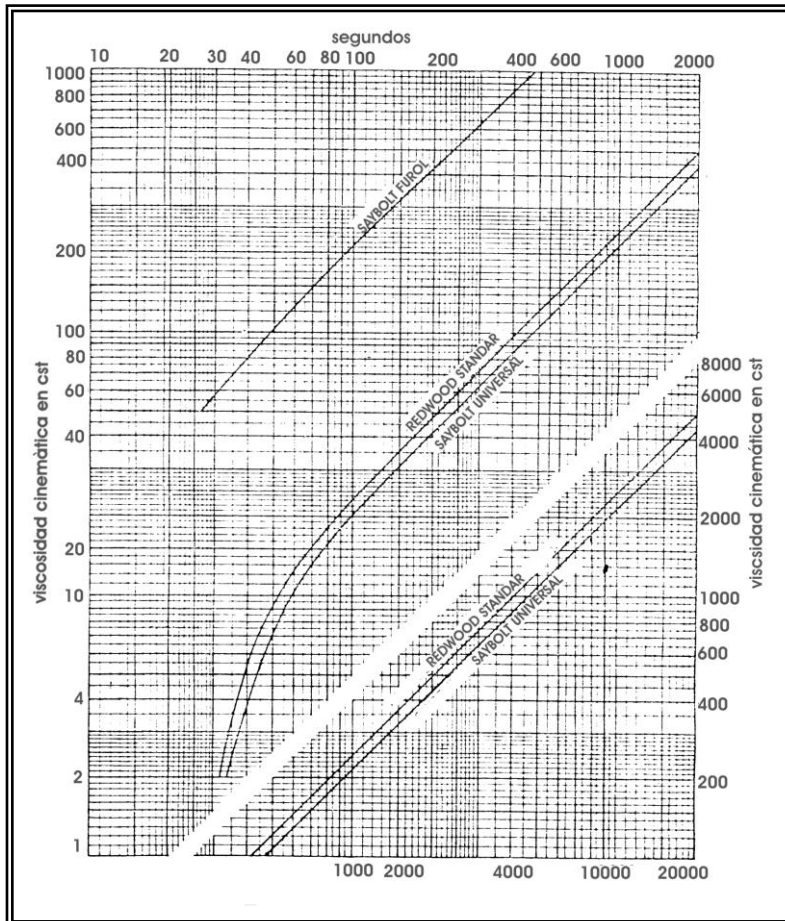
### **Punto de enturbiamiento. Punto de congelación**

Este ensayo es el objeto de la norma A.S.T.M. D 97. También son denominados en inglés como cloud test y pour test.

Para este ensayo se enfría el producto lentamente, sin agitación, y se anota la temperatura a la que aparece una turbidez u opalescencia, debido a la formación de micro-cristales. Esta temperatura es el punto de enturbiamiento (cloud point). Si se continúa enfriando, el líquido acaba por hacerse altamente viscoso, y no fluye al colocar la probeta en forma horizontal. La temperatura a la cual sucede esto corresponde al punto de congelación inferior (pour point). Si se vuelve a calentar el

producto después de solidificación prolongada, la temperatura a la que vuelve a estar fluido se llama punto de congelación superior; éste es algunos grados más elevado que el inferior.

Este ensayo tiene por fin caracterizar, el contenido en parafinas de los aceites, o el contenido en hidrocarburos de alto punto de congelación de otros productos. El punto de enturbiamiento y el punto de congelación permiten apreciar los límites de temperatura a respetar en la manipulación de productos, particularmente para su bombeo en invierno.



**Figura 7**

muy viscosos, el aparato tiene un orificio normalizado de mayor diámetro, y el equipo se denomina Saybolt Furol y la viscosidad se mide en Segundos Saybolt Furol o SSF<sub>210</sub>, si el ensayo tiene lugar a 210° F. Los viscosímetros Engier y Redwood están basados en el mismo principio, y dan la medida de la viscosidad en grados Engler y en segundos Redwood Standard o Admiralty.

Evidentemente, existen correspondencias entre estos diversos tipos de unidades de viscosidad.

Las normas A.S.T.M., D 446 y D 666 dan tablas de conversión entre las unidades empíricas y los centistokes. Gráficos como los presentados en las **Figura 7** proporcionan una correspondencia aproximada entre los diversos viscosímetros. Conviene recordar que actualmente se tiende a simplificar estos sistemas y a expresar las viscosidades en centistokes, única unidad física utilizable para los cálculos.

La viscosidad es un criterio particularmente importante para apreciar las

## Viscosidad

La determinación de la viscosidad está cubierta por las normas A. S. T. M. como siguen:

- ▶ Viscosidad cinemática: D 445;
- ▶ Saybolt test: D 88;
- ▶ Tablas de conversión: D 666 y D 446.

En los Estados Unidos el viscosímetro más utilizado es el Saybolt, mientras que en Inglaterra se utiliza el viscosímetro Redwood, y en Alemania el Engler.

El viscosímetro Saybolt Universal, se usa para productos de baja viscosidad cinemática y se indica directamente el tiempo, en segundos Saybolt Universal o SSU<sub>100</sub>, si la medida de la viscosidad se efectúa a 100° F. Para productos

posibilidades de bombeo de los productos y definir el tipo de régimen en los conductos. En los fuel oils, sustituye a las normas de destilación, sirviendo de parámetro en la clasificación de productos pesados. Por último, en el caso de los aceites lubricantes, la viscosidad es una especificación de primer orden porque condiciona las cualidades requeridas para la lubricación.



En las **Figura 8** se pueden ver un viscosímetro Saybolt, un Brookfield y uno de caída de esfera. El viscosímetro Brookfield indica la viscosidad absoluta, mientras que los otros la cinemática.

**Figura 8**

### **Cenizas y residuo de carbono Conradson**

El ensayo de cenizas está regulado por la norma A.S.T.M. D 482, mientras que el residuo de carbono Conradson viene especificado por la norma A.S.T.M. D 189.

El contenido de cenizas se determina en los productos pesados, para lo cual se calcinan en un crisol evitando la inflamación de los vapores. A continuación se incinera el residuo de carbono con una llama muy caliente, para quemar el carbón. Después de enfriamiento y desecación, quedan solamente las cenizas, constituidas por sales minerales no volátiles.

La determinación del residuo de carbono Conradson se aplica a los productos no volátiles, que se evaporan y someten a pirólisis en un crisol. Después se inflaman los vapores y, cuando cesa la combustión, se calcina al rojo el residuo en el crisol. Previo enfriamiento y desecación, se obtiene un residuo de coque del cual se deduce el contenido en cenizas para conocer el residuo de carbono Conradson (CCR).

El contenido en cenizas da idea de la cantidad de residuo sólido que un gas-oil, por ejemplo, dejaría en los cilindros en las mejores condiciones de combustión completa, mientras que el residuo de carbono da idea de la tendencia a formar coque o depósitos carbonosos en el curso de una combustión incompleta del fuel-oil.

### **Azufre**

La determinación del contenido de compuestos sulfurados está prevista por las normas siguientes:

- ▶ A.S.T.M. D 1266: método de la lámpara.
- ▶ A.S.T.M. D 129: método de la bomba.
- ▶ A.S.T.M. D 1551: método del tubo de cuarzo (de Grote).
- ▶ A.S.T.M. D 484

► A.S.T.M. D 130: lámina de cobre.

En los tres primeros ensayos, se quema el producto en una lámpara, en una bomba o en una navecilla colocada en el interior de un tubo de cuarzo y, posteriormente, se analizan los gases de combustión, con disoluciones absorbentes selectivos que permiten determinar la cantidad total de azufre presente en la muestra. El contenido de azufre se expresa siempre en tantos por ciento en peso. El ensayo doctor (Doctor test) permite una determinación selectiva de los compuestos sulfurados corrosivos y mal olor (sulfuro de hidrógeno y mercaptanos), tratando una muestra de producto liviano con una solución de plumbito sódico a la que se ha añadido azufre, que oxida los mercaptanos a disulfuros neutros, tomando una coloración marrón oscuro cuando el contenido en mercaptanos sobrepasa la especificación. Si la interfase conserva su color amarillo, se dice que el doctor es negativo y la nafta es «dulce» («sweet»). Este ensayo cualitativo es poco preciso, por lo que se tiende a abandonarse. No figura en las especificaciones de las naftas, pero ha sido conservado para los productos con bajo contenido en azufre, tales como los gases licuados y los disolventes especiales (white spirit ó nafta blanca). El carácter corrosivo de las naftas y del querosén, debido a la presencia de mercaptanos, se controla con el ensayo de la lámina de cobre. La muestra de nafta se mantiene a 50° C durante tres horas (el querosén a 100° C) recubriendo parcialmente una lámina de cobre rojo, que ha sido perfectamente pulida antes.

**Clasificación de la corrosión sobre la lámina de cobre:** la clasificación de la corrosión según esta norma se detalla en la siguiente tabla:

Clasificación de la corrosión sobre cobre		
Clasificación	Designación	Descripción (*)
Lámina recientemente pulida	-----	(**)
1	Ligeramente manchada	a) Naranja claro, casi igual a la tira inicial b) Naranja oscuro
2	Moderadamente manchada	a) Rojo guinda b) Lila c) Multicoloreado con lila azulado o plateado sobre fondo guinda d) Plateado e) Broncedo o dorado
3	Manchado oscuro	a) Violeta oscuro sobre fondo bronceado b) Multicoloreado mostrando pintitas rojas y verdes pero no grises
4	Corrosión	a) Negro transparente, gris oscuro o marrón con pintitas verdes solamente b) Negro grafito o negro mate c) Negro brillante o azabache

(\*) El patron A.S.T.M. es una reproducción coloreada de láminas características de estas descripciones

(\*\*) En el patrón se incluye una lámina pulida recientemente como una indicación de la apariencia que debe tener la lámina antes de comenzar el ensayo aunque la muestra de aceite sea totalmente anticorrosivo.

## **ANALISIS DE LAS ESPECIFICACIONES EN FUNCION DE LA UTILIZACION**

Como se ha comentado anteriormente, una destilería produce tres tipos de productos:

- ▶ Productos terminados, que se envían directamente al mercado (naftas, gasoils, querosén, etc.).
- ▶ Productos semi - elaborados, que servirán de base para mezclas ulteriores y que aún necesitarán el agregado de otros numerosos productos para perfeccionar la calidad (cortes lubricantes para la fabricación de aceites lubricantes).
- ▶ Materias primas para la industria petroquímica.

Los derivados del petróleo que se utilizan como materias primas para la industria petroquímica (benceno, tolueno, etc.) se caracterizan solamente por su composición química, en cambio aquellos productos terminados que se envían directamente al mercado (como las naftas o gasoil) se caracterizan por toda una serie de parámetros. En este apunte se verá solamente las caracterizaciones de los principales productos terminados o semi elaborados

### **GASES LICUADOS**

Bajo esta denominación se incluyen el butano y el propano comercial. De todas maneras, en la destilería no se puede conseguir, económicamente, una separación perfecta de los hidrocarburos ligeros, las especificaciones de los gases licuados tienen por objeto la limitación del contenido en fracciones demasiado ligeras o demasiado pesadas. Así, la presión de vapor del propano se limita a 2060 kPascal a 50° C, y la del butano comercial a 851 kPascal a 50° C. Estos límites corresponden, aproximadamente, a un contenido en etano 7 % molar para el propano comercial, y 30 % molar de propano para el butano comercial. La especificación está tomada a 50° C, máxima temperatura alcanzable por una garrafa de gas expuesta al sol. La limitación de elementos ligeros con elevada presión de vapor es necesaria por razones de seguridad; por una parte, es preciso no sobrepasar la presión de prueba de las garrafas; por otra, desde el punto de vista del usuario, el poder calorífico no debe apartarse de ciertos límites, pues la regulación de los quemadores sólo es correcta para un exceso de aire bien definido.

La concentración de elementos pesados se caracteriza por el ensayo de evaporación, que consiste en dejar evaporar, en probeta abierta, el gas licuado, anotando el descenso de temperatura. El butano comercial debe dejar un residuo líquido inferior al 5 % cuando la temperatura alcanza + 1° C, mientras que, para el propano comercial, el residuo no debe exceder del 2 % cuando comienza a fundir una gota de mercurio solidificada en la probeta. Los ensayos de evaporación aseguran al usuario la posibilidad de utilizar íntegramente el gas licuado de la

garrafa, sin dejar residuo líquido no vaporizable a temperatura ordinaria. Por último, el contenido en compuestos sulfurados, tales como H<sub>2</sub>S y mercaptanos, debe dar un Doctor Test satisfactorio. No hay razón para eliminar totalmente los mercaptanos malolientes que permiten poner de manifiesto las fugas eventuales de la instalación.

## **NAFTAS**

La nafta es una mezcla compleja donde puede haber de 200 a 300 hidrocarburos distintos, formada por fracciones combustibles provenientes de diferentes procesos de refinación del petróleo, tales como destilación a presión atmosférica, cracking catalítico, alquilación, reformado catalítico, polimerización, y otros.

Las fracciones son tratadas químicamente con soda cáustica para eliminar compuestos de azufre tales como sulfuros y mercaptanos que tienen un comportamiento corrosivo y retirar gomas que pueden generar depósitos en los sistemas de admisión de combustibles de los motores. Luego se mezclan de tal forma que la mezcla final tenga un 85 RON como mínimo para la nafta común y 95 RON para la nafta súper. El índice es una medida de la capacidad antidetonante de la nafta y la principal característica que identifica el comportamiento de la combustión dentro del motor. Mayor octanaje indica mejor calidad.

Antes de ser distribuida a las estaciones de servicio al público, a la nafta se le adicionan aditivos detergentes dispersantes con el fin de prevenir la formación de depósitos en todo el sistema de admisión de combustibles de los motores (carburadores, inyectores de combustible, lumbreras o puertos de entrada y asientos de las válvulas de admisión).

**Precauciones para el manejo:** se clasifica como un líquido inflamable clase 1A de acuerdo con la Norma 321 de la NFPA (National Fire Protection Association), por lo cual debe tenerse especial cuidado y es indispensable cumplir con los estándares establecidos para el diseño de los tanques de almacenamiento, tuberías y equipo de las estaciones de servicio al público. Este producto es volátil, genera vapores desde una temperatura de - 43° C, los cuales al mezclarse en proporciones de 11 a 7.6% en volumen producen mezclas inflamables y explosivas.

Cuando se diseñen plantas de almacenamiento, estaciones de servicio, o cualquier otra instalación para el manejo de estas naftas, deben aplicarse las normas NFPA para lo relacionado para la protección contra el incendio, las Normas API (American Petroleum Institute) y las reglamentaciones expedidas por las autoridades gubernamentales de control tanto nacional como regional y local.

No es recomendable dar a este producto usos diferentes del mencionado antes debido a que los vapores que genera son más pesados que el aire, por lo tanto tienden a depositarse en lugares bajos donde están localizadas normalmente las fuentes de ignición tales como pilotos de estufas, interruptores de corriente eléctrica, tomas de corriente y puntos calientes tales como lámparas incandescentes, los cuales pueden producir incendios y explosiones.

Debe evitarse el contacto con la piel y la inhalación de vapores debido a que estos son tóxicos y en concentraciones altas pueden causar mareos, pérdida del conocimiento y, en casos extremos, hasta la muerte. Por ningún motivo debe almacenarse nafta en la casa o departamento o en cualquier recinto cerrado. El combustible se evapora continuamente y, además de generar una atmósfera de vapores tóxicos, puede causar un incendio o una explosión. Para su manejo seguro hay que utilizar ropa impermeable adecuada, lentes y guantes de seguridad.

Las naftas, como se ha comentado anteriormente, no se caracterizan por su composición química (que, evidentemente, es muy compleja) sino por una serie de parámetros. Los más importantes se detallan a continuación.

**Número de octano:** los primeros constructores de automóviles que utilizaban motores a nafta en sus vehículos, ya sabían que al aumentar la relación de compresión del motor (volumen de la cámara de combustión en su punto muerto inferior respecto al volumen de la misma en su punto muerto superior) mejoraban notablemente la relación potencia/peso del motor. Los primeros automóviles salieron al mercado con una relación de compresión de 5:1, mientras que en la actualidad la relación de compresión de un motor de 2000 c.c. con inyección multipunto, se eleva a 11:1, produciendo la misma potencia (o más) que los antiguos motores en V de 8 ó 12 cilindros con 7 litros de cilindrada

De todas maneras, cuando se intentaba aumentar la relación de compresión, el motor respondía produciendo explosiones o fuertes vibraciones. Esto se debía a un fenómeno denominado detonación. Este fenómeno está íntimamente relacionado con la presión y temperatura alcanzada al final de la compresión.

En la combustión normal, durante la carrera de compresión (el pistón, en ese momento, está comprimiendo una mezcla de aire y nafta) y antes de que el pistón llegue al punto muerto superior se produce el encendido de la mezcla aire-combustible a través del salto de una chispa entre los electrodos de la bujía. Esto provoca la inflamación de la mezcla y la formación de un frente de llama que debe avanzar paulatinamente atravesando la cámara de combustión hasta consumir toda la mezcla. A medida que se produce la combustión, la presión y la temperatura en la cámara de combustión aumentan progresivamente. Cuando la combustión terminó y comienza el recorrido inverso del pistón hacia el punto muerto inferior, la temperatura y la presión comienza a disminuir. En una combustión donde se produce el fenómeno de la detonancia, todo ocurre como en el caso anterior hasta que se ha quemado las casi 2/3 partes de la mezcla combustible, en ese momento, en la parte no quemada de la misma, aparecen distintos focos de ignición, que producen el encendido instantáneo del resto de la mezcla, que tiene como consecuencia un aumento de la presión y un desarrollo considerable de calor, trayendo como consecuencia un aumento de la temperatura de las paredes de la cámara de combustión, que favorecerá la repetición del fenómeno en un ciclo posterior. El aumento súbito de presión local hace que, además de producir un aumento de los esfuerzos mecánicos, considerable en los órganos del motor, genera ondas de presión que al viajar por la cámara de combustión, hace vibrar los aros del pistón y al cilindro, produciéndose un ruido metálico audible, característico del fenómeno. La repetición continuada de este proceso agrava la severidad del fenómeno llegando a producir el **autoencendido**, que es cuando la combustión detonante se genera por la presencia de puntos calientes, existentes en la cámara de combustión y coincide con el salto de la chispa de la bujía. Este estado se caracteriza por que al cortar el encendido, el motor sigue funcionando.

Si se continúa con el fenómeno se llega a otro proceso más severo aún, que



es la **pre ignición**, en la cual la mezcla se enciende antes del salto de la chispa, debido a puntos y superficies calientes, produciendo un súbito aumento de presión cuando todavía el pistón no llegó a su punto muerto superior. Esto puede provocar el descabezado o perforado del pistón.

Este fenómeno se debe a que existen componentes de las naftas que al aumentar la temperatura y la presión, se inflaman en forma instantánea. Una hipótesis indica que delante del frente de llama por la presión y temperatura alcanzada en la parte no quemada, se formarían compuestos peróxidos inestables, que al aparecer los puntos de ignición espontánea producirían el aumento de la velocidad de la llama, por la reacción en cadena.

Los motores actualmente se construyen, en general, con capacidad de resistencia a martilleo, debido al fenómeno de la detonación. Por el contrario, el efecto térmico es mucho más grave. El circuito de refrigeración no está calculado para eliminar la cantidad de calor violentamente liberada por la explosión. El motor se calienta, favoreciendo aún más las condiciones de formación de peróxidos con lo cual el fenómeno tiende a automantenerse. La temperatura puede llegar a ser tal que los depósitos carbonosos, que siempre existen, particularmente sobre la cabeza del pistón, puedan calentarse al rojo y provocar el autoencendido por puntos calientes que sustituyen a la bujía. El motor puede continuar girando durante algún tiempo después de cortar el contacto, exponiéndose, entonces, a un desgaste por mala lubricación a temperatura elevada. En el motor de aviación, particularmente, no puede permitirse el menor golpeteo debido a lo limitado de su refrigeración por aire.

Para un combustible dado, la detonación está relacionada con la construcción del motor; depende del coeficiente de llene del cilindro, de la turbulencia, de la forma de la culata, del diámetro interior del cilindro y de la calidad de las bujías. Durante los últimos años se han realizado grandes progresos en este sentido, especialmente con la utilización de la culata hemisférica.

Para un motor dado, la detonación es función de la composición del combustible. Por ello, ha habido que concebir un método que permitiese clasificar los combustibles en función de sus cualidades antidetonantes en el motor de encendido por bujía. El principio de todos los ensayos de clasificación de combustibles consiste en comparar, en un motor patrón, el comportamiento de la muestra a ensayar con el de una mezcla de dos hidrocarburos puros tomada como referencia.

**Motor C.F.R.:** hacia 1930, la Cooperative Fuel Research diseñó los planos y puso en servicio un motor experimental monocilíndrico de relación de compresión variable mediante desplazamiento del fondo del cilindro. La explosión se detecta gracias a una membrana deformable sobre la que se apoya una aguja. En régimen detonante, la violenta subida de presión correspondiente a la detonación hace saltar la aguja que cierra un circuito eléctrico en el que hay un amperímetro que da la intensidad de la corriente circulada. Así se puede poner de manifiesto la intensidad de la detonación. Los nuevos motores C.F.R. están provistos de dispositivos electrónicos para detectar y medir la explosión.

**Combustibles de referencia:** en aquella época, se eligieron dos hidrocarburos puros conocidos por su comportamiento extremo desde el punto de vista de la detonación: uno era el n-heptano, muy detonante. Se le dio, convencionalmente, un valor cero para el número de octano; y el otro era un iso-octano, (el 2-2-4 trimetilpentano), que soportaba muy bien el fenómeno de la detonación, al que se dio un número de octano igual a 100.

**Definición del número de octano:** un combustible tiene un número de octano

igual a  $x$  si, en el motor C.F.R., provoca un martilleo equivalente al observado para una mezcla de  $x$  partes, en volumen, de iso octano y  $(100 - x)$  de n-heptano.

El Motor Method, o método F2, es el más antiguo; el motor gira a 900 rev/min. Fue utilizado esencialmente hasta 1948 y sustituido por el Research Method o método F1, que hace girar el motor a 600 rev/min. Los resultados dados por el Motor Method fueron excelentes mientras las naftas eran de naturaleza parafínica, pero la aparición de los cracking y reforma catalíticos introdujo en los combustibles nuevos constituyentes aromáticos, cuyas cualidades antidetonantes no pueden ser comparadas con las de los combustibles patrón. Se observaba igualmente que el número de octano Motor de un combustible es, generalmente, menor que su número Research, salvo en los valores bajos para los que son sensiblemente equivalentes.

La diferencia entre los valores Motor y Research constituye la sensibilidad del combustible. Por último, el Motor Method representa, más o menos, el comportamiento del combustible en carretera, mientras que el Research Method es mejor exponente, también de manera aproximada, del comportamiento en ciudad.

En la Argentina, el Número de Octano se caracteriza con el Research Method, con lo cual el número de octano se expresa en unidades RON (Research Octane Number) Actualmente en el mercado argentino se suministra tres tipos de naftas para automóviles: la normal (de color amarillo), con un número de octano no menor a 85 RON, la súper (de color azul), con un número de octano no menor de 95 RON y la "ecológica" (de color verde) que tiene que tener un número de octano no menor a 98 RON (algunas empresas está suministrando naftas con 100 RON)

**Relación entre los hidrocarburos y el RON:** los hidrocarburos lineales son los que presentan un menor RON. Las iso parafinas y los aromáticos tienen un RON más elevado. En la siguiente tabla se detalla el número de octano de varios compuestos.

Nombre	Número de Octano	Nombre	Número de Octano
n-octano	-20	Benceno	106
n-heptano	0	Metanol	107
n-hexano	25	Etanol	108
n-pentano	62	Alcohol ter-butílico	113
1-penteno	91	Metil ter butil eter	116
i-octano	100	Tolueno	118

**Plomo tetraetilo:** con las operaciones clásicas de tratamiento de petróleos crudos en refinería, es imposible producir económicamente combustibles con un número de octano elevado. Desde 1922, los laboratorios de la General Motors, en los Estados Unidos, habían descubierto que la adición a la nafta de pequeñas dosis de ciertos compuestos orgánicos y órgano-metálicos (hierro, plomo, estaño, iodo, anilina, selenio) tenía la virtud de inhibir la formación de peróxidos y de retardar la detonación de los combustibles. Después de ensayar el pentacarbonilo de hierro, cuya combustión produce, desgraciadamente, óxidos de hierro abrasivos, se obtuvo, finalmente, el plomo tetraetilo,  $Pb(C_2H_5)_4$ , que se añadía a la nafta en proporciones de hasta, incluso, 8/10.000 en volumen.

El plomo tetraetilo (TEL) es un líquido tóxico, de densidad 1,66, insoluble en el agua, con un punto de ebullición de, aproximadamente, 200° C. No se agregaba en estado puro, sino como una mezcla cuyo monopolio de producción y distribución pertenece a la sociedad Ethyl Fluid. La adición de dicloruro y de dibromuro de etileno permite eliminar el plomo en forma de dicloruro y dibromuro de plomo, volátiles, con los gases de escape; no obstante, siempre se forma un poco de óxido de plomo, no

volátil, que origina algunos inconvenientes, tales como depósitos en la cámara de combustión, que pueden incluso provocar el autoencendido de la mezcla carburada, depósito en el escape, sobre los vástagos de las válvulas, con riesgo de bloqueo, y depósitos en las cabezas de las válvulas que, al desprenderse, pueden alojarse entre la válvula y su asiento provocando la destrucción de aquella por martilleo. El constructor remedia estos efectos utilizando, por ejemplo, válvulas giratorias, mejor refrigeradas, y elaboradas con una variedad de acero de mejor comportamiento en caliente. Actualmente el plomo tetraetilo, por sus efectos de contaminación en el medio ambiente, ha dejado de utilizarse en las naftas para elevar el número de octano. El plomo de la nafta tratada pasaba a la atmósfera junto con otros productos de escape. Debido a los efectos perjudiciales del plomo en el medio ambiente y a las nuevas leyes de descontaminación se hizo necesario instalar convertidores catalíticos a base de platino en los autos, el único problema era que requería naftas sin plomo, porque éste desactiva el catalizador de platino al recubrir su superficie, por lo tanto, los autos con convertidores catalíticos debían utilizar naftas sin plomo, por lo que este fué reemplazado por otros compuestos (normalmente oxigenados) como el metil ter butil eter (M.T.B.E.), alcohol ter-butílico, metanol y etanol. De todas maneras el MTBE es mejorador de octano más popular. Estas naftas oxigenadas arden de forma más completa que las no oxigenadas y pueden reducir las emisiones de monóxido de carbono hasta en un 17%; aunque los combustibles oxigenados proporcionan menos energía por litro que los hidrocarburos normales de la nafta, su atractivo económico proviene de su capacidad para elevar el octanaje de la gasolina y también para reducir los contaminantes en los gases de escape.

**Naftas reformuladas:** todas las naftas son sumamente volátiles, los vapores que se producen pueden encenderse, lo que permite arrancar un automóvil aún en los días más fríos, sin embargo, esta volatilidad implica que algunos hidrocarburos ingresan a la atmósfera como resultado de derrames accidentales y de la evaporación durante las operaciones de llenado de tanques en las estaciones de servicio. Los hidrocarburos en la atmósfera desempeñan un papel importante en una serie de reacciones que contribuyen a la contaminación del aire urbano. Las naftas reformuladas están oxigenadas y contienen un porcentaje más bajo de hidrocarburos aromáticos con menor volatilidad que la nafta ordinaria.

**Densidad:** a pesar de que la densidad no puede caracterizar, por sí sola, la calidad de una nafta, condiciona, en cierta medida, la potencia y el consumo. Efectivamente, en el carburador de cubeta sumergida, el nivel de la nafta es función de la densidad y condiciona el caudal. Si se utiliza una nafta de baja densidad, el flotador emerge poco; el nivel de nafta por encima del pulverizador es demasiado elevado, lo que ocasiona un aumento del consumo y, por otra parte, una mala evaporación que puede disminuir la potencia y ensuciar el motor. Con una nafta de elevada densidad, el consumo específico disminuye, pero la pobreza de la mezcla carburada se traduce en una falta de potencia. Los flotadores de los carburadores se taran, generalmente, para densidades comprendidas entre 0,710 y 0,750, lo que corresponde a las especificaciones máximas impuestas: 0,750 para la nafta común y 0,760 para la nafta súper. Otro aspecto de la influencia de la densidad sobre el consumo y el precio de costo por kilómetro reside en el hecho de que la nafta se vende por volumen, mientras que el poder calorífico de los hidrocarburos en Kcal/Kg. es prácticamente constante. Sería más lógico vender la nafta al peso. En igualdad de los demás factores, la utilización de una nafta de 0,750, en lugar de 0,710, se traduce en una economía de, aproximadamente, 5 % de combustible.

Los automóviles a inyección no presentan problemas con la densidad.

**Destilación:** la curva de destilación A.S.T.M. que es, como se ha visto, el reflejo de la composición de la nafta, proporciona indicaciones sobre las facilidades de arranque en frío, la aceleración; la dilución del aceite del cárter y el desgaste de las camisas. Se considera que el punto 10 % antes de 70° C es indicio de la existencia de un contenido mínimo en fracciones ligeras que, en período frío, da una vaporización suficiente para garantizar el arranque del motor. El punto 50 % antes de los 140° C asegura una volatilidad correcta de la fracción central de la nafta para que, con ocasión de las aceleraciones, haya una buena vaporización del combustible, permitiendo obtener la máxima potencia. En fin, el punto 95 % antes de los 195° C, el punto final inferior a 205° C y el residuo no superior a 3 % representan la concentración en hidrocarburos pesados de la cola de la nafta. Si estos elementos pesados son interesantes desde el punto de vista del poder calorífico, no lo son por su baja volatilidad, que puede ocasionar un cierto número de inconvenientes: malas vaporización y combustión que forman depósitos, lavado de las camisas y dilución del aceite del cárter si hay demasiadas gotitas líquidas en la mezcla carburada.

Estos inconvenientes se observan, sobre todo, inmediatamente después del arranque, cuando el motor está aún frío y se estima que la mitad del desgaste del motor proviene, principalmente, de dichos arranques en frío. Las especificaciones de destilación fijan, pues, los límites superiores de temperatura para puntos característicos del porcentaje destilado, pudiendo considerarse que una nafta debe contener desde hidrocarburos de C<sub>6</sub> hasta C<sub>10</sub>

**Presión de vapor Reid:** Mientras que el punto 10 % A.S.T.M. fija un contenido mínimo de hidrocarburos ligeros, las especificaciones de presión de vapor Reid imponen un máximo de 78,5 kPascal absolutos en invierno, y 63,8 KPascal absolutos en verano. Los elementos volátiles favorecen el arranque en frío durante el invierno, pero podrían provocar la formación de escarcha en el carburador, como consecuencia de la humedad atmosférica, mientras el motor alcanza su temperatura de régimen.

Se remedia este inconveniente, limitando la presión de vapor Reid y añadiendo aditivos antiescarcha a la nafta. Del mismo modo, en verano, una excesiva proporción de hidrocarburos ligeros puede ocasionar la parada del motor por formación de una bolsa de vapor o bloqueo en la bomba de nafta. En tiempo cálido, y particularmente en zona de montaña, la elevación de temperatura y la disminución de presión favorecen la vaporización de la nafta en el conducto de aspiración situado entre la bomba y el tanque. Se ha observado que el desprendimiento de gases puede comenzar, incluso, en el depósito, y llegar a ser muy importante junto a la bomba, que puede descebarse. El motor se «cala» y basta, en general, esperar a que el enfriamiento sea suficiente para volver a ponerlo en marcha. Puede considerarse que no conviene sobrepasar los máximos siguientes: 88,3 kPascal absolutos para una temperatura ambiente de 15° C, y 34,3 kPascal absolutos para 50° C. Estas cifras justifican los dos valores de la especificación para el invierno y para el verano. Añadamos, por último, que la presión de vapor condiciona directamente las pérdidas durante el almacenaje y el transporte.

**Gomas:** conviene distinguir entre las gomas actuales, cuyo valor viene medido por el ensayo D 341, y las gomas potenciales, caracterizadas por el ensayo D 525. Si se evapora una muestra de nafta a 160°, bajo una corriente de aire precalentado, esta deja un residuo con aspecto de barniz. El peso de este residuo, referido al volumen de la muestra inicial, representa el contenido en gomas actuales del combustible,

que debe ser inferior a 10 mg. por 100 cm<sup>3</sup>. Las gomas son moléculas condensadas por oxidación y polimerización de olefinas inestables. Cuando su concentración sobrepasa la especificación, pueden provocar la formación de depósitos muy molestos en la zona caliente del múltiple de admisión y en los vástagos de las válvulas de admisión, que pueden quedar bloqueadas. El depósito mismo acaba por tapizarse de una película más o menos importante de gomas que, si se desprende a trozos, puede obstruir el conducto de aspiración o el filtro. Estas reacciones de oxidación y de polimerización de las olefinas contenidas en la nafta se aceleran con el tiempo. Es preciso, pues, que la medida de las gomas actuales se efectúe inmediatamente antes de la utilización. Cuando se tenga previsto almacenar nafta durante varios meses, conviene asegurarse de que, en el curso del prolongado almacenamiento, la formación de gomas no dará contenidos en éstas superiores a las especificaciones, en el momento de la utilización de la nafta. En estos casos, se practica el ensayo de gomas potenciales, que consiste en un envejecimiento artificial de la nafta, haciendo pasar oxígeno por la muestra colocada en una bomba a 100° C, bajo una presión de 7 Kg/cm<sup>2</sup>. La formación de gomas influye, por otra parte, sobre el número de octano; en efecto, la transformación de las olefinas con alto número de octano en polímeros pesados, lleva consigo una disminución del número de octano de la nafta, que, en ciertos casos, puede llegar a reducirse en dos o tres puntos. Esta pérdida en octano deberá ser tenida en cuenta con ocasión de almacenamientos prolongados.

**Azufre:** las especificaciones limitan la concentración de azufre total a 0,17 % en peso para la nafta común, y a 0,15 % para la súper, a pesar de no haberse notado inconvenientes serios por el uso de naftas con 0,25 % de azufre e incluso 0,4 %, siempre que los compuestos sulfurados no fueran corrosivos. Esta es la razón de que el ensayo de corrosión con la lámina de cobre complete esta especificación. Los inconvenientes causados por la presencia de azufre en las naftas son de diversos órdenes. La combustión produce anhídridos sulfuroso y sulfúrico que, en presencia de vapor de agua, forman ácido sulfúrico diluido, particularmente corrosivo. Al funcionar el motor, estos humos nocivos contaminan la atmósfera; durante las paradas, el motor se enfría y, por condensación, los productos de la combustión corroen las camisas. Los automóviles cuyo servicio lleva consigo muchas paradas, como en el caso de los taxis, son los más afectados por la acción corrosiva de los gases de escape. La presencia de compuestos azufrados corrosivos, tales como los mercaptanos, determina la corrosión directa de los depósitos y del múltiple de aspiración. Si el azufre está enteramente bajo la forma de mercaptanos; un 50 %, si se trata de azufre libre, y solamente un 40 % para la forma de tiofeno.

## **GASOIL**

Bajo esta denominación, se designa un combustible que puede ser utilizado en un motor diesel rápido, como los de automóviles, camiones y ómnibus. Por orden de importancia, el gasoil requiere las siguientes cualidades: limpieza (carbono Conradson, sedimentos, agua, azufre), combustión (número de cetano), fluidez (viscosidad y punto de congelación) y volatilidad (destilación, inflamabilidad).

**Densidad:** comprendida entre 0,810 y 0,890 gr/cm<sup>3</sup>, la densidad no es un elemento determinante; únicamente condiciona el poder calorífico por litro. De hecho, los gasoils comerciales se sitúan entre 0,825 y 0,850 gr/cm<sup>3</sup>.

**Destilación:** las especificaciones no hacen referencia más que a las fracciones pesadas del gasoil: menos de 65 % de destilados a 250° C, y más de 90 % a 360° C. Destilado a continuación del querosén, el gasoil tiene un punto inicial que se sitúa en los alrededores de los 220° C, conteniendo así una gama de hidrocarburos comprendidos entre C<sub>14</sub> y C<sub>20</sub>. El punto 50 % de la curva de destilación A.S.T.M. representa las propiedades medias: volatilidad, viscosidad, punto de congelación. El punto 90 %, inferior a 360° C, limita la presencia de productos pesados, y puede ajustarse fácilmente en la unidad de destilación. El incumplimiento de esta norma corresponde a una mala selectividad de la separación gasoil - crudo reducido y origina, generalmente, un color incorrecto.

**Viscosidad:** inferior a 9 cst a 20° C, la viscosidad condiciona la fluidez y la buena pulverización de las que dependerá la calidad de la combustión. Se estima que la viscosidad debe ser inferior a 12 cst y que, en ningún caso, debe exceder de 40 cst en la parte anterior de los orificios del inyector, para que la atomización sea correcta.

**Número de cetano:** en un motor diesel, el ciclo es totalmente diferente al del motor de nafta. Durante el primer tiempo se aspira aire puro y no mezcla aire - combustible; posteriormente, el pistón comprime el aire en el curso del segundo tiempo, aumentando su temperatura y presión continuamente hasta llegar al punto muerto superior, momento en que se inyecta el combustible. Una vez alcanzadas las condiciones de autoinflamabilidad, el gasoil arde regularmente y la expansión se efectúa a lo largo del tercer tiempo. El último tiempo corresponde al escape de los gases de la combustión. Para que la combustión del gasoil sea buena, es preciso que el combustible finamente pulverizado utilice todo el aire puesto a su disposición en la cámara. La calidad de la combustión está, en definitiva, regulada por los factores siguientes:

- ▶ Transferencia de calor para llevar el combustible inyectado en frío a su temperatura de auto inflamabilidad. El calentamiento será tanto más rápido cuanto más finas sean las gotitas que ofrecerán de este modo una superficie de cambio máxima.
- ▶ Temperatura de auto inflamabilidad que depende de la naturaleza del combustible. Es tanto más baja cuanto más elevado es el peso molecular y cuanto menor es la relación carbono/hidrógeno de la molécula.
- ▶ Construcción del motor: inyección directa, precámara de combustión y cámara de aire.

Así se ha llegado a definir la noción de **intervalo de encendido** para medir el tiempo transcurrido entre el momento en que se abre la válvula del inyector haciendo ingresar el combustible en la cámara y aquél en que comienza la combustión. El intervalo de encendido caracteriza las cualidades del combustible, por ser función de los tres parámetros citados más arriba. Si es demasiado largo, las gotitas atraviesan la cámara sin inflamarse, chocan con las paredes calientes y la película formada se quema, finalmente, muy mal, por haber perdido la ventaja de la pulverización. El motor humea y da un mal rendimiento. Asimismo, si el intervalo de encendido es demasiado corto, la combustión es mala. El gas oil se inflama junto al inyector que se calienta y se cubre de coque. Puede entonces desviarse el chorro y el final de la inyección no encontrar el oxígeno necesario. En este caso, el golpeteo del motor está muy atenuado, pero el escape es negro y maloliente. Se concibe fácilmente que el intervalo de encendido sea especialmente crítico durante el arranque en frío.

De modo similar al número de octano, un método normalizado que utiliza un

motor standard y dos combustibles patrón permite clasificar los gasoils en función de su calidad de combustión. El motor gira a 900 rev/min. y permite medir el intervalo de encendido en grados de giro del cigüeñal. Un volante lateral solidario al árbol lleva dos lámparas de neón; el encendido de una de ellas está regido por la apertura de la válvula de inyección, y el de la otra por el fuerte aumento de presión correspondiente a la inflamación. Separando estas lámparas un ángulo igual al intervalo de encendido, se tiene la impresión óptica de la simultaneidad de funcionamiento de las mismas en un mismo punto del volante. En realidad, éste no viene expresado en grados, sino que se compara con una mezcla de dos combustibles patrón que presenten igual intervalo. Convencionalmente, se ha elegido: el n-cetano, hidrocarburo que posee 16 carbonos en cadena recta y da una excelente combustión en el motor diesel, al que se asigna el valor 100 de número de cetano y el alfa-metil-naftaleno, hidrocarburo aromático, con un intervalo de encendido muy bajo y al que se confiere un número de cetano igual a cero.

Las especificaciones imponen un número de cetano superior a 50. Para los motores de poca cilindrada, los valores elevados del número de cetano favorecen los arranques en frío, por disminución de la temperatura de autoinflamabilidad del gasoil, y hacen más suave y menos ruidoso el funcionamiento del motor diesel, lo que puede obtenerse igualmente con una precámara de combustión. De todas maneras el número de cetano no debe ser muy elevado, pues la reducción del intervalo de encendido puede provocar depósitos de coque en la boquilla del inyector. Por último, la adición de nitrato de etilo, permite mejorar ligeramente el número de cetano. Se ha buscado, por otra parte, una relación sencilla entre el número de cetano y la naturaleza química del gasoil; para ello, basta caracterizar el combustible por dos propiedades fácilmente medibles: su densidad, expresada en °API, y su punto de anilina (temperatura de disolución de una mezcla equivolumétrica de gasoil y de anilina pura). Así se define el índice de diesel por la relación siguiente:

$$\text{Índice de diesel} = \frac{\text{punto de anilina (°F)} \times \text{densidad (°API)}}{100}$$

El índice diesel, definido de esta manera, coincide apreciablemente con el número de cetano. En las proximidades de 45, los dos valores coinciden sensiblemente.

**Definición del número de cetano:** un gas oil posee un número de cetano igual a  $x$  si, en el motor standard, presenta un intervalo de encendido equivalente al de una mezcla de  $x$  partes en volumen de cetano y  $(100 - x)$  partes de alfa-metil-naftaleno.

La precisión del método viene dada en  $\pm 2$  unidades de número de cetano.

**Punto de congelación:** derivado directamente del valor del punto final de destilación y del contenido en parafinas cristalizables, el punto de congelación superior del gasoil se fija en  $- 10^{\circ}$  C en invierno, y  $- 7^{\circ}$  C en verano. Su valor determina las condiciones de calentamiento a tener en cuenta en tiempo frío, y puede rebajarse con aditivos apropiados.

**Cenizas:** son las sales y óxidos minerales, que continúan en estado sólido después de la combustión completa del gasoil; los elementos más abundantes en las cenizas son, principalmente, silicio, hierro, calcio, sodio y vanadio. Este último representa, en ciertos casos, el 50 % de las cenizas totales. Las especificaciones prevén la

presencia de trazas de cenizas no determinables en el gasoil, con el fin de evitar depósitos sólidos sobre las partes frías tales como las válvulas, y la formación de una mezcla abrasiva con el aceite de engrase. Por otra parte, el contenido de sedimentos debe ser nulo.

**Agua:** por sí misma, el agua no molestaría, pero contiene, generalmente, materias orgánicas disueltas o en suspensión, que pueden dejar cenizas, en particular cloruros de sodio y magnesio. La cantidad de agua se fija, pues, como trazas no determinables. En cualquier caso, la purificación de los combustibles pesados puede realizarse por agitación con agua, que disuelve las materias orgánicas solubles; el agua, junto con las materias en suspensión, se elimina, más tarde, por centrifugación.

**Azufre:** normalmente, el máximo autorizado se fija en 0,5 % en peso. Cualquiera que sea su naturaleza, los compuestos sulfurados provocan la corrosión en frío de las camisas por el ácido sulfúrico diluido depositado, y condicionan la formación y dureza de los depósitos, formando verdaderas lacas que desgastan los segmentos.

Ciertos controles automáticos, efectuados desde hace varios años, muestran una correlación estrecha entre el contenido en azufre y el desgaste de las camisas de los motores diesel. Se ha intentado combatir esta corrosión añadiendo materiales untuosos a los aceites, con el fin de obtener sobre las camisas una película continua y protectora. Por otra parte, las técnicas de desulfuración catalítica permiten, reducir, considerablemente la concentración de azufre, con un costo suplementario aceptable. Con un criterio razonable, se piensa poder llevar, de este modo, el valor de la especificación a 0,2 % en peso de azufre total.

En resumen, el gasoil ideal estaría constituido por una fracción de primera destilación de naturaleza parafínica, conteniendo el mínimo posible de fracciones pesadas. Su limpieza podría constituir un criterio de calidad, como también lo sería un bajo contenido en azufre.

## NAFTAS ESPECIALES Y SOLVENTES

En la misma gama de hidrocarburos  $C_4$  a  $C_{10}$ , que constituyen las naftas, la destilería produce igualmente toda una serie de naftas especiales utilizadas esencialmente como disolventes. Su rapidez de evaporación condiciona la aplicación, de modo que se clasifica en función de sus intervalos de destilación A.S.T.M. Por otra parte, la característica común a todas estas naftas especiales es su bajísima concentración de azufre. Todos estos productos se obtienen directamente por destilación de la fracción nafta, y no sufren sino un tratamiento de desulfuración muy intenso; generalmente, lavado ácido y neutralización.

El solvente que se denomina de éter de petróleo tiene un rango de destilación muy bajo (entre  $30^{\circ}$  y  $75^{\circ}$  C). Lo que se denomina como "aguarrás mineral" es, igualmente, un disolvente pesado cuyo intervalo de destilación se ha fijado entre  $135$  y  $205^{\circ}$  C. Su contenido en azufre debe ser inferior a 0,05 %; el ensayo Doctor, negativo, y la lámina de cobre debe dar una corrosión inferior a 1. Estas severas especificaciones son necesarias para su utilización como disolvente de pinturas, puesto que en la composición de las mismas intervienen sales u óxidos de plomo (albayalde o litargirio) que, en presencia de un disolvente sulfurado, darían sulfuro de plomo, negro. A pesar de que todos estos disolventes tienen un contenido de aromáticos generalmente muy bajo, que les excluye de las lacas y pinturas celulósicas y de las resinas, sus méritos particulares los imponen para un cierto



número de fabricaciones especiales. Sin embargo, la industria del refino entrega igualmente al mercado una gama variada de disolventes aromáticos que obtiene por el proceso de reforma catalítico.

## QUEROSÉN

Es querosén es un destilado medio proveniente de la destilación atmosférica del petróleo crudo. Es una fracción de hidrocarburos cuyo intervalo de destilación está situado inmediatamente después de las naftas; el punto 50 % debe destilar antes de los 255° C, y el punto 80 % antes de los 285° C, de modo que la composición aproximada del querosén supone la presencia de hidrocarburos comprendidos entre C<sub>10</sub> y C<sub>14</sub>. Como producto en el alumbrado el querosén no se utiliza más; siendo su principal empleo en calefacción.

**Precauciones para el manejo:** se clasifica como un líquido inflamable clase II de acuerdo con la Norma 321 de la NFPA ( National Fire Protection Association). Los vapores de este producto, al mezclarse con el aire en proporciones de 0.7 a 5.0% en volumen producen mezclas inflamables y explosivas. Debe evitarse la inhalación de vapores debido a que estos son tóxicos y en concentraciones altas pueden causar mareos, pérdida del conocimiento y, en casos extremos, hasta la muerte.

## COMBUSTIBLES PARA REACTORES

La aparición y el desarrollo de la aviación a reacción han abierto una nueva aplicación a esta fracción C<sub>10</sub> – C<sub>14</sub>, aún llamado querosén. Las dos calidades corrientes de jet fuels son denominadas como **JP 1** y **JP 4**

**Destilación:** el JP-1 es, aproximadamente, una fracción de querosén con intervalo de destilación entre 165° C y 240° C, utilizado por la aviación comercial, mientras que el JP-4, constituido por una fracción más amplia y con mayor cantidad de ligeros, tiene un punto inicial de 55° C y un punto final de 240° C, quedando reservado para la aviación militar. Teóricamente, un reactor puede quemar cualquier combustible, con tal de que esté provisto de un dispositivo de pulverización eficaz que permita una buena combustión sin formación de residuos. No obstante, su empleo en vuelos de gran altitud impone especificaciones severas, para asegurar una máxima garantía.

**Densidad:** condiciona directamente el radio de acción del avión. Interesa utilizar combustibles de densidad elevada para tener el máximo de energía en un volumen dado, el de los tanques de combustible, y reducir el peso y volumen de los reactores. Pero esta elevada densidad no debe obtenerse con fracciones demasiado pesadas, que disminuirían el rendimiento de la combustión formando depósitos de carbono. Se trata, pues, de otra cuestión de compromiso; la densidad se sitúa en las proximidades de 0,800. gr/cm<sup>3</sup>

**Presión de vapor:** esta especificación no interviene más que en el caso del JP-4; la presión de vapor debe estar comprendida entre 13,7 y 20,6 kPascal absolutos, para evitar que la débil presión reinante a grandes alturas provoque la vaporización que, a su vez, produciría bolsas de vapor y el consiguiente descebado de las

bombas, por no hablar de las pérdidas por evaporación en los depósitos no sometidos a presión. Sin embargo, la presencia de elementos ligeros es indispensable para el encendido del reactor en tierra o su reencendido en vuelo, sobre todo si no posee dispositivo de precalentamiento de la alimentación.

**Contenido en aromáticos:** Se estima que la concentración de aromáticos debe ser inferior a 25 %, para limitar la formación de depósitos de carbono. En realidad, a pesar de que los hidrocarburos con relación C/H elevada arden peor que las cadenas parafínicas, parece que la cantidad de depósitos formados depende más de la atomización del combustible que de su estructura química.

**Punto de congelación:** Se ha fijado en - 40° C para el JP-1, y en - 60° C para el JP 4, garantizando así la posibilidad de bombeo del combustible a grandes alturas cuyas temperaturas se sitúan en los alrededores de - 50° o - 55° C. Hay que recordar que el punto de congelación corresponde a la aparición de un enturbiamiento en el combustible, mientras que el límite de la susceptibilidad de bombeo se sitúa, aproximadamente, 10° C más bajo, lo que da un margen de seguridad aceptable. Por otra parte, actualmente se generalizan los dispositivos de precalentamiento de los combustibles para reactores por encima de 0° C, para evitar la obstrucción de los filtros. El punto de congelación está estrechamente relacionado con el final de destilación.

**Contenido en agua:** los combustibles para reactores deben estar exentos de agua en emulsión. No hay que olvidar que, aún cuando la solubilidad del agua en los hidrocarburos es muy baja, no es despreciable, pero que, a - 20° C, la solubilidad se hace prácticamente nula; de modo que el descenso de temperatura por efecto de la altitud provoca la separación del agua disuelta, que cristaliza instantáneamente con riesgo de obturación de los filtros. El contenido en agua disuelta puede reducirse considerablemente por tratamiento de los combustibles para reactores con materias absorbentes tales como silicagel o carbón activo.

## **FUEL-OILS**

Los combustibles pertenecientes a esta categoría se utilizan en los motores diesel lentos, del tipo de los navales, y también en las instalaciones de calefacción de cualquier potencia, es decir, en aquéllas cuya combustión se realiza por medio de inyectores, o quemadores. Según el porte del aparato consumidor, conviene emplear un fuel-oil más o menos pesado. Como la destilación de estos productos a presión atmosférica necesitaría temperaturas elevadas con riesgo de alteración de las moléculas por cracking, se ha elegido la viscosidad como parámetro básico para su clasificación.

El fuel-oil doméstico es un producto análogo al gasoil para motores, del que no se diferencia más que por un valor más bajo del número de cetano, que debe ser superior a 40. Es un combustible que, sin estar aceptado por el impuesto que grava a los combustibles para vehículos automóviles, se utiliza sustituyendo al gasoil en los motores de barcos pesqueros, tractores y maquinaria para obra civil. Para evitar el fraude fiscal, el fuel-oil doméstico se colorea de rojo y se le añaden agentes trazadores: difenilamina: 5 g/hl. y furfural: 1 g/ hl.

Las otras clases de fuel oils más pesados se preparan mezclando diversos residuos pesados, destilados en proporciones que permitan el cumplimiento de las especificaciones de viscosidad. Estas mezclas de productos de orígenes diversos

plantean en la destilería el problema de la compatibilidad de los fuel oils. En efecto, según sean los crudos y los tratamientos, la mezcla de residuos y destilados puede provocar floculaciones o sedimentaciones. Generalmente, el laboratorio es quien estudia los problemas, bastante complejos, de solubilidad. En el ámbito de una empresa particular, conviene, pues, mostrarse muy prudentes antes de mezclar fuel oils de origen desconocido.

Aparte de la viscosidad, las demás especificaciones tienen una importancia secundaria. El punto de inflamación superior a 70° C garantiza una cierta seguridad durante las preparaciones. El contenido en agua queda limitado a 0,1 % para el fuel oil doméstico, pero se admite hasta el 1,5 % para el fuel-oil pesado. Para el fuel oil doméstico, se admite un contenido en azufre de hasta el 1 %; hasta el 2,5 % para el ligero; hasta el 3,5 % y el 4 % para el pesado, lo que demuestra que la distribución del azufre en el crudo no es constante; el azufre se acumula en las fracciones pesadas y, como no existe tratamiento de eliminación de! mismo en los fuel oils pesados, ha sido preciso adoptar valores crecientes para las especificaciones, de modo que hay que atribuir a estos combustibles una parte importante de la contaminación atmosférica. Actualmente, las destilerías comienzan a desulfurar los fuel-oils domésticos, y se espera poder tratar los fuels pesados, en un próximo futuro, por desulfuración catalítica a precios razonables. El residuo de carbono Conradson sólo está especificado para el fuel oil doméstico; su medida se efectúa sobre el 10 % de residuo obtenido por destilación. Un carbono Conradson inferior a 0,35 % sobre dicho residuo es una garantía contra la formación de depósitos de coque, particularmente sobre la boquilla del inyector o a la salida del quemador.

En general, se prefieren, los fuel-oils que contienen residuos o destilados de cracking, que reducen la viscosidad y el punto de congelación, y evitan el recalentamiento como consecuencia de la importante variación de su viscosidad en función de la temperatura.

## **ASFALTOS**

Los asfaltos de petróleo son las fracciones más pesadas que se obtienen del petróleo crudo, tanto por destilación a elevado vacío como por desasfaltado con propano de un residuo de vacío. Desde el punto de vista de su utilización para pavimentación de carreteras, los asfaltos se clasifican en función de su penetración; así, un asfalto de 80 -100 corresponde a una penetración de la aguja de 8 a 10 mm bajo una carga de 100 g. durante 5 segundos., a 25° C.

## **PARAFINAS**

La fabricación de aceites de bajo punto de congelación exige la eliminación de los elementos pesados parafínicos o parafinas cristalizables. Según que el desparafinado se aplique a destilados ligeros o pesados, se obtiene parafina o petrolato. La parafina, blanqueada por tratamiento con ácido sulfúrico tiene un punto de fusión comprendido entre 40° C y 65° C, y se utiliza para la protección de artículos alimenticios, fabricación de papeles y embalajes parafinados, fundición llamada «a cera perdida» y aislamiento eléctrico. El petrolato se utiliza para la fabricación de la vaselina, productos de cosmética, etc.

## **COQUE:**

En ciertas destilerías, los residuos pesados son sometidos a un cracking intenso

para obtener una calidad importante de coque industrial, con un 4 a 5 % de materias volátiles, y dando solamente de 1 a 3 % de cenizas. Es un combustible de primera clase para la metalurgia y la industria cerámica; sin embargo no tiene la resistencia suficiente para ser utilizado en los altos hornos. También se utiliza para la fabricación de electrodos, carbones para motores, abrasivos, grafitos y pigmentos para pintura.

**Normas que deberán cumplir los combustibles que se comercialicen para consumo en el Territorio Nacional,**

Estas normas fueron establecidas por la Secretaría de Energía y Minería en su Resolución 222/2001. Estas especificaciones que deben cumplirse a partir del 1º de enero de 2002

**NAFTA SUPER, EXTRA O ESPECIAL:**

Análisis	Valor máximo o mínimo	Norma ASTM	
Detección de corrosión en cobre 3 horas a 50°	Max. 1	D 130	
Gomas existentes mg/100 ml	Max. 4	D 381	
Contenido de azufre en ppm	Max. 350	D 2622	
Número de Octano Research	Min. 93	D 2691	
<b>Destilación (nafta Tipo B)</b>			
Punto de ebullición final	Max. 225° C	D 86	
Residuo % volumen	Max. 2 %		
Recuperación % volumen	Min. 97 %		
10 % recuperado a ° C	Max 65° C		
50 % recuperado a ° C	Min. 77° C		
90 % recuperado a ° C	Max 190° C		
<b>Presión de Vapor Reid en kPa</b>			
<b>Tipo A</b>			
mínimo	35	D 323	
máximo	70		
<b>Tipo B</b>			
mínimo	45		
máximo	80		
<b>Tipo C</b>			
mínimo	55		
máximo	90		
Color: azul (corresponde en intensidad y tonalidad a la de una solución de 3,5 mg/lit de azul de metileno)			

Contenido máximo de benceno medido como porcentaje en volumen según norma IRAM-IAP A 6560 o ASTM D 3606: dos con cinco decimos por ciento (2,5%).

Las naftas **Tipo A, B ó C** serán de aplicación en las siguientes zonas y épocas del año:

Zona	Tipo A	Tipo B	Tipo C
Norte	Del 1º de noviembre al 31 de marzo	Del 1º de Abril al 31 de octubre	
Centro	Del 1º de diciembre al 29 de febrero	Del 1º de marzo al 30 de abril y del 1º de octubre al 30 de noviembre	Del 1º de mayo al 30 de septiembre

Sur		Del 1º de noviembre al 31 de marzo	Del 1º de abril al 30 de octubre
-----	--	------------------------------------	----------------------------------

**Zona Norte:** Incluye todas las Provincias al norte del límite norte de las Provincias del Neuquén y Río Negro, excepto siguientes partidos de la Provincia de Buenos Aires: Bahía Blanca, Coronel Rosales, Coronel Dorrego, Monte Hermoso, Patagones y Villarino y los siguientes departamentos de la Provincia de La Pampa: Caleu Caleu, Curacó, Guatraché, Hucal, Liuel Calel, Limay Mahuida, Puelén y Utracán.

**Zona Centro:** Incluye las Provincias del Neuquén y Río Negro, los citados partidos de la Provincia de BUENOS AIRES, los citados departamentos de la Provincia de LA PAMPA y los siguientes departamentos de la Provincia del Chubut: Cushamen, Gastre y Telsen.

**Zona Sur:** Los territorios situados al sur del límite sur de la Provincia de Río Negro excluyendo los citados departamentos de la Provincia del CHUBUT.

**Especificaciones que deben cumplir ambas naftas a partir del 1º de enero de 2004**

Contenido máximo de benceno medido como porcentaje en volumen según norma ASTM D 3606: uno por ciento (1%).

Contenido máximo de hidrocarburos aromáticos medido como porcentaje en volumen según norma ASTM D 5443: cuarenta y dos por ciento (42%).

Contenido máximo de azufre según norma ASTM D 2622 en partes por millón en peso: trescientos cincuenta (350).

**Especificaciones que deben cumplir ambas naftas a partir del 1º de enero de 2006**

Contenido máximo de hidrocarburos aromáticos medido como porcentaje en volumen según norma ASTM D 5443: treinta y cinco por ciento (35%).

Contenido máximo de azufre según norma ASTM D 2622 en partes por millón en peso: cincuenta (50).

**AERO NAFTA 100/130 OCTANOS:**

Análisis	Valor máximo o mínimo	Norma ASTM
Calor neto de combustión Kcal/kg	Min. 10397	D 240
Presión de vapor lb/pulg <sup>2</sup>	Max. 7,0 – Min. 5,5	D 323
Gomas existentes mg/100 ml	Max. 3	D 381
Gomas potenciales mg/100 ml	Max. 6	
Número de octano método sobrealimentado	Min. 130	D 909
Azufre % P/P	Max. 0,050	D 1266
Punto de congelación ° C	Max. -60	D 2386
Destilación		D 86
Punto de ebullición final	Max. 170° C	
Residuo % volumen	Max. 1,5 %	
Recuperación % volumen		
10 % recuperado a ° C	Max 75° C	
40 % recuperado a ° C	Min. 75° C	
50 % recuperado a ° C	Max 105° C	
90 % recuperado a ° C	Max 135° C	
Color: verde		

**AERO QUEROSÉN JP 1**

Análisis	Valor máximo o mínimo	Norma ASTM
Gomas existentes mg/100ml	Max. 7	D 381
Viscosidad cinemática a -20° C	Max 8	D 445
Azufre de mercaptanos % en peso	Max. 0,0025	D 325
Azufre total % en peso	Max. 0,30	D 120
Densidad a 15° C kg/m <sup>3</sup>	Min. 775 – Max 830	D 129

Calor neto de combustión Kcal/kg	Min. 10220	D 240
Punto de congelación ° C	Max. - 50	D 2386
Destilación		D 86
Punto de ebullición inicial	informar	
Punto de ebullición final	Max. 300° C	
Residuo % volumen	Max. 1,5 %	
Recuperación % volumen		
10 % recuperado a ° C	Max 204° C	
20 % recuperado a ° C	Max. 200° C	
50 % recuperado a ° C	Min. 75° C	
50 % recuperado a ° C	informar	
90 % recuperado a ° C	informar	
Color: verde		

## GASOIL

Análisis	Valor máximo o mínimo	Norma ASTM
Viscosidad en S. S. U. a 37,8° C	Min. 32 – Max. 45	D 88
Punto de inflamación Pensky – Martens °C	Min. 55	D 93
Carbón residual Conradson	Max. 0,15	D 189
Índice de cetano	Min. 45	D 976
Destilación		D 86
Punto de ebullición inicial °C	Max. 210° C	
90 % recuperado a ° C	Max 360° C	

El gasoil que se venda para el consumo en las localidades que se detallan a continuación deberán tener un contenido máximo de azufre según norma ASTM D 2622 en partes por millón en peso mil quinientos (1500).

Ciudad Autónoma De Buenos Aires.

Municipios de la Provincia de Buenos Aires: Almirante Brown; Avellaneda; Berazategui; Esteban Echeverría, Ezeiza; Florencio Varela; Hurlingham; Ituzaingó; José Clemente Paz; La Matanza; Lanús; Lomas de Zamora; Malvinas Argentinas; Merlo; Moreno; Morón; Presidente Perón; Quilmes; San Fernando; San Isidro; San Miguel; Tigre; Tres de Febrero y Vicente López.

Ciudad de Córdoba.

Departamentos de la Provincia de Mendoza: Godoy Cruz; Guaymallén; Las Heras; Luján de Cuyo y Mendoza.

### Especificaciones que deben cumplir a partir del 1° de enero de 2004

Contenido máximo de azufre según norma ASTM D 2622 en partes por millón en peso: mil quinientos (1500).

### Especificaciones que deben cumplir a partir del 1° de enero de 2006

Contenido máximo de azufre según norma ASTM D 2622 en partes por millón en peso: cincuenta (50).

## FUELOIL

Análisis	Valor máximo o mínimo	Norma ASTM
Viscosidad en Segundos Saybolt Furol a 50° C	Max. 300	D 88
Punto de inflamación Pensky – Martens °C	Min. 60	D 93
Carbón residual Conradson	Max. 0,15	D 189
Punto de escurrimiento °C	Max. 8	D 97
Azufre % en peso	Max. 1	D 129
Calor neto de combustión Kcal/kg	Min. 10300	D 240
Cenizas % en peso	Max. 0,15	D 482

### Especificaciones que deben cumplir a partir del 1° de enero de 2004

Contenido máximo de azufre según norma A.S.T.M. D 129 medido como porcentaje en peso: uno (1%).

**Especificaciones que deben cumplir a partir del 1º de enero de 2006**

**Fuel Oil**

Contenido máximo de azufre según norma A.S.T.M. D 129 medido como porcentaje en peso: siete decimos por ciento (0,7%).