

## NUESTRA INDUSTRIA DEL PETROLEO

# REFINACION DE ACEITES LUBRICANTES y PROYECTO de UNA PLANTA de EXTRACION PARA COLOMBIA

Por ROBERTO ZAPATA OSORIO  
y GUILLERMO LONDOÑO GOMEZ

*(Extracto del capítulo V de la primera parte y VI o primero de la segunda parte de la tesis presentada por sus autores para optar el título de Ingenieros Químicos de la Universidad Pontificia Bolivariana).*

### INFORME DEL JURADO

La Ciudad, septiembre 9 de 1955

Señor Decano y Señor Secretario  
de la Facultad de Ingeniería Química  
de la Universidad Pontificia Bolivariana  
E. S. M.

Muy distinguidos señor Decano y señor Secretario:

Comisionados por la Facultad para examinar el trabajo de tesis presentado por los señores Guillermo Londoño C. y Roberto Zapata O. para optar el título de "Ingeniero Químico" gustosos pasamos en seguida a rendir a ustedes nuestro informe correspondiente sobre el trabajo conjunto que nos ha sido presentado.

La tesis presentada por los citados señores versa sobre "Aceites Lubricantes", y su trabajo se divide en las siguientes partes fundamentales.

Inicialmente se trata de la industria de los aceites lubricantes, empezando por una reseña histórica sobre la industria del petróleo en general, y en particular sobre el desarrollo que este importante renglón de la economía productiva ha tenido en Colombia.

Se estudian enseguida las diversas propiedades físicas y químicas de los aceites lubricantes, tales como la relación viscosidad-temperatura, para determinar el índice correspondiente, gravedad específica y su índice, actividad óptica, índice de refracción, volatilidad, detergencia, así como su composición, características todas ellas fundamentales en el análisis de cualquier lubricante y en su aplicación práctica en el campo industrial.

El capítulo siguiente está dedicado a la teoría de la lubricación y funciones de los lubricantes, analizándose las aplicaciones básicas de los aceites en una serie de casos usuales que ilustran el problema. La parte siguiente hace referencia a los procesos usuales en la refinación de aceites, estudiando detenidamente el problema de la destilación y la extracción por medio de solventes, indicando en cada caso las diferentes etapas de los procesos, abundando en datos teóricos y prácticos experimentales, con esquemas de los equipos industriales tales como torres de tratamiento y otros indicados para cada uno de los diferentes procesos.

Terminando el punto anterior entra el trabajo a exponer la teoría de la extracción aplicada a la refinación de lubricantes, presentando el método de la representación gráfica por medio de coordenadas triangulares para sistemas de tres componentes líquidos, así como los métodos de operación por simple contacto, por extracción diferencial, mediante el proceso de múltiple contacto en contracorriente, y de ésta con reflujo.

La segunda parte del trabajo de Tesis se refiere al diseño de la Planta de Extracción, enfocando el problema a la prospección de las instalaciones necesarias e indicadas para nuestro país.

Se inicia este estudio con un buen acopio de datos estadísticos, los cuales entre nosotros son bien deficientes relacionados con las curvas de producción y demanda, para concluir que las perspectivas de abastecimiento, de acuerdo con el ritmo actual de la oferta y la demanda, son bastante precarias.

Se proponen entonces soluciones prácticas al problema y se esbozan los actuales proyectos de ensanches en las instalaciones de las Compañías que actualmente explotan nuestras reservas petrolíferas.

El siguiente capítulo se dedica a la presentación de los diferentes ensayos llevados a cabo en el laboratorio, con sus resultados y correlaciones. Estos experimentos corresponden a la refinación de aceites lubricantes, mediante los cuales se logró establecer la curva de equilibrio que sirve de fundamento a los cálculos de la torre de tratamiento con fenol, comprendiendo el contacto del destilado y el solvente, y formación de las fases; separación de las mismas, desfenolización de cada fase y ensayos sobre propiedades de los aceites producidos.

Se da cuenta entonces de los ensayos que en número de catorce, se hicieron para remover los componentes que implican bajas condiciones de lubricación en el destilado-problema.

Estudiando lo anterior se indica en seguida la escogencia de los procesos para la planta de lubricantes, y finalmente el diseño de la torre de extracción, lo cual puede considerarse como la meta del trabajo que nos ha tocado estudiar.

Hemos estudiado detenidamente el trabajo de tesis presentado por los señores Londoño y Zapata, y nos ha llamado poderosamente la atención la seriedad con que los graduandos han abocado tan difícil como importante tema.

La confección de esta tesis, ello nos consta, no ha sido el resultado de unas cuantas consultas bibliográficas como sucede en la mayoría de los casos, sino el fruto de largos años de tenaz labor investigativa realizada con permanente dedicación y permanente esfuerzo.

El tema de la tesis está tratado con gran ambición hasta tratar de agotarlo, y a su mérito investigativo se une su interesante orientación hacia nuestro propio problema colombiano.

Sería de desear que todos los trabajos de tesis fueran del mérito del que nos ha tocado examinar, pues ello revela no sólo el valer personal de sus autores sino la trascendental disciplina de formación de nuestra Facultad de Ingeniería Química.

Por lo anterior, nos permitimos concluir que el trabajo de tesis presentado por los señores Guillermo Londoño G. y Roberto Zapata O. cumple sobradamente los requisitos exigidos para optar su título profesional, y hace honor a sus autores como a nuestra Universidad.

Del señor Decano y del señor Secretario,

Pedro Bernal J. - Presidente de Tesis  
Hernán Londoño - Vocal  
Delio Atehortua - Vocal

**Informe adicional sobre la Tesis  
de los señores Guillermo Londoño Gómez y Roberto Zapata Osorio**

El Jurado de Tesis de los señores Guillermo Londoño Gómez y Roberto Zapata Osorio, posteriormente al examen de grado y luego de haber cambiado opiniones y conceptos sobre el valor de dicha tesis, ha decidido solicitar del Consejo Directivo de la Universidad le sea concedida una distinción especial, la cual incluya como punto importante la publicación de este trabajo por cuenta de la Universidad, con el fin de utilizarlo posteriormente como obra de consulta en cursos especiales de tecnología que sobre temas relacionados con la materia se decida incluir dentro del pensum de estudios.

Ejemplares de esta publicación deberán hacerse llegar a los altos organismos del Gobierno Nacional tales como el Ministerio de Minas y Petróleos, Ministerio de Fomento, etc., así como a las distintas organizaciones que explotan actualmente las reservas petrolíferas colombianas, y a Universidades nacionales y extranjeras.

## TEORIA DE EXTRACCION APLICADA A LA REFINACION DE LUBRICANTES

El proceso de extracción o tratamiento con solventes tiene amplia aplicación en la refinación de los derivados del petróleo, muy especialmente en la de aceites lubricantes. Su propósito es el de remover todos los grupos de hidrocarburos u otros materiales perjudiciales para la aplicación de los aceites como lubricantes; entre ellos, asfaltos, ceras, hidrocarburos aromáticos, nafténicos, materiales resinosos, mercaptanos, sustancias en suspensión de color oscuro, etc. con lo que se alcanza la estabilidad requerida como consecuencia del mejoramiento de las propiedades físicas.

En el extenso campo de la Ingeniería Química, la separación de dos o más componentes de una solución es uno de los problemas más interesantes y comunes. Para ello se dispone de muy diversos sistemas, que aprovechan, generalmente, las ventajas de la solubilidad o volatilidad de los componentes. Los procedimientos más usados son: evaporación, cristalización y extracción; dependiendo su aplicación de las propiedades físicas y químicas de los componentes.

Con mucha frecuencia es posible efectuar la separación deseada por tratamiento de la solución con otro líquido que remueva selectivamente uno o más de los componentes de la solución así tratada, aprovechando la propiedad de mayor solubilidad de uno de ellos en el solvente empleado. La solución tratada puede ser sólida o líquida, pero en refinación de productos del petróleo, solo se presenta el caso de tratamiento de líquidos con otro líquido.

En el caso de los aceites lubricantes, la solución para el tratamiento se obtiene de la torre de destilación al vacío, y como puede verse en el capítulo segundo, es una mezcla de hidrocarburos de alto peso molecular además de los componentes perjudiciales que se remueven por el proceso en cuestión. El solvente se elige según el tipo de aceite que deba tratarse y las especificaciones requeridas en el mercado; de acuerdo naturalmente con las características y eficiencia de los distintos solventes. Al ponerse en contacto los dos líquidos (solución y solvente), a una temperatura fija, la mayoría de las impurezas se disuelven en el solvente y parte de éste se disuelve en el aceite, estableciéndose el equilibrio entre dos capas líquidas conocidas como **refinado** y **extracto**, las cuales se separan por la diferencia de densidad de las mismas. Esto es lo que sucede siempre con el fenol, clorex, duo-sol, furfuraldehido,  $SO_2$  etc. cuyo papel principal es la remoción de componentes no saturados y aromáticos de los aceites y más específicamente el mejoramiento en calidad.

En cambio con otros solventes, como metil-etil-cetona, alcohol amílico, acetato de butilo normal, se obtiene una fase sólida y otra líquida en equilibrio. La fase sólida es la que precipita inmediatamente se inicia la adición de solvente y la fase líquida es una solución de aceite, cera y solvente.

En ambos casos se obtienen sistemas de tres componentes, aunque en el primero es imposible precisarlos, por lo cual en la re-

presentación gráfica, como sistema ternario se adoptaron como componentes el solvente, extracto y refinado; no así en el proceso de descerado donde se tomaron como componentes puros el solvente, cera y aceite.

Los autores al referirse a estos procesos, generalmente hablan de remoción de ceras (Dewaxin) para el segundo caso y limitan la denominación de extracción por solvente para el primer caso o sea en el que obtienen dos fases líquidas "extracto y refinado". De acuerdo con ellos y puesto que es el proceso imprescindible para toda clase de aceites, además de ser el motivo principal de este estudio, en adelante, al tratar de refinación de lubricantes, la expresión "tratamiento por solvente" aludirá exclusivamente a él.

Antes de explicar lo relativo a la teoría de extracción aplicada a los lubricantes es necesario establecer los principios teóricos generales que le sirven de fundamento.

### Principios teóricos de extracción por solventes

**Ley de distribución.** — Esta ley consiste en que hay una relación constante entre las concentraciones de un soluto que se distribuye entre dos fases líquidas mutuamente insolubles. Se expresa por la siguiente ecuación:

$$\frac{X_1}{X_2} = K \quad (5-1)$$

donde:

$X_1$  = Concentración del soluto en la primera fase líquida.

$X_2$  = Concentración del soluto en la segunda fase líquida.

$K$  = Constante que depende solamente de la temperatura.

Cuando ocurre disociación o asociación del soluto, la expresión sufre algunas modificaciones. Sea por ejemplo el caso de que el soluto sea asociado al segundo solvente, y se presente como dobles moléculas; entonces el número de simples moléculas en el segundo solvente es proporcional a la raíz cuadrada de la concentración; y la constante de distribución se expresa:

$$\frac{X_1}{\sqrt{X_2}} = K$$

La representación de equilibrio de un sistema ternario, isotérmico y con amplio margen de concentración, por una simple expresión matemática, es casi imposible. La mejor representación de tales casos es por medio de gráficos de coordenadas triangulares.

### Método de representación gráfica

Como ya se dijo, solo interesan aquí los sistemas de tres componentes líquidos, los cuales pueden clasificarse así:

- a : Formación de un par de líquidos parcialmente miscibles.
- b : Formación de dos pares de líquidos parcialmente miscibles.
- c : Formación de tres pares de líquidos parcialmente miscibles.

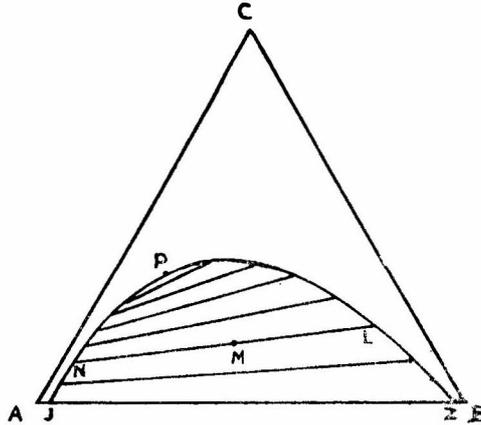


Fig. 5-1

La representación gráfica del primer sistema se ilustra en la Fig. 5-1. Como se vé los pares A-C y B-C son solubles en todas proporciones a la temperatura considerada; A y B son parcialmente solubles y J y Z representan las soluciones saturadas en el sistema binario. Todas las mezclas de los componentes que se representan por puntos en el área fuera de la curva JNPLZ son soluciones homogéneas; mientras que las mezclas comprendidas en el área encerrada por la curva y la línea JZ forman dos fases líquidas insolubles. La curva JNPLZ representa la solución saturada y se llama curva de equilibrio (solubility or binodal curve).

Una mezcla de composición M formará dos soluciones líquidas inmiscibles de composiciones N y L. La línea NL se llama de unión o conjugada (tieline). A medida que se aumenta la concentración en C, la solubilidad de A y B aumenta y aquel componente se distribuye desigualmente en las dos capas conjugadas, siendo mayor su concentración en la fase rica en B. Con el aumento de C las dos capas se van aproximando en composición hasta que en el punto P se confunden o sea que adquieren composición idéntica; este punto se llama crítico (plait point). A mayor concentración se adquirirá siempre solución homogénea.

Cuando el análisis químico de los componentes puede verificarse realmente y los porcentajes de dos de los componentes se determinan exactamente por una serie de experimentos de diferentes composiciones, puede conocerse el diagrama completo; es decir que la curva de desequilibrio y las líneas de unión puedan trazarse exactamente. Este es el caso de tres componentes puros.

Pero muchas veces resulta muy difícil el análisis de los tres componentes o dos de ellos y por lo tanto el método anotado no sirve para la representación gráfica del sistema. Sin embargo es usualmente posible determinar una propiedad física de las mezclas correspondientes a la curva de solubilidad que varíe de manera apreciable con la concentración, así que puede usarse para propósitos analíticos. Se usan con frecuencia, con tal objeto, propiedades físicas como el índice de refracción, gravedad específica, índice de viscosidad y constante de viscosidad-gravedad. Por ejemplo si al obtener un sistema heterogéneo, ante la imposibilidad de conocer la composición de las dos fases líquidas, se determina la gravedad específica de cada una, y tomando sobre un lado del triángulo la escala conveniente para la gravedad específica en lugar de la composición entre dos vértices, pueden localizarse las dos capas sobre la curva de solubilidad conociendo únicamente el porcentaje de un componente; estas fases están representadas por los puntos N y L en la figura 5-1 donde la línea AB es la escala de gravedad específica y el componente conocido es C.

Este es el método que se aplica para la construcción de gráficos de los sistemas obtenidos en la extracción con solventes de los aceites lubricantes; debido a que el único componente que puede conocerse con exactitud es el solvente, puesto que el aceite que se refina tiene gran diversidad de hidrocarburos e impurezas, las cuales no pueden precisarse cuantitativamente en el refinado y extracto. Las propiedades físicas aceptadas generalmente son la gravedad específica y la constante de viscosidad-gravedad.

Hasta aquí se ha hablado únicamente de los sistemas ternarios con un par de líquidos parcialmente miscibles. Ahora bien, puesto que todos los aceites de extracción por solventes enfocan dentro de este sistema es innecesario aquí tratar los casos de los numerales b y c.

### Propiedades matemáticas de coordenadas triangulares

Como es bien sabido, en los triángulos equiláteros que representan los sistemas ternarios, los componentes puros están representados por los vértices. Un punto dentro del triángulo representa una mezcla de los tres componentes A, B y C en cantidades proporcionales a las perpendiculares bajadas desde ese punto a los lados opuestos a los vértices A, B y C respectivamente.

Si dos puntos P y Q representan la composición de las fases ternarias, cuya posición está definida en un triángulo equilátero y se mezclan para obtener una tercera fase, el punto representativo de ésta depende de las proporciones en que se toman las componentes, pero siempre estará en la línea recta PQ.

Suponiendo los sistemas ternarios P y Q como dos componentes puros y haciendo una mezcla de ellos se obtuvo sobre el gráfico de la Fig. 5-2, que el punto P significa el 100% de este componente puro y Q el ciento por ciento de Q puro, o sea que el porcentaje de Q puro que es cero en el punto P, aumenta a medida que se avanza hacia la derecha sobre la recta PQ y a su vez disminuye el porcentaje de P. Si por ejemplo se mezclan 75% de Q y 25% de P, es lógico

que el punto representativo de la solución es R mostrando en la figura 5-2, pues se toman tres partes de Q y una parte de P como se muestra en la línea PQ.

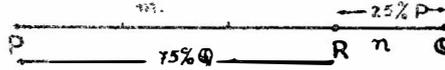


Fig. 5-2

De allí puede escribirse la siguiente proporción:

$$\frac{Q}{P} = \frac{3}{1} \text{ o sea que } \frac{Q}{P} = \frac{m}{n} \quad (5-2)$$

Esta proporción se cumple tanto para sistemas binarios, como para ternarios.

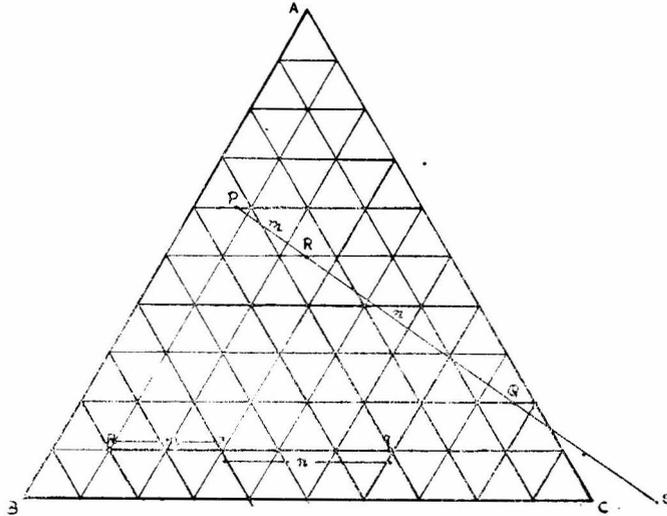


Fig. 5-3

Considerando de nuevo los sistemas ternarios P y Q, los cuales se mezclan en proporciones tales que resulta una fase de composición representada por R en la Fig. (Nº 5-3), para cada mezcla pueden encontrarse los porcentajes o fracciones de cada componente, directamente del gráfico; llamando Pa, Qa y Ra la concentración en A de los puntos respectivos, se tiene: Pa = 60%; Qa = 20%; Ra = 50%.

Llamando la distancia PR = m y RQ = n y tomando esas medidas en centímetros se encuentra:

$$m = 1.5 \text{ cm. } \quad y \quad n = 4.5 \text{ cm.} \quad m + n = 6 \text{ cms.}$$

Puede entonces comprobarse la siguiente igualdad:

$$\begin{aligned} nPa + mQa &= (m + n) Ra \\ \text{o sea} \quad 4.5 \times 60 + 1.5 \times 20 &= 300 \end{aligned} \quad (5-3)$$

La identidad se cumple para todos los sistemas, cualquiera que sea la composición de cada fase y por lo tanto su posición dentro del triángulo. Sea por ejemplo la mezcla de  $p + q$ , para obtener  $r$  como se muestra en la Fig. (Nº 5-3). Observando el gráfico se deduce:

$$\begin{aligned} pC &= 10\% ; & rC &= 30\% ; & y & qC &= 60\% \\ pB &= 80\% ; & rB &= 60\% ; & y & qB &= 30\% \\ m &= 2 \text{ cm. } & y & n &= 3 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Basta verificar las operaciones para comprobar que:

$$\begin{aligned} npC + mqC &= (m + n) rC ; & y \\ npB + mqB &= (m + n) rB \end{aligned}$$

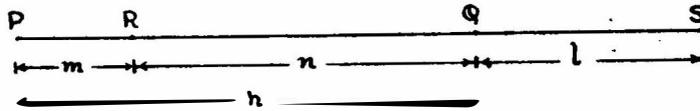


Fig. 5-4

Puede suponerse que al mezclar las fases P y Q se obtenga una fase S localizada sobre la misma línea recta PQ, pero no entre los puntos P y Q. Es la línea PQS de la Fig. (Nº 5-3), la cual se extrae y se analiza en la Fig. (Nº 5-4). Puesto que el punto Q está entre P y S, su composición puede expresarse en términos de S y P, de acuerdo con la identidad 5-3. Esto, claro está, en cuanto a porcentajes o fracciones de los componentes A, B, C. Es decir:

$$\begin{aligned} lPa + hSa &= (h + l) Qa \\ \text{donde} \quad QS &= l \quad y \quad PQ = h \end{aligned}$$

Pero Pa y Qa son conocidas, entonces debe despejarse S;

$$\text{luego} \quad hSa = (h + l) Qa - lPa ; \quad (5-5)$$

ecuación que indica que la fase S resulta de una mezcla de las fases P y Q en proporciones negativas, lo cual puede, apenas, considerarse matemáticamente y en ningún caso como una mezcla positiva de las fases P y Q; o sea que nunca resulta realmente como consecuencia de una mezcla física de éstas. Las proporciones negativas en que ocurre esa mezcla, matemáticamente consideradas, se expresan:

$$\frac{Q}{P} = \frac{-(h + 1)}{1} \quad (5-6)$$

Esto sucede con todos los puntos que se presenten más allá de P y Q en las prolongaciones de la línea PQ.

En las representaciones gráficas por medio de triángulos equiláteros, estos puntos caen fuera del triángulo si la cantidad que se extrae es suficiente para obtener al menos una concentración negativa en uno de los componentes y pueden expresarse en términos de las fases P y Q comprendidas dentro del triángulo (Fig. N° 5-3). También pueden expresarse en términos de los tres componentes A, B y C admitiendo valores negativos de concentraciones. La mezcla imaginaria, representada por S puede considerarse como una mezcla de tres componentes A, B y C, siendo negativa la concentración de uno o dos de esos componentes.

### Métodos de operación

Hay diversas maneras de separar varios componentes de una solución para extracción, los cuales dependen de la naturaleza del solvente y del arreglo de los aparatos empleados para la operación, pero todos pueden clasificarse en cinco procedimientos a saber:

**1º Simple contacto.** — Es un simple paso donde la solución que debe separarse y el solvente extractor se ponen en contacto una sola vez para obtener las fases "extracto" y "refinado".

El soluto (sustancias removibles) se transfiere de una sustancia a otra hasta que las concentraciones se aproximan al equilibrio. La cantidad de soluto extraído se determina por la cantidad de solvente empleado, la relación de equilibrio para el sistema y la aproximación al equilibrio que se alcance prácticamente.

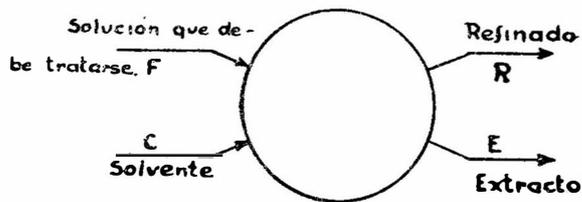


Fig. 5-5

Este es el sistema más simple de operación (Fig. N° 5-5), pero la eficiencia permitida por el equilibrio es muy baja, y por lo tanto es raramente empleado para trabajos en grande escala.

**2º Extracción diferencial.** — Es un simple baño en que una cantidad definida de solución se pone en contacto con una porción diferencial del solvente extractor; la porción diferencial de extracto se

remueve inmediatamente aparece. La corriente del solvente diferencial es continua y la solución se mantiene en equilibrio, removiendo también continuamente el extracto. Industrialmente no tiene aplicación, pero es de mucho interés en las prácticas de laboratorio porque de ellas pueden deducirse los resultados que limitan el número de pasos en un sistema en contracorriente.

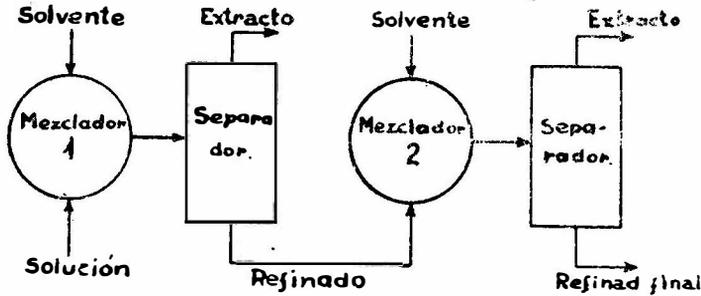


Fig. 5-6

**3º Proceso de múltiple contacto.** — En este proceso la mezcla y separación de las fases se efectúa como en el método de simple contacto; pero el refinado se trata nuevamente con solvente fresco, se separan las fases y se repite la operación con el refinado cuantas veces sean necesarias para obtener el aceite deseado. En la Fig. (Nº 5-6) se ilustra la forma como se realizan esta serie de contactos. El contenido de soluto del refinado se reduce hasta donde se desea aumentando el número de pasos de contacto. Este método es antieconómico por el alto consumo del solvente. La máxima eficiencia se obtiene cuando el solvente total que debe ser usado se divide en partes iguales, cada una de las cuales se emplea en cada paso.

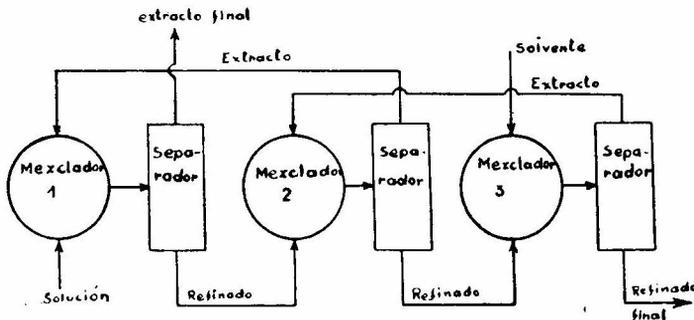


Fig. 5-7

**4º Contacto múltiple en contracorriente.** — Para este método se usa una serie de pasos a manera de cascada, en que las dos fases fluyen en direcciones opuestas o sea en contracorriente. Para el efec-

to se dispone el equipo de manera que el solvente y la solución que deben tratarse entren por extremos opuestos de suerte que el solvente fresco se pone en contacto con refinado del último paso, el cual ya fue tratado por solvente más débil. La operación que emplea este principio se ilustra en el diagrama de la Fig. (Nº 5-7) en que se muestran tres pasos aunque cualquier número puede usarse. En realidad se usan torres de flujo continuo. La solución original entra al primer mezclador y se trata con extracto del segundo paso; el extracto final se remueve del primer separador y el refinado del último separador. La eficiencia para una cantidad dada de solvente y un número fijo de pasos es mejor que si partes iguales del solvente fresco se usan en cada paso.

Este es el tipo de operación más comúnmente usado para efectos industriales. En las torres de flujo continuo en contracorriente, cada plato actúa a la vez como mezclador y cámara de sedimentación. Este es el sistema para aceites lubricantes.

**5º Contacto múltiple en contracorriente con reflujo.** — El flujo se efectúa de manera idéntica al del caso anterior, pero la solución que debe tratarse entra a la mitad de la cascada y el solvente extractivo entra por un extremo. La diferencia esencial consiste en el suministro de reflujo por ambos extremos a uno de ellos. El reflujo se suministra del mismo extracto al que se le remueve el solvente; de ese extracto libre de solvente se regresa a la columna y el resto se saca como producto de extracto.

### **Método analítico de la extracción por solventes de los aceites lubricantes**

**Sistemas de Hidrocarburos-solvente.** — Cuando se explicó el método de construcción de triángulos equiláteros bajo el título de "Método de Representación gráfica" se expuso la imposibilidad de representar por un simple diagrama triangular, como se usa para sistemas ternarios de tres líquidos puros; precisamente por la complejidad de los hidrocarburos y elementos perjudiciales que se remueven por tratamiento con solvente quedando siempre en cada fase y en proporciones distintas en cada operación, alguna fracción de cada uno de los componentes originales, de suerte que no se obtienen soluto y aceite puro perfectamente definidos.

El solvente tiende a dividir el destilado para refinar en dos fracciones, según las características físicas, en solubles y menos solubles, pero no puede establecerse una separación precisa del aceite en esos dos grupos de componentes. Si se diera el caso de usar un solvente que disuelva únicamente hidrocarburos aromáticos, el sistema se reduciría a un sencillo equilibrio entre aromáticos, no aromáticos y solvente. Pero la naturaleza química de los grupos de hidrocarburos presentes en cualquier lubricante para refinar, no es conocida.

Para facilitar el análisis gráfico se adoptan dos grandes grupos de componentes de los aceites denominados nafténico y parafínico, dando a estos términos un significado más amplio que el correspondien-

te de acuerdo con la nomenclatura química, puesto que el término nafténico denota la mezcla de hidrocarburos relativamente pobres en hidrógeno y el término parafínico se aplica a la mezcla de todos los grupos de hidrocarburos relativamente ricos en hidrógeno. Los primeros forman la masa de componentes indeseables que deben removerse para producir buenos lubricantes; poseen alto valor de C.V.G. y bajo I.V. y son los principales integrantes del extracto. En cambio los parafínicos son los convenientes para los aceites puesto que le comunican alto I.V. y baja C.V.G.; son los componentes predominantes en el refinado.

Según el valor numérico de ciertas propiedades físicas como I.V., C.V.G. y gravedad específica, los lubricantes se consideran de carácter nafténico o parafínico; de allí el uso de esas propiedades, u otras similares, para controlar el procedimiento y grado de refinación de los "stocks" lubricantes.

Se comprende entonces cual es el significado de los datos suministrados por medio de análisis químicos y ensayos físicos o por sistemas de representación gráfica, realizados sobre las fases extracto y refinado. Para la representación gráfica de las relaciones de equilibrio en un sistema: hidrocarburos-solvente se necesita conocer:

- a) Cantidades de las dos fases en equilibrio.
- b) Cantidad de solvente en cada fase.
- c) Una propiedad física del aceite libre de solvente contenido en cada fase en equilibrio.

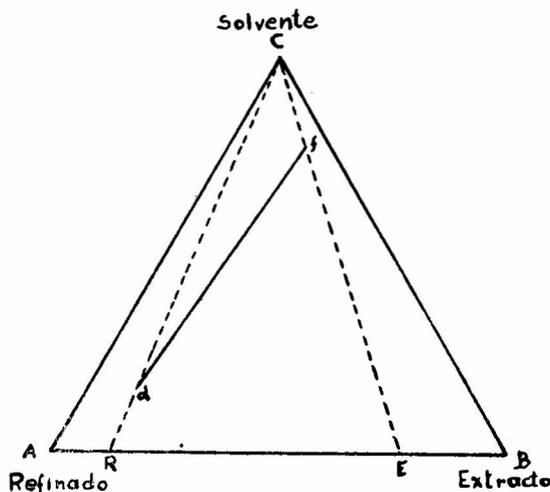


Fig. 5-19

Estos dos últimos numerales determinan un punto sobre un gráfico triangular en el cual el lado opuesto al vértice que representa el solvente puro se toma como escala de las unidades representativas de la propiedad física del aceite libre de solvente, que se elija como

característica del aceite en cuestión. En consecuencia los otros dos vértices del triángulo representa el extracto y el refinado. El resultado se ilustra en la Fig. (5-19) donde C es el solvente, B y A pueden representar el extracto y el refinado respectivamente y la línea AB se divide a escala para la representación de la propiedad física que se crea conveniente emplear.

Si después del tratamiento se obtienen las gravedades específicas del refinado y extracto libres de solvente, indicados por R y E respectivamente en el gráfico (Nº 5-19) y uniendo R con C, y E con C se fija sobre esas líneas el porcentaje de solvente en cada una de las fases en equilibrio, se obtiene sobre el gráfico un punto representativo de cada fase. Se supone en el ejemplo que esos puntos son d y f, los cuales son soluciones conjugadas y entonces la recta df corresponde a una línea conjugada o de unión. En consecuencia, los puntos d y f están sobre la curva de equilibrio.

Conociendo las cantidades de aceite y solvente usados en el experimento y puesto que el punto correspondiente en el gráfico se localiza del mismo modo como se procedió para d y f, pueden determinarse las cantidades de las dos fases en equilibrio aplicando la ecuación (5-2).

Para la construcción de estos diagramas debe emplearse una escala para la propiedad física del aceite libre de solvente que permita la construcción de una curva de equilibrio de dimensiones amplias que permitan hacer los cálculos con claridad.

Los resultados experimentales para la construcción del gráfico pueden proceder de extracción por simple contacto, o por contacto múltiple, siempre que exista la seguridad de que las fases alcanzaron el equilibrio cada vez que se hizo el contacto. En caso de que no se llegue al equilibrio de puntos que representan cada fase, caen sobre la curva de solubilidad pero se alejan mucho de los puntos que realmente pueden obtenerse y que aseguran la verdadera eficiencia del proceso.

**Cálculos para sistemas de Hidrocarburos-Solvente.** — Los ensayos de laboratorio realizan extracción de simple o múltiple contacto y las plantas industriales usan generalmente el sistema de contracorriente; para todos esos procesos se usan los métodos de coordenadas triangulares descritas anteriormente para sistemas ternarios en general. La única y fundamental diferencia en este método consiste en que en lugar de expresarse la composición de las fases en términos de tres componentes se da en términos del porcentaje del solvente y de una propiedad física del aceite libre de solvente.

Para el cálculo de un proceso de extracción en contracorriente o múltiple, por lo general se conoce el valor de alguna propiedad física del aceite que debe tratarse, la relación del solvente al aceite tratado que entraron en contacto y el valor de la misma propiedad física del aceite refinado que quiere producirse. Con estos datos se requiere calcular:

- 1º — La producción de aceite refinado.
- 2º — La cantidad de solvente asociado con el refinado.

3º — La cantidad de extracto.

4º — La cantidad de solvente en el extracto y producción del aceite de extracto libre de solvente.

5º — El valor de una propiedad física del aceite de extracto libre de solvente.

6º — El número de pasos ideales de extracción requerido para obtener el refinado deseado, cuyo cómputo puede hacerse por el método gráfico con gran cuidado.

**Procedimiento experimental.** — El procedimiento de laboratorio para extracción es sencillo. El tratamiento puede efectuarse en un cilindro de vidrio o en balones separadores (funnels), controlando la temperatura por medio de un baño de agua o de aire. Muchas veces resulta fácil separar completamente las dos capas: refinado y extracto; y entonces se miden y analizan. Si tal separación no es posible, se toma para el análisis parte de cada una de las fases. Durante el contacto debe mantenerse constante la temperatura y debe alcanzarse el equilibrio entre las fases porque de lo contrario se obtendrían conclusiones inexactas acerca de las mejores condiciones del proceso, etc.

Para la construcción de gráficas triangulares se toman los límites para el extracto y refinado con base en la propiedad física seleccionada para el efecto. Estos límites corresponden a los vértices del triángulo; el lado comprendido entre estos dos vértices se divide en la escalera apropiada. El procedimiento completo se entiende más claramente construyendo el gráfico (Nº 5-20) a partir de las condiciones de equilibrio dadas en la Tabla I.

Se eligió una escala para la constante de viscosidad-gravedad entre los límites 0.80 para el refinado puro hipotético (A) y 1.00 para el extracto puro hipotético (B). El material de partida para la extracción tiene una C.V.G. de 0.89, el cual se toma sobre la escala en el punto F. La línea FC representa entonces todas las mezclas posibles de solvente puro con el material inicial. El segmento de recta FV representa todas las concentraciones en que se obtiene solución homogénea, lo mismo que la porción WC.

Se dan cinco experimentos con diferentes proporciones de solvente y a la misma temperatura (tc). Los volúmenes de los líquidos que se ponen en contacto y de las fases separadas, se miden también a la misma temperatura.

Removido el solvente de las fases, se toman el I.V. y la gravedad específica a los aceites con los cuales se calcula la constante de viscosidad-gravedad, la cual se toma sobre la escala del triángulo. La medida de los volúmenes da la cantidad de solvente en cada fase, con lo cual se calcula el porcentaje y con éste se fija un punto correspondiente a la C.V.G. de la misma muestra. Así se toman los puntos correspondientes a las extractos y refinados de los cinco experimentos, pudiendo trazar entonces la curva de solubilidad a la temperatura de operación.

Los porcentajes en volumen de solvente para la mezcla inicial que aparecen en la tabla, se refieren a 100 volúmenes de aceite para refinar. El porcentaje sobre el volumen total de la mezcla puede leerse directamente del gráfico (Nº 5-20).

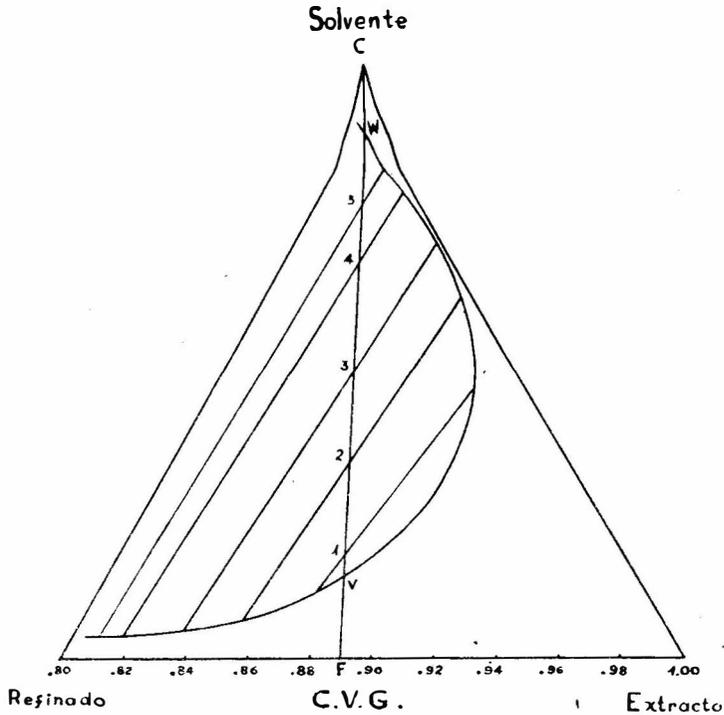


Fig. 5-20

Tabla I

Tratamiento de un destilado de C.V.G. de 0.89 con solvente

Nº Ex.	Vol. % de solv.	Tem. de tratam.	Vol. % de solv. en las fases		C.V.G. d'	
			Ref.	Ext.	R. L. d' S.	E. L. d' S.
1	25	70°F	12.5	50	0.880	0.967
2	62	"	7.6	66.8	0.856	0.989
3	108.5	"	5	77.1	0.836	0.996
4	270	"	4.2	86.2	0.817	0.982
5	506	"	2.7	90	0.808	0.954

R. L. de S. = Refinado libre de solvente.

E. L. de S. = Extracción libre de solvente.

Observando el gráfico y considerando la relación 5-2 se advierte que la máxima producción de refinado de cierta C.V.G. se obtiene a baja relación de solvente; sin embargo el número de pasos ideales de extracción es mayor. Estas correlaciones se entienden mejor de los gráficos (Nº 5-21) y (Nº 5-22) realizados de los datos acopiados de un "stock" tratado en contracorriente con nitrobenzeno a 10°C, de los cuales se consignan algunos en la Tabla II.

**Tabla II**

**Extracción en contracorriente de Nitrobenzeno a 10°C.  
de un destilado de 0.853 C.V.G.**

**Fase de refinado obtenido**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
		actual	calc.	actual	calc.			
53.3	0.817	54.8	57.7	14.2	14	3	—	—
100.0	0.811	49.9	50.7	12.5	12.5	3	2.42	80.2
136.4	0.807	44.0	47.5	10.8	12.5	3	2.05	68.3
185.0	0.804	37.7	42.0	12.5	13.0	3	1.80	60.0
375.0	0.799	27.0	23.0	9.0	14.5	3	1.53	51.0
450.0	0.790	23.5				3	1.41	47.0

- 1) Volumen de solvente por 100 volúmenes de aceite usado.
- 2) C.V.G. del aceite libre de solvente.
- 3) y 4) % en volumen de aceite libre de solv. sobre el destilado original
- 5) y 6) % en volumen de solvente en el refinado.
- 7) Número de pasos usados con agitación por medio de aire.
- 8) Pasos ideales de extracción requeridos.
- 9) Ef. de la totalidad de los pasos en %.

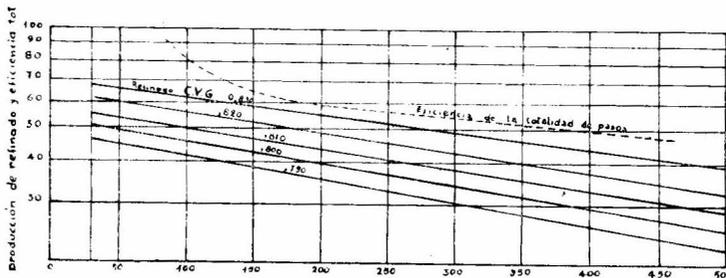


Fig. 5-21

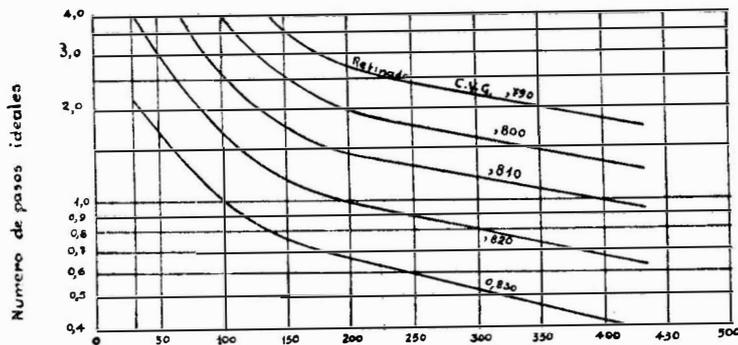


Fig. 5-22

También la Tabla I, junto con el gráfico (Nº 5-20) ponen de presente el hecho de que el extracto de máxima C.V.G. es aquel cuya composición corresponde a un punto sobre la curva de equilibrio idéntico al punto de tangencia entre esa curva y la línea que une el vértice del solvente con el punto correspondiente al aceite de extracto libre de solvente. Bien sea que se trate de la gravedad específica, de la viscosidad o cualquiera propiedad física elegida para la construcción del gráfico, el extracto tendrá las mejores características requeridas cuando corresponda al punto de tangencia de la línea que pasa por el vértice del solvente. Para obtener esta composición del extracto existe en cada operación una relación fija entre el solvente y el aceite inicial, la cual puede determinarse también del gráfico Nº 5-20. En consecuencia toda proporción mayor de solvente dará como resultado un extracto de inferior calidad, debido seguramente a que se disuelve parte del aceite aprovechable del refinado produciéndose considerable pérdida de aceite. Naturalmente esta pérdida acarrea mejoramiento del refinado, pero esto sólo se justifica cuando hay necesidad de producir aceite de muy buenas características según el uso a que haya de destinarse.

#### Consideraciones finales sobre las ventajas de usar gráficos triangulares como aplicación a los procesos de extracción por solventes

De acuerdo con la teoría expuesta sobre extracción, pueden darse entre las ventajas de expresar la relación de equilibrio entre el solvente y el aceite por coordenadas triangulares, las siguientes:

- a) La calidad del refinado y el extracto que se obtienen por tratamiento con cualquier porcentaje de solvente a cualquier temperatura, pueden estimarse directamente del gráfico.
- b) Puede calcularse directamente la producción de refinado y extracto a todas las condiciones requeridas.
- c) Se obtienen directamente las composiciones de las dos fases.

d) La eficiencia de cualquiera planta en contracorriente puede determinarse del gráfico.

e) Las relaciones de equilibrio entre el solvente y el aceite, pueden determinarse por simples baños de extracción en el laboratorio.

f) La construcción de los gráficos triangulares no depende de la obtención de componentes puros.

---

## NECESIDAD Y POSIBILIDAD DE UNA PLANTA PARA ACEITES LUBRICANTES EN COLOMBIA

El título del capítulo basta para que, inclusive las personas más inadvertidas se den cuenta de la importancia y seriedad de este tema. Además de ser completo, es necesario que se ciña a la realidad de la capacidad colombiana y a la más juiciosa argumentación. El estudio médico puede desarrollarse en el siguiente orden:

- a) Demanda y producción actuales.
- b) Materia prima.
- c) Localización.

### a) Demanda y producción actuales

Este tratado implica el estudio completo de las estadísticas nacionales en cuanto se refiere a lubricantes; pero esto no es suficiente puesto que nunca la necesidad de lubricantes justifica la instalación de una planta para su preparación si antes no se justifica el montaje de una refinería que tienda a abastecer la demanda de todos los derivados del petróleo y de manera especial la demanda de productos blancos que entre los derivados del petróleo son los únicos que constituyen factor determinante para la construcción de una refinería, en tanto que los lubricantes interesan poco o nada como factor determinante. Por tal motivo es imprescindible el estudio estadístico sobre aceite crudo y todos sus derivados.

Tabla N° (6-1)

### Producción y consumo de aceites lubricantes en Colombia Barriles de 42 galones

Año	Producción	Consumo
1940	37.082	44.419
1941	30.191	48.919
1942	30.204	32.577
1943	28.451	48.168

*Refinación de Aceites Lubricantes*

1944	36.246	56.095
1945	38.222	67.127
1946	49.973	66.697
1947	41.624	91.043
1948	41.719	103.401
1949	79.193	112.500
1950	78.188	124.500
1951	53.729	134.396
1952	66.443	151.200
1953	61.000	161.300

Estos datos dan una idea muy clara de la gran diferencia entre la producción y demanda de lubricantes; y ponen de presente el rápido aumento del consumo mientras la producción permanece estacionaria. Lo mismo se deduce de la observación de los números índices obtenidos para los datos de producción y consumo, tomando como base el año de 1944, cuando empieza a normalizarse el mercado después de la tremenda depresión causada por la guerra mundial.

**Tabla N<sup>o</sup> (6-2)**

**Números índices para la producción y consumo de los aceites lubricantes**

**Base: 1944 = 100**

Año	Indices de Prod.	Indices de Cons.
1940	102,3	79,1
1941	82,0	87,0
1942	83,3	58,1
1943	78,5	85,7
1944	100,00	100,00
1945	105,4	119,6
1946	137,8	118,7
1947	114,8	162,2
1948	115,1	184,3
1949	190,9	200,5
1950	215,7	
1951	148,2	240,0
1942	183,3	269,5
1953	168,3	287,5

Se observa que el crecimiento anual para el consumo de aceites lubricantes conserva siempre su ritmo ascendente y seguramente acelerará a medida que mejoran los transportes y se impulsan la agricultura y la industria; en cambio la producción no puede aumentar al mismo ritmo, y aun más permanece constante desde 1949; entre otras causas porque la capacidad productora de la Refinería de Barran-cabermeja no permite el aumento de estos derivados. En esta forma el desequilibrio entre la producción y consumo se acentúa anualmente

en forma alarmante hasta el punto de que en la actualidad se importan aproximadamente el 70% de los lubricantes necesarios en el país; lo que también sucede con los demás derivados del petróleo crudo, con la consiguiente salida de dólares que van a robustecer la economía de otras naciones.

**Cálculo de la demanda de aceites lubricantes.** — Con base en los datos de consumo de la tabla 1, se determina el valor del porcentaje anual del crecimiento de la demanda de lubricantes. El valor obtenido fue 11% anual, aunque hay razones poderosas para presumir que esta rata de crecimiento será muy superior en los próximos años, entre las que anotamos: el gran impulso que toman las carreteras, desembotellando las más ricas regiones y dando salida a puertos marítimos de las zonas más industrializadas del país como es el caso de Antioquia con salida al Golfo de Urabá por medio de la carretera al Mar y la salida a Cartagena y Barranquilla por medio de la carretera de la Confraternidad; el increíble progreso de los departamentos de Caldas y del Valle del Cauca, sobre todo el desarrollo industrial del último y el de otras zonas del país como Boyacá, en su primera etapa con la Siderúrgica de Paz de Río; hechos que son factores de aumento cada día mayor de automotores y maquinarias del país, lo que constituye motivo a su vez de creciente demanda de combustibles y lubricantes. Muy poblablemente se superen las ratas de crecimiento de 1945 y 1947 cuando se alcanzó 19,5% y 21% respectivamente. Es también digno de tenerse en cuenta que la mayoría de las estadísticas han demostrado que a Colombia le quedan siempre pequeños todos los pronósticos y por eso es preferible ser optimistas.

**Tabla N° (6-3)**

**Pronósticos de consumo de lubricantes  
con base en un incremento anual de 11%**

1954	182.668 Bls.	1960	347.442 Bls.
1955	203.575 Bls.	1961	385.660 Bls.
1956	229.531 Bls.	1962	428.082 Bls.
1957	254.779 Bls.	1963	475.171 Bls.
1958	282.963 Bls.	1964	527.439 Bls.
1959	313.912 Bls.	1965	585.457 Bls.

Según la tabla anterior la demanda de lubricantes en el país se habría duplicado en 1960 con relación al consumo de 1953.

**Solución transitoria al problema.** — Con el ensanche realizado en la Refinería de Barrancabermeja, mediante el montaje de nuevos equipos de “craking catalítico”; “visbreaker”, etc. que entraron en operación el 28 de agosto de 1954, la capacidad de refinación de esta planta asciende a más de 35.000 bls/día de crudo. Naturalmente varían las cantidades de derivados producidos y en forma tal que podría abastecerse el país; pero esto, según los pronósticos se lograría por

poco tiempo; además de que por el alto costo del transporte de los productos de Barranca a la zona del Pacífico será más económico seguir importando los productos hasta cuando estos se obtengan en lugares del país que permiten fácil transporte.

En lo referente a los aceites lubricantes se informa que la producción puede ser de 564 barriles por día; cantidad que puede abastecer el mercado nacional de 1955 cuando el consumo diario puede ser de 565 barriles (naturalmente que no pueden transportarse los barriles que consumen en el occidente y por lo tanto no se producirá lo que permite la capacidad); pero ya para 1956 será necesario importar unos 90 barriles por día y teniendo de presente que en 1959 y 1960 el consumo calculado será de 872 barriles diarios y 965 bls./día respectivamente, una planta para lubricantes con capacidad igual a la de Barrancabermeja en 1953 sería muy pequeña. La planta en mención es de extracción por solvente.

Según lo expuesto es recomendable el montaje de una planta de tratamiento con solventes para las fracciones lubricantes en cualquier nueva refinería que se instale en el país. Ello implica lógicamente el tratamiento de crudos de las mejores características para la producción de destilados para lubricantes y la capacidad suficiente de la torre de destilación al vacío.

Esta misma tesis puede sustentarse también analizando los pronósticos hechos por algunas empresas petroleras u organismos oficiales. Por ejemplo: "La junta planificadora de refinación, transporte y distribución de combustibles" en su informe de 1953 considera la rata anual de incremento en el consumo de lubricante igual al 8%. De acuerdo con este concepto el consumo durante algunos años sería el siguiente:

1953	163.296	Barriles
1955	212.068	"
1959	289.000	"
1960	311.597	"
1963	392.522	"
1964	423.924	"
1965	457.838	"

Lo que demuestra también que una planta con la capacidad de la de Barranca en 1953 sería insuficiente en 1959. Las importaciones de aceites lubricantes ascenderían:

1959	86.000	Barriles
1960	108.000	"
1964	220.884	"
1965	254.800	"

Cantidades que hablan por sí solas de la enorme salida de dólares nacionales; y anótese que estas últimas cifras representan, sin lugar a dudas, cantidades mínimas, como la rata de crecimiento considerada, es mínima.

En cambio fuentes de información de la Esso hablan así de sus pronósticos de consumo de aceites lubricantes:

1954	190.000	Barriles
1955	203.200	"
1956	245.500	"
1957	314.300	"

Muy superiores a las calculadas en base en la rata de crecimiento de 11% anual. Y sin tener en cuenta el consumo de grasas.

**Capacidad de refinación que debe tener la planta.** — Puede considerarse que el establecimiento de una nueva planta de refinación de lubricantes, debe hacerse con miras a abastecer el país durante unos 4 o 5 años, es decir que unos 5 años después de iniciar su funcionamiento cubra totalmente la demanda nacional aunque la producción de los primeros años no justifique el costo inicial. Ya en el año de 1960 debe empezar a funcionar una planta de tratamiento con fenol en una nueva refinería; entonces su diseño debe permitir una producción equivalente al excedente de la demanda de 1964 que no podrá producir el país con las plantas de que dispone actualmente.

Para el año de 1964 se calculó el consumo de 527.439 barriles, mientras que la capacidad productora de la refinería de Barrancabermeja asciende a 564 bls./día o sean: 205.860 barriles por año; luego la nueva refinería deberá producir 321.579 barriles de lubricantes anualmente o sean 881 diarios.

Interesa, ahora calcular la cantidad de destilado que debe alimentarse a la torre de extracción; lo cual puede hacerse con base en el rendimiento de aceite en el proceso de extracción y pérdidas por tratamiento con arcilla en la refinería de Barrancabermeja.

Se dispone de los siguientes datos:

**Tratamiento con fenol en Barrancabermeja en el primer semestre**

Carga	Especif.	Stock producido	Extr.	% d' S.
2.714	50/55	1.188 Turb.	1.526	43,8%
2.815	50/55	1.731 "325 G.P."	1.084	61,5%
13.439	65/70	6.025 "stock 20"	7.414	44,8%
4.747	95/100	2.890 "1.100"	1.857	60,8%
16.639	117/122	7.542 "stock 40"	9.095	45,3%
3.927	235/255	1.830 "stock 60"	2.097	35,1%
8.008	158/162	4.092 "stock 50"	3.916	24,1%
2.453	58/62	2.602 "stock Trans."	151	93,8%
<b>Tot. 54.742</b>		<b>27.600</b>	<b>24.140</b>	<b>50,4%</b>

Carga = Carga. Barriles.

Especif. = Especificación del destilado.

Stock producido = Stock producido. Barriles.

Extr. = Extracto resultante. Barriles.

% d' S. = % del stock sobre el total.

*Refinación de Aceites Lubricantes*

El 50,4% de producción total puede tomarse como rendimiento promedio.

**Por efectos con tratamiento con arcilla se obtienen lo siguiente:**

Carga	Stock (1)	Base (2)	Pérd.	% de P.
1.261	"stock"	1.175	86	
5.242	"stock 20"	5.044	198	
1.095	"1.100 G.P."	1.013	82	
8.760	"stock 50"	8.503	257	
6.061	"stock 40"	5.907	154	
1.594	"1.100 G.P."	1.502	92	
2.630	"stock Trans."	2.463	167	
2.725	"stock 325"	2.583	142	
<b>Total</b>	<b>29.368</b>	<b>28.190</b>	<b>1.178</b>	<b>95,9</b>

Carga = Carga. Barriles.

Stock <sup>1</sup> = Stock cargado.

Base <sup>2</sup> = Base producida.

Perd. = Pérdidas.

% d' P. = % de producción sobre el total.

1) — Para evitar confusiones se denomina aquí stock el aceite refinado resultante del tratamiento con fenol.

2) — Se denomina base el stock sometido al tratamiento con arcilla.

En consecuencia al alimentar 100 galones de destilado se producen 50,4 galones de stock de los cuales resultan finalmente

$$\frac{95,9 \times 50,4}{100} = 48,33$$

De lo anterior se infiere que para dar al consumo 881 barriles diarios se necesitarán  $\frac{100 \times 881}{48,33} = 1824$  barriles/día de destilado o

sea que a la torre de extracción habría que alimentar esta cantidad de destilado si la torre trabaja continuamente.

**Producción y consumo de otros derivados del petróleo.** — Como se dijo antes, los productos blancos exigen imperiosamente el montaje inmediato de nuevas refinerías. Esta afirmación será confirmada por las estadísticas que se darán más adelante.

De esos productos blancos, es de imprescindible necesidad el abastecimiento del país en materia de combustibles para asegurar el desarrollo actual y futuro de la economía nacional. Es por esto, por lo que las estadísticas que se dan a continuación se ocupan especialmente de estos productos, que comprenden: gasolina, kerosene, tracto-

rina, "diesel fuel oil" (A.C.P.M.) y "fuel oil". La otra fracción de productos blancos comprende todos los disolventes, de menos importancia que los combustibles para el estudio de la capacidad de las nuevas refinerías.

Se incluyen en los cuadros datos de otros derivados como asfaltos, para más completa información.

**Tabla N° (6-4)**

**Producción de derivados del petróleo en Colombia  
(Barriles de 42 galones)**

Año	Gasolina	Kerosene	ACPM	Fuel oil	Tractor.	Asfalto
1940	1.097.000	129.498	118.537	1.695.039	41.594	76.644
1941	1.097.000	156.000	137.155	1.629.768	46.294	88.120
1942	1.001.000	135.000	176.574	1.474.321	12.770	73.253
1943	997.000	171.000	170.265	1.912.390	29.827	52.847
1944	1.108.000	171.000	187.666	2.620.840	47.910	87.005
1945	1.136.000	183.000	200.000	3.094.215	48.326	62.931
1946	1.231.263	182.924	224.540	3.316.623	34.964	96.739
1947	1.709.108	241.902	304.171	5.213.893	53.737	123.513
1948	1.421.967	240.095	353.543	4.702.908	9.561	143.657
1949	1.911.896	321.283	480.275	6.100.061	11.970	185.795
1950	2.019.363	337.582	553.136	6.130.626	49.363	156.195
1951	2.073.566	362.061	584.000	6.391.267	51.898	136.622
1952	2.249.457	400.211	648.391	7.596.147	123.206	157.274
1953	2.201.846	433.142	764.037	7.879.800	126.477	201.202

**Tabla N° (6-5)**

**Consumo de derivados del petróleo en Colombia  
(Barriles de 42 galones)**

Año	Gasolina	Kerosene	ACPM	Fuel oil	Tractor.	Asfalto
1940		103.233	102.804	1.289.336	42.230	78.624
1941		124.389	125.260	1.505.414	43.500	88.690
1942		115.200	143.880	1.131.124	38.350	73.475
1943		132.996	156.415	1.756.374	43.590	52.863
1944		151.072	168.915	2.293.163	46.870	88.225
1945		166.461	207.268	2.329.103	47.385	65.650
1946		172.727	301.669	2.377.033	39.000	98.545
1947	2.359.614	195.918	404.220	2.783.138	50.342	103.450
1948	2.708.774	211.853	534.422	2.379.827	67.131	113.465
1949	3.015.596	256.907	657.100	2.460.546	104.674	
1950	3.276.614	283.403	634.120	2.100.789	157.606	
1951	3.834.697	405.175	859.715	2.154.524	221.260	
1952	4.318.415	586.168	985.575	2.344.983	214.640	
1953	5.296.400	835.713	1.284.870	2.998.047	194.081	

*Refinación de Aceites Lubricantes*

Comparando las tablas 4 y 5 se observa el gran déficit en la producción nacional de todos los derivados con excepción del "fuel oil", del cual la producción es excesiva y se exporta un alto porcentaje.

Los porcentajes correspondientes a las importaciones de los distintos derivados en los últimos años son:

	1952	1953
Gasolina	48%	58,43%
Kerosene	40%	48,2 %
A. C. P. M.	41%	40,54%
Tractorina	36%	35%

Estos porcentajes se elevarían muy pronto al máximo, de no ser por las nuevas instalaciones inauguradas en Barranca, y la Refinería de Tibú y la Planta de El Guamo que permiten en adelante, la capacidad máxima de refinación en Colombia de 44.500 barriles por día. Sin embargo el abastecimiento con productos nacionales sólo podrá lograrse hasta fines de 1956 y entonces de esa época en adelante será necesaria la importación de grandes cantidades de todos los productos. Conviene repetir que a pesar de todo, el occidente colombiano tendrá que importar la totalidad de los derivados del petróleo que requiere, durante todos los próximos años hasta cuando en el país se instale una refinería en algún lugar, desde donde resulte económico el transporte de los productos a aquellas zonas.

Para demostrar con cifras la necesidad de otra refinería para 1958 o 1959, o sea confirmar el desequilibrio entre la producción de combustibles y el consumo de los mismos que existirá para aquellos años y se acentuará en los siguientes, debe seguirse el mismo proceso efectuado antes para los lubricantes, cosa por demás innecesaria, pues basta considerar que las ratas de aumento para la gasolina, kerosene, A.C.P.M. y tractorina son superiores a la de los aceites lubricantes. Además es bien evidente para todos, el aumento del consumo de la gasolina que ocupa el primer lugar en la producción total de derivados del petróleo en todos los países del mundo.

En cambio se transcribe a continuación la Tabla de Pronósticos presentada por la junta planificadora en el informe de 1953 sobre las necesidades de refinación, transporte y distribución de combustibles en Colombia. (Tabla N<sup>o</sup> 6).

La junta, para la preparación de esta tabla, tomó como rata de crecimientos para cada producto los porcentajes siguientes:

Gasolina de aviación	3,1%	anual
Gasolina motor	9,4%	"
Tractorina	11,8%	"
Kerosene	13,2%	"
Diesel Fuel	9,8%	"
Fuel-oil	5,2%	"

De sus datos se aprecia claramente cómo la demanda en 1957 sobrepasará a la producción total del país.

Con base en los anteriores porcentajes se hace pronóstico para el consumo de gasolina motor para los años posteriores a los dados.

**Tabla N<sup>o</sup> (6-6)**

**Pronósticos de oferta y demanda de derivados del petróleo en Colombia para 1955**

**Barriles por día**

**Oferta - (Con máximo de producción)**

Productos	Bar.	Dor.	Tib.	Gua.	P.T.	P.B.T.	Pronóst. de Demand.		
							1955	1956	1957
G. A.	1.500	—	—	—	1.500	1.500	1.100	1.100	1.100
G. M.	16.200	270	180	180	15.490	14.000	14.000	15.320	16.760
Trat.	600	500	—	—	1.100	1.100	895	1.025	1.145
Keros.	2.800	—	60	—	2.860	2.560	2.500	2.760	3.030
D. F.	3.900	—	590	80	4.570	4.490	3.775	4.145	4.525
F.-O.	12.400	3.200	—	760	16.360	12.400	9.500	10.000	10.500
O. P.	2.100	—	670	—	2.770	2.770	2.400	2.400	2.400
P. y C.	500	30	40	30	600	540			
<b>Total</b>	<b>38.000</b>	<b>4.000</b>	<b>2.200</b>	<b>1.050</b>	<b>45.250</b>	<b>40.200</b>			

	Pronóst. de Demand.				
	Zona Nort.		Cen., Sur		
	1957	1958	1959		
Gasolina de aviación	1.500	1.500	1.100	1.200	1.200
Gasolina motor	15.490	14.840	12.838	14.070	15.420
Tractorina	1.100	1.100	764	846	929
Kerosene	2.860	2.560	2.452	2.666	2.872
Diesel Fuel	4.570	4.490	3.513	3.816	4.103
Fuel-oil	16.360	12.400	10.500	11.000	11.530
Otros productos	2.770	2.770	2.400	2.500	260
Pérdidas y consumo	580	540			
<b>TOTAL</b>	<b>45.250</b>	<b>40.200</b>			

Productos = Productos.

Bar. = Barranca.

Dor. = Dorada.

Tib. = Tibú.

Gua. = Guamo.

P.T. = Producción total.

P.B.T. = Producción de Barranca y Tibú.

Pronost. de Demand. = Pronóstico de demanda total.

Sirve la Tabla N<sup>o</sup> 6, con el objeto de comparar los resultados con la capacidad productora del país y establecer aproximadamente el

año en el cual debe ponerse en operación una nueva refinería que abastezca en su totalidad la demanda de este combustible durante algún tiempo y evite la salida de dólares nacionales por concepto de sustancias que pueden producirse dentro del país y máxime si se dispone de la materia prima en abundancia.

Hay que anotar que se toma la gasolina motor como renglón básico entre los combustibles para las consideraciones acerca de la capacidad de la nueva refinería, por corresponderle a ella un elevadísimo porcentaje dentro de los productos totales y muy superior a los demás, como también uno de los mayores porcentajes de crecimiento de consumo. En segundo lugar porque al ensanchar las refinerías existentes; le corresponde también el mayor incremento en la producción nacional; como se verá luego en una tabla comparativa (Nº 7).

Los futuros consumos de gasolina motor serán:

1958	18.435	barriles	por	día
1959	20.168	"	"	"
1960	22.060	"	"	"
1961	24.140	"	"	"
1962	26.415	"	"	"
1963	28.900	"	"	"
1964	31.617	"	"	"
1965	34.588	"	"	"

De allí que la demanda sobrepasará a la producción en las siguientes cantidades:

1958	2.945	barriles	por	día
1959	4.678	"	"	"
1960	6.570	"	"	"
1964	16.127	"	"	"
1965	19.098	"	"	"

Esto teniendo en cuenta la máxima producción diaria de gasolina motor considerada en 15.490 barriles, y no obstante que los pronósticos de consumo son mínimos por basarse en ratas de crecimiento de consumo mínimas.

Obsérvese que si se pretende abastecer el país de gasolina motor en 1964, la nueva refinería necesitaría una capacidad de producción de gasolina refinada superior a la capacidad actual de todas las refinerías existentes en el país para el mismo producto refinado, teniendo en cuenta todos los ensanches realizados últimamente y que en 1960 la capacidad para la refinería no podría ser inferior a la capacidad de producción que todas las refinerías juntas tenían en 1952; esto es también en lo referente a gasolina motor. Para este mismo producto, ya en 1959 se necesitará una producción en el país aproximadamente igual a la producción nacional de 1949.

Como complemento a los datos suministrados sobre la producción de derivados del petróleo se transcriben en la Tabla Nº 7 los correspondientes a la Refinería de Barrancabermeja, en un cuadro que permite apreciar el aumento de productos debido a las nuevas insta-

laciones; el cual significa un gran paso de avanzada en esta industria. Facilita, además, esta Tabla el cálculo del desequilibrio que en el futuro se presentará para cada producto y ofrece los lugares relativos correspondientes a cada uno por razón del volumen obtenido en las dos etapas que allí se presentan.

Conviene advertir, sobre la Tabla N<sup>o</sup> 7; que la carga y productos que se obtendrán una vez terminado el ensanche se calcularon dejando un factor de seguridad de 20%. De suerte que bien podrá conseguirse un mayor volumen de carga y de productos al usar el margen de seguridad. Por consiguiente el máximo de refinación puede aumentarse a 38.000 barriles por día.

**Tabla N<sup>o</sup> (6-7)**

**Crudo tratado y productos de la Refinería de Barrancabermeja  
en dos etapas bien diferentes**

**Carga por día en 1952 = 28.280 barriles**

**Carga por día estimada después del ensanche 35.226 barriles**

Productos obtenidos	en 1952		Terminad. el Ensan.	
	Bls./día	%	Bls./día	%
Gases líquidos	—	—	705	2,00
Gasolina de aviación	8	0,03	1.515	4,3
Gasolina motor	5.647	19,97	14.337	40,7
Disolventes	124	8,44	106	0,3
Kerosene	1.077	3,81	1.339	3,8
Tractorina	69	0,24	775	2,2
Diesel oil	1.583	5,60	2.184	6,2
Fuel oil y crudo reductor	19.035	67,31	—	—
Fuel oil liviano	—	—	6.834	19,4
Fuel oil pesado	—	—	5.037	14,3
Lubricantes	182	0,62	564	1,6
Asfaltos	430	1,52	1.656	4,7
Acido nafténico	14	0,05	20	0,1
Mermas	111	0,39	154	0,4
<b>Total</b>	<b>28.280</b>	<b>100,00</b>	<b>35.226</b>	<b>100,00</b>

**Crudo producido en Colombia y tratado en las Refinerías. Exportaciones.** — Los cuadros estadísticos que aparecen en las Tablas 8, 9 y 10 no solo serán de gran utilidad cuando se trate de la materia prima para las nuevas refinerías sino que ponen de presente la urgencia de frenar la salida de dólares por concepto de exportación de crudo e importación de sus derivados a precios altísimos; lo cual se evitaría si se produjeran en el país. La Tabla N<sup>o</sup> 10 indica claramente que del crudo producido en el país, apenas se refina el 30%, lo cual indica el atraso en que se encuentra todavía la industria de refinación. Hay que agregar que los trabajos de exploración se aceleran cada día con ma-

*Refinación de Aceites Lubricantes*

yor intensidad; lo que permite afirmar que la producción de crudo aumentará cada año considerablemente.

**Tabla N° (6-8)**

**Petróleo producido en Colombia y tratado en las refineries**

**Exportaciones y valor de ellas durante 1951**

**Barriles netos de 42 galones**

Conces.	Produc. Tot.	Crudo Tratado	Exportac.	Val. d' Exp. Dólares	Dlrs./bls.
Mares	13.845.714	9.583.431 <sup>1</sup>	8.722.688	19.343.446	2.218
Yondo	12.832.905	—	12.753.544	25.379.660	1.990
Bar. Pes.	7.444.158	—	7.383.810	19.041.728	2.579
Bar. Liv.	2.659.577	323.880	2.129.436	6.009.531	2.822
Tot. Bar	10.103.735	323.880	9.513.246	25.051.260	2.633
Difícil	725.143	—	713.872	2.304.179	2.831
Cantagallo	429.272	—	433.619	801.546	1.849
Guaguaquí	461.328	—	—	—	—
<b>Gran Tot.</b>	<b>38.398.097</b>	<b>9.907.311</b>	<b>32.236.969</b>	<b>72.880.092</b>	<b>2.261</b>

**Promedios Diarios**

De Mares	37.933	26.256	23.898
Yondó	35.159	—	34.941
Barco pesado	20.395	—	20.230
Barco liviano	7.286	887	5.834
Cantagallo	1.176	—	1.188
Difícil	1.176	—	—
Guaguaquí	1.263	—	—
<b>Total</b>	<b>105.200</b>	<b>27.143</b>	

1) — Incluida la gasolina mezclada en la Refinería o sean 730.753 barriles netos y el crudo del territorio Vásquez.

**Tabla N° (6-9)**

**Petróleo producido en Colombia y tratado en las Refinerías**

**Exportaciones y valor de ellas durante el año de 1952**

**Barriles netos de 42 galones**

C.	Prod. total	Crudo trat.	Exportac.	Valor de las exportac. Valor exp. Dól./Bls.
1)	12.792.788 <sup>1</sup>	10.350.454	<sup>2</sup> 8.023.573	17.841.060.80 2,224
2)	13.553.990	—	12.940.892	26.657.339.74 2,060

Roberto Zapata Osorio - Guillermo Londoño Gómez

3)	7.123.537	—————	7.276.710	18.829.637.18	2,588
4)	3.058.397	353.401	2.653.309	7.425.792.75	2,799
5)	511.813	—————	502.902	1.428.241.68	2,840
6)	270.930	—————	629.701	1.165.520.26	1,851
7)	1.371.880 <sup>a</sup>	785.282	—————	—————	—————
8)	38.682.735	11.489.137	32.027.087	73.347.592.41	2,296

**Promedios diarios**

1)	35.049	28.347	21.982
2)	37.113	—————	35.454
3)	19.517	—————	19.936
4)	8.379	968	7.269
5)	742	—————	1.725
6)	1.402	—————	1.378
7)	3.759	2.151	—————
8)	105.981	31.476	87.744

C. = Concesiones.

1) = De Mares

2) = Yondó.

3) = Barco pesado.

4) = Barco liviano.

5) = Difícil.

6) = Catagallo.

7) = Guagüaquí.

8) = Gran total.

1) = De Mares

2) = Yondó.

3) = Barco pesado.

4) = Barco liviano.

5) = Difícil.

6) = Cantagallo.

7) = Guagüaquí.

8) = Total.

1) — Incluida la gasolina natural mezclada en la Refinería.

2) — Incluido el petróleo crudo, gasolina natural, crudo reducido, Fuel oil.

3) — Crudo tratado en la Refinería de la Dorada, proveniente de la Explotación privada de Guagüaquí-Terán.

Nota. — Parte del crudo producido se consume en la misma explotación.

**Tabla Nº (6-10)**

**Petróleo producido en Colombia y tratado en las Refinerías**

**Exportaciones y valor de ellas durante el año de 1953**

**Barriles netos de 42 galones**

C.	Prod. total	Crudo trat.	Exportac.	Valor exp.	Dól./Bls.
1)	12.536.924 <sup>1</sup>	10.594.882 <sup>2</sup>	7.770.583	18.736.482.11	2,411
2)	14.844.491	—————	14.442.445	30.866.122.62	2,137
3)	6.776.080	—————	6.747.035	18.174.422.91	2,694
4)	2.555.144	355.461	2.189.371	6.344.123.75	2,898

*Refinación de Aceites Lubricantes*

5)	9.331.224	335.461	8.936.406	24.518.546.66	2,744
6)	411.250	_____	371.785	1.120.546.40	3,014
7)	558.367	_____	547.815	1.652.898.78	1,922
8)	1.586.405 <sup>s</sup>	904.043	_____	_____	_____
9)	106.741	_____	_____	_____	_____
10)	43.845	_____	_____	_____	_____
11)	11.214	_____	_____	_____	_____
12)	39.430.461	11.919.806	32.068.989	76.294.596.57	2,379

**Promedios diarios**

1)	34.348	29.027	21.289
2)	40.670		39.568
3)	18.565		18.485
4)	7.000	919	5.998
5)	1.127		1.018
6)	1.530		1.500
7)	4.346	2.476	
8)	292	234	
9)	120		
10)	31		
11)	118.029	32.657	87.860

C. = Concesiones.

1) = De Mares

2) = Yondó.

3) = Barco pesado.

4) = Barco liviano.

5) = Total barco.

6) = Difícil.

7) = Cantagallo.

8) = Guagüaquí.

9) = Tetuán.

10) = Aguachica.

11) = Totumal.

12) = Totales.

1) = De Mares

2) = Yondó.

3) = Barco pesado.

4) = Barco liviano.

5) = Difícil.

6) = Cantagallo.

7) = Guagüaquí.

8) = Tetuán.

9) = Aguachica.

10) = Totumal.

11) = Total.

1) — Incluida la gasolina natural mezclada en la Refinería; 553.813 de crudo de Velásquez y 29.914 de Totumal.

2) — Incluido el petróleo crudo, gasolina natural y crudo reducido.

3) — Crudo tratado en la Refinería de la Dorada, proveniente de la explotación privada Guagüaquí-Terán.

**Significado de la producción colombiana en relación con la producción mundial y la de EE. UU.** — Para reforzar más el concepto, no sólo sobre la necesidad sino acerca de la importancia de los derivados del petróleo, especialmente la de los lubricantes y la gasolina

y para fijar la posición de Colombia en el concierto de las naciones puede observarse la Tabla N<sup>o</sup> 11.

**Tabla N<sup>o</sup> (6-11)**  
**Producción de petróleo crudo y derivados**  
**(Barriles de 42 galones)**

<b>Año de 1941</b>			
	En el mundo	En EE. UU.	En Colombia
Petróleo crudo	2.243.170.114	1.405.218.000	24.553.114
Gasolina		671.110.000	1.097.000
"Fuel-oil"		531.544.000	1.629.768
Kerosene		72.586.000	156.000
"Still gas"		83.354.000	
Aceites lubricantes		39.539.000	30.191

<b>Año de 1946</b>			
Petróleo crudo	2.763.210.000	1.731.480.000	22.448.553
Gasolina		748.411.000	1.231.263
"Fuel-oil"		719.260.000	3.316.623
Kerosene		104.385.000	182.924
"Still gas"		45.645.000	
Aceites lubricantes		45.645.000	49.973

<b>Año de 1953</b>			
Aceite crudo		2.359.998.000	39.430.461
Gasolina			2.201
"Fuel-oil"			7.879.800
Kerosene			433.142
"Still gas"			
Aceites lubricantes			61.000

Según la Tabla N<sup>o</sup> 11, a los EE. UU. correspondió en 1941 el 63.5% de la producción mundial de crudo y a Colombia el 1.1% y de este porcentaje se exportó el 90% o sean 22.184.690 barriles y en los años de 1946 y 1953 el porcentaje correspondiente a aquel país fue de 62.7% y a Colombia 0.9%.

A pesar del bajo porcentaje que corresponde a Colombia como país productor, relativamente no puede considerarse así dadas las posibilidades económicas y dificultades de transporte etc. A medida que se vayan venciendo obstáculos se mejorará tal posición puesto que el territorio de la nación cuenta con grandes reservas del codiciado líquido.

Lo que sí hay que recalcar con insistencia es el lamentable estado de la refinación.

**Puesto correspondiente a los aceites lubricantes entre los derivados del petróleo.** — No es posible asignarle a un producto un lugar fijo en la escala de importancia entre los derivados del petróleo en el mundo de las actividades humanas, porque es necesario atender a muchos y muy diferentes factores, cada uno de los cuales le señala una posición relativa.

Tratándose de lubricantes pueden mencionarse tres aspectos como primordiales: su utilidad, que lo hace imprescindible en el funcionamiento de la máquina; la cantidad producida y demandada; y finalmente las facilidades de refinación.

Desde el punto de vista de la utilidad, y este es el factor más importante, le corresponde el segundo puesto; o mejor puede decirse que la gasolina y los lubricantes ocupan el primer lugar. Esto porque no es posible el funcionamiento de las máquinas sin la lubricación adecuada, lo cual se explicó en capítulos anteriores. En síntesis, sin los lubricantes se paralizaría toda la maquinaria existente, y puesto que en ésta se cifra el progreso de las actividades humanas, industriales, agrícolas y militares, no sería posible entonces el adelanto de las mismas.

Por razón de la oferta y la demanda hay que hacer discriminaciones entre las mundiales y las colombianas. Las estadísticas mundiales, gobernadas por las de EE. UU. le asignan a los lubricantes un quinto puesto; así lo demuestra la Tabla N<sup>o</sup> 11 para la producción. Pero esta situación es muy diferente en Colombia; donde apenas si ocupa un séptimo puesto según se infiere de las Tablas 1, 4, 5 y 7 con su porcentaje de 1,6 para después del ensanche de Barrancabermeja y 0,62 antes de la mencionada ampliación, referido a la producción total de refinados.

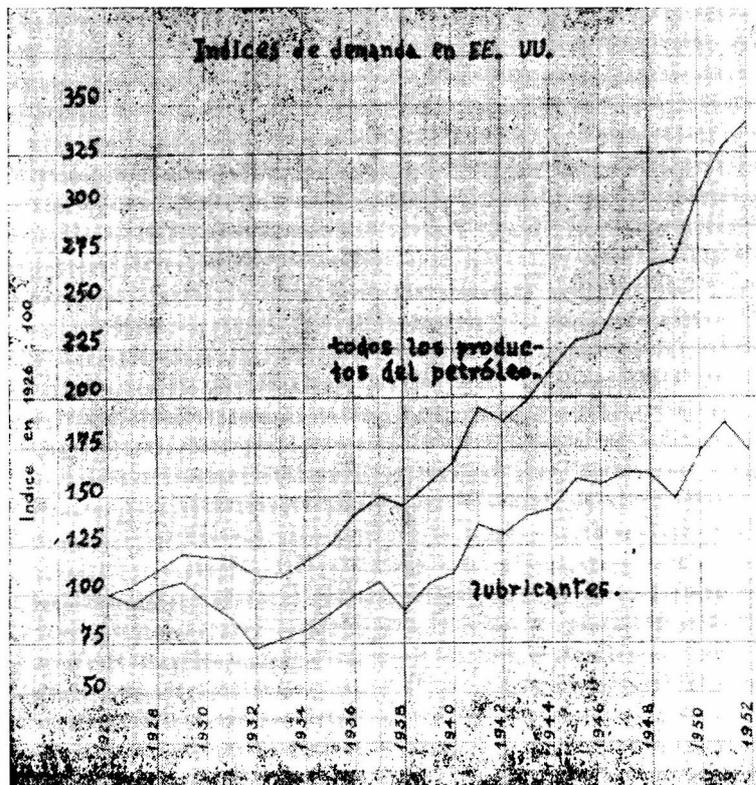
Aunque la demanda de lubricantes ha sido siempre creciente; este aumento no corresponde al que muestran todos los productos combinados. Así lo revela el gráfico N<sup>o</sup> 6-2 para la demanda en EE. UU. En 1926 la exigencia de aceites lubricantes representó 2,89% sobre la demanda de todos los productos, relación que disminuyó hasta que en 1952 era de 1,43%, lo que significa únicamente una disminución relativa y no una disminución en la cantidad demandada.

En tercer lugar interviene la facilidad de refinación que hace de los lubricantes uno de los productos menos apetecibles para el productor por la diversidad de procesos que requieren y lo complicado de ellos, siendo por lo tanto el derivado muy caro de producir.

**Materia prima.** — Para la mejor comprensión de la procedencia y disponibilidad de la materia prima para nuevas refinerías es necesario dar una información mas o menos completa de las distintas concesiones en explotación o sea los yacimientos petrolíferos existentes actualmente en el país.

Para ello se reproduce textualmente el estudio que se encuentra en el informe rendido por la Junta Planificadora de Refinación, transporte y distribución de combustibles en Colombia el mes de mayo de 1953. A esto solo se le adiciona la producción de cada yacimiento

en 1953 y se completa con la información sobre las concesiones Tetuán, Totumal y Aguachica.



### Concesiones en Explotación en Colombia

1) **Concesión de Mares.** — Comprende un área de 512.000 hectáreas y está ubicada en jurisdicción del municipio de Barranca-bermeja.

Para 1956 se estima una producción diaria de 27.650 barriles. Conviene, eso sí, observar que la empresa está realizando un programa de exploraciones que muy probablemente conducirán al hallazgo de nuevas fuentes productoras de petróleo. Por lo tanto la cifra de 27.650 barriles por día para 1956 debe considerarse como mínima y sobre la base de que en el área total de la concesión no se encuentran nuevas fuentes de producción.

El 31 de diciembre de 1952 las reservas petrolíferas comercialmente recuperables de esta concesión se estimaron en 133.000.000 de barriles.

La producción en crudo en la concesión de Mares en los últimos años fue:

### Refinación de Aceites Lubricantes

1951	37.933 barriles/día
1952	34.953     "     "

2) **Concesión Yondó.** — Esta concesión, otorgada a la concesionaria de petróleos Shell-Condor, tiene un área de 46.879,71 hectáreas, ubicadas en jurisdicción del municipio de Remedios, Departamento de Antioquia. Su explotación comercial se inició el 6 de junio de 1945. De esta fecha hasta el 31 de diciembre de 1952 se ha extraído de su subsuelo la cantidad de 57.600.688 barriles. Las reservas petrolíferas comercialmente recuperables en esta concesión el 31 de diciembre de 1952 fueron estimadas en 250.000.000 de barriles.

La producción de crudo en Yondó y en los últimos años fue:

1951	35.159 barriles/día
1952	37.031     "     "

Para 1956 se estima una producción mínima de 20.000 bls./día sin considerar que se descubran nuevas zonas productivas. En la actualidad el crudo de Casabe se destina en su totalidad a la exportación.

3) **Concesión Barco.** — Ubicada en jurisdicción del municipio de Cúcuta, Departamento de Norte de Santander.

Para 1956 se estima una producción diaria de 3.060 barriles de crudo liviano y 19.720 de crudo pesado. La producción de este último crudo bien puede incrementarse un poco más al obtenerse resultados positivos en las nuevas áreas en que la compañía realiza trabajos exploratorios.

Para el 31 de diciembre de 1952 se estimaron las reservas petrolíferas en 135.000.000 barriles.

La producción de crudo de esta concesión en los últimos años fue así:

Año	Crudo liviano	Crudo pesado
1951	7.287 Bls./día	20.395 Bls./día
1952	8.379     "     "	19.517     "     "

4) **Propiedad privada Guaguaquí-Terán.** — Los terrenos son de la Texas Petroleum Company ubicada en jurisdicción del territorio Vásquez, departamento de Boyacá y del municipio de Yacopi en Cundinamarca.

Las reservas de petróleo se estiman en 15.000.000 de barriles, las cuales tienden a aumentarse con las nuevas exploraciones que la empresa realiza en los mencionados terrenos petrolíferos.

La producción ha sido la siguiente:

1951	1.263 barriles por día
1952	3.748     "     "     "

Es de esperar que para 1956 esta concesión puede estar produciendo unos 29.000 barriles por día.

**5) Concesión El Difícil.** — Esta concesión, otorgada a la Concesionaria de Petróleos Shell-Cóndor, tiene 45.931.48 hectáreas y está ubicada en el municipio de Plato, Departamento del Magdalena.

Desde 1948 están suspendidas las perforaciones en este campo. Esta concesión se halla actualmente en declinación y solo será económicamente explotable por un período de pocos años, a menos que pueda incrementarse la producción con un programa de reacondicionamiento de pozos y recuperación secundaria.

1951	1.987 barriles por día
1952	1.398 " " "

El crudo de El Difícil tiene un alto contenido de gasolina, pero no puede contarse con este petróleo para futura refinación debido a que dentro de pocos años su producción será tan baja que hará necesario abandonarla, como lo demuestran las reservas estimadas el 1º de septiembre de 1952 que ascienden a la cifra de 1.350.000.000 barriles.

**6) Concesión Cantagallo.** — Otorgada a la Anglo-Colombiana de Petróleos, subsidiaria de la Concesionaria de Petróleos Shell-Cóndor ubicada en jurisdicción del municipio de Simití (Bolívar).

La producción fue:

1951	1.176 barriles por día
1952	740 " " "

La concesión duró sin producción por espacio de 4 meses en 1952, con el fin de hacer algunos estudios de las presiones subterráneas del campo. Esto ocasionó que en ese año, solo se obtuviera en promedio una producción de 740 barriles por día.

Es de esperarse que con el programa de exploración que actualmente desarrolla la compañía en estos terrenos su producción de crudo habrá de aumentarse en relación con la obtenida en años anteriores.

Las reservas calculadas en esta concesión el 31 de diciembre de 1952 era de 9.000.000 barriles de crudo.

**7) Concesión Totumal.** — Fue concedida por el gobierno en julio de 1951 a la International Petroleum Colombia Limited; tiene 49.938 hectáreas y está ubicada al sur del Departamento del Magdalena a 16 kilómetros al oeste del Oleoducto de la Andian y a 40 kilómetros al sur del Oleoducto Sagoc.

**Observación.** — Hay que anotar que la estimación de la producción para 1956 y de reservas es mínima y puede esperarse un aumento si se tiene en cuenta que en todas las concesiones en explotación, a excepción de la concesión El Difícil, se están realizando perforaciones exploratorias que permiten esperar el hallazgo de nuevas zonas petrolíferas.

**Evaluación de los petróleos crudos que se producen en Colombia.** — Este párrafo es copia fiel del mismo informe a que se hizo referencia en el párrafo anterior.

**Características de los petróleos de la Concesión de Mares**

**Análisis del crudo de la Zona "B"**

Gravedad API a 60°F	25,4
Viscosidad S.S.U. a 77°F	203,0
Viscosidad S.S.U. a 100°F	122,0
Agua y sedimento. Vol. %	Trazas
Contenido de azufre. Peso %	0,696

**Análisis del crudo de la Zona "C"**

Gravedad API a 60°F	23,5
Viscosidad S.S.U. a 77°F	398,5
Viscosidad S.S.U. a 100°F	218,5
Agua y sedimento. Vol. %	Trazas
Contenido de azufre. Peso %	0,778

**Características del petróleo de Casabe**

Gravedad API a 60°F	20,3	20,9
Viscosidad S.S.U. a 77°F	1766	1381
Viscosidad S.S.U. a 100°F	1076	659
Agua y sedimento. Vol. %	0,10	0,10
Contenido de azufre. Peso %	0,864	0,869

**Características de los petróleos de la Concesión Barco**

Gravedad API a 60°F	43,3	32,7
Viscosidad S.S.U. a 77°F	35,9	82,1
Viscosidad S.S.U. a 100°F	32,2	62,5
Agua y sedimento. Vol. %	Trazas	0,10
Contenido de azufre. Peso %	0,111	0,983

**Características del petróleo de "Vásquez"**

Gravedad API a 60°F	24,9
Viscosidad S.S.U. a 77°F	299,0
Viscosidad S.S.U. a 100°F	165,8
Agua y sedimento. Vol. %	0,20
Contenido de azufre. Peso %	0,785

### Características del petróleo de "El Difícil"

Gravedad API a 60°F	40,7
Viscosidad S.S.U. a 77°F	36,2
Viscosidad S.S.U. a 100°F	32,2
Agua y sedimento. Vol. %	0,05
Contenido de azufre. Peso %	0,044

### Características del petróleo de "Cantagallo"

Gravedad API a 60°F	20,7
Viscosidad S.S.U. a 77°F	1983
Viscosidad S.S.U. a 100°F	844
Agua y sedimento. Vol. %	0,35
Contenido de azufre. Peso %	1,67

Características de los petróleos de Tetuán, Totumal y Aguachica.

Es muy escasa la información que existe sobre petróleos de estas concesiones.

Pueden darse las siguientes características:

Gravedad API a 60°F	
Tetuán	26,9
Totumal	26
Aguachica	38,5

### Discusión sobre el crudo utilizable en la nueva Planta de Producción de Lubricantes

**Desde el punto de vista de la gravedad API.** — Por la alta gravedad, API de los crudos Barco Liviano, Difícil y Aguachica no son aprovechables para lubricantes, puesto que ellos contienen altos porcentajes de gasolina y combustibles, dejando pequeñísima cantidad de residuo pesado; insignificante como materia prima de destilados para aceites lubricantes.

**Por razón del contenido de ceras.** — Cualquier contenido de ceras, es siempre perjudicial para los aceites lubricantes; por lo tanto se buscan siempre crudos libres de ellas y en caso de tener que destilar para tal fin crudos que presenten tales ceras, es necesaria su expulsión. Esta operación es la más costosa de la refinación y por lo tanto en Colombia no se justifica en ningún caso.

Los crudos de la "Zona C" de la Concesión de Mares, aunque son de bajo punto de fluidez (L. C. T.), contienen pequeña cantidad de cera cristalina que tiende a precipitar a temperatura ambiente en aceites de alta viscosidad tratados con fenol. Por esto no se emplean para lubricantes en cantidad considerable en la refinería de Barranca-bermeja.

En realidad su contenido de cera es muy pequeño, de ahí que sus efectos no son altamente perjudiciales.

El crudo de Vásquez es de alto punto de fluidez (H. C. T.) por su naturaleza parafínica y alto contenido de ceras. Es más parafínico que el de la "Zona C" aunque las demás características lo clasifican entre los crudos "B" y "C".

Parece que el mismo motivo hace impropio el tipo pesado de Barco; pues aunque no se tiene dato preciso de su contenido de ceras cristalinas, se sabe que es altamente parafínico.

Por las demás características sería excelente.

Otro crudo que se descarta y cuya evaluación no se dió es el denominado propiamente H.C.T. de la Concesión de Mares por su alto contenido parafínico.

**Por razón de disponibilidad.** — No puede contarse con crudo de la "Zona B", que es el más propio para la obtención económica de lubricantes, porque es agotado completamente en la refinería de Intercol de Barrancabermeja. Esto mismo puede decirse de la "Zona C" en caso de pensar en utilizarlo.

**Por dificultades económicas.** — No sería económico el transporte desde sitios muy apartados al lugar de refinación.

No hay razón alguna para que actualmente se monte una gran refinería en el oriente colombiano; ya que, como se dijo antes, el occidente importa casi todos los derivados del petróleo entre otras cosas porque no se justifica su transporte desde Barrancabermeja.

En ningún caso resultará económico transportar crudo desde Arauca y Casanare para refinar en el occidente. Por esto se descarta el crudo de Aguachica. El Crudo de Tetuán en el Departamento del Tolima no presenta probabilidades menores de transporte a una refinería más retirada que la de Barrancabermeja.

#### **Crudos con mayor posibilidad de servir de materia prima para lubricantes en posible nueva planta**

Hasta aquí, faltan por considerar los crudos de Casabe, Cantagallo y Totumal.

Cantagallo y Totumal reúnen las mejores características como fuentes de abastecimiento de lubricantes, pero se producen en pequeña cantidad, la cual resultaría insuficiente.

El de Casabe es de tendencia especialmente nafténica y por consiguiente el contenido de ceras es bajo. Sin embargo no se tiene noticia de su contenido de ceras cristalinas. Además, este último crudo se produce en cantidades considerables, que se exportan en su totalidad. Este crudo puede producir lubricantes de calidad similar a los derivados de petróleos de Mares y en mayor cantidad.

**Recomendación.** — De no dar resultados aceptables el crudo de Casabe (Concesión Yondó) y no ser suficientes las fuentes de abastecimiento del bajo Magdalena, es recomendable la importación de cru-

dos de alto rendimiento en lubricantes de buena calidad de la República de Venezuela.

**Cálculo de aceite crudo que requerirá la refinería para la producción de los destilados suficientes para la torre de extracción con fenol**

El cálculo aproximado puede basarse en los resultados reales de la refinería de Barrancabermeja. Allí sólo se producen destilados para lubricantes de los crudos de las zonas B y C (de los primeros en casi su totalidad).

La producción de destilados en la planta Foster Wheeler en el primer semestre de 1953, fue:

Crudo alimentado	Destilado producido. Bls.	Porcent. produc. sobre el total
	6.224 Dest. 58/62	
	15.014 Dest. 50/55	
	15.280 Dest. 65/70	
607.411 barriles	1.742 Dest. 150/180	
	19.786 Dest. 117/122	
	11.958 Dest. 235/255	
	1.478 Dest. Cilindro	
<b>Total</b>		
607.411 barriles	71.482	11.76%

Según los datos anteriores se tiene que si se alimentan 100 barriles de aceite crudo (Zona B especialmente), se obtienen 11.76 barriles de destilado de los cuales por tratamiento con fenol resulta el 50.4% de stock o sea que se producen 5.93 barriles. Estos por tratamiento con arcilla producirán 5.69 barriles de aceite para el consumo correspondientes a 95.9% del stock inicial.

En conclusión el aceite crudo de que se trata produce 5.69% de aceite lubricante.

Suponiendo que en Colombia pudieran producirse hasta los aceites de mayor índice de viscosidad, el crudo que se necesitaría en 1964 como materia prima para lubricantes sería:

$$\frac{100 \times 321.579}{5.69} = 5.651.651 \text{ barriles}$$

Lo que equivale a 15.483 bls./día para producir 881 bls./día de aceite puro.

**Localización**

Es evidente que la Zona de asiento de la nueva refinería no podría ser otra que la Costa Atlántica; entre otras razones porque es el terminal de los dos grandes oleoductos colombianos: el que de Bar-

## Refinación de Aceites Lubricantes

co conduce a Coveñas y el que de Mares conduce a Mamonal en Cartagena.

Por allí sale todo el petróleo colombiano. También porque esta zona demanda gran cantidad de derivados que no pueden suministrarse en Barrancabermeja. Además desde cualquiera de sus puertos pueden transportarse económicamente los derivados a centros de consumo tan importantes como el Valle del Cauca y todo el occidente colombiano.

Al hablar de la localización de la planta de aceites lubricantes debe hacerse referencia a la de una refinería en general, porque de realizarse aquella debe ser como un proceso de ésta.

El sitio elegido para el montaje de la Gran Refinería fue Cartagena, por lo cual no hay lugar a discusión de ventajas o desventajas de distintos lugares..

Para informar acerca de las razones aducidas con anterioridad a la elección se transcribe a continuación lo expuesto al respecto en el informe rendido por la Junta Planificadora de Refinación, Transporte y Distribución de combustibles en el año de 1953:

**Ubicación de la Refinería.** — Para determinar la ubicación de la refinería proyectada deben estudiarse cuidadosamente los diversos factores económicos y técnicos que influirán definitivamente en el éxito de la empresa, tales como facilidades para la entrada o salida de los crudos y de los derivados, el centro de mayor consumo en la zona norte y las facilidades de vivienda y demás comodidades de los trabajadores, etc.

La Refinería de la Costa Norte tiene dos posibles lugares de ubicación, que son Barranquilla y Cartagena. Se enumeran a continuación algunas ventajas y desventajas que ofrecen cada uno de estos lugares.

**Barranquilla.** — a) Es el centro de mayor consumo de los derivados del petróleo en la Zona Norte.

b) El puerto es adecuado únicamente para embarcaciones marítimas de pequeño tonelaje en sus condiciones actuales.

c) Es el centro industrial más desarrollado de la Zona Norte.

d) Hay facilidades para conseguir obreros y alojamiento abundante para todo el personal.

e) Es el centro próximo a posibles nuevas explotaciones petrolíferas.

**Cartagena.** — a) Es puerto adecuado para toda clase de embarcaciones.

b) Es el centro terminal de la mayor producción actual de crudos y posiblemente de las futuras zonas de producción en el Valle del río Magdalena.

c) Tiene agua potable en abundancia.

- d) Hay facilidades de comunicación con el interior por el Canal del Dique y por carretera a Barranquilla.
- e) Tiene mayores facilidades para el servicio de cabotaje.
- f) Tiene amplio almacenaje de crudo.
- g) El costo de las tierras es menor.

Como la ubicación de la refinería es un punto fundamental para su éxito, lógicamente corresponderá adoptar al respecto la determinación final de la empresa que acometerá la obra, mediante los estudios técnicos que sea del caso realizar.

Estas son las palabras del mencionado informe. En realidad la determinación final favoreció a la última ciudad por elección conjunta del gobierno e Intercol.

### BIBLIOGRAFIA

The Science of Petroleum. Vol. III. Section 28. Editors: A. E. Dunstan, A. W. Nash, B. T. Brooks y Sr. H. Tizard. (1938).

Treybal R. E. Liquid Extraction. Mc. Graw-Hill. Book Company, Inc. New York, Toronto, London. (1951).

Sherwood and Pigford. Absorption and Extraction. Mc. Graw-Hill. Book Company, Inc. New York, Toronto, London. (1952).

Prutton C. F. and Maron S. H. Fundamental Principles of Physical Chemistry. The Macmillan Company. New York. (1949).

Nelson. Petroleum Refinery Engineering. Mc. Graw-Hill. Book Company. New York and London. (1941).

Boletín de Petróleos. Minfomento. N° 22. Bogotá. Enero de 1953.

Boletín de Petróleos. Minfomento. N° 36. Bogotá. Marzo de 1954.

Boletín de Petróleos. Minfomento. N° 37. Bogotá. Abril de 1954.

En especial estos. Pero en general fueron consultados todos, desde 1940.

Eduardo Ospina Racines. Revista del Petróleo. N° 6. Bogotá. 1950.

John C. Casper. Lube Picture Dark. The Oil And Gas Journal. Vol. 51 N° 45, pág. 84. Marzo 16 de 1953.

T. G. Hunter. Ph. D., B. Sc., A.R.T.C., A.I.C., M. Inst. P. T. "Principles of Dewaxing" in "The Science of Petroleum". Vol. III p. 1.980. Birmingham University. England.