



LA REFINACION DEL PETROLEO

ING. MAX SCHWARZ

Actualmente en el Perú el 60% de la energía disponible proviene del petróleo y en razón de la estratégica importancia que tiene para las actividades productivas con mayor gravitación económica y social (minería, pesquería, agricultura y transportes) su desabastecimiento puede paralizar el país en cualquier momento.

Ello nos indica la importancia del petróleo como fuente de energía de primer orden en el Perú.

El presente artículo pretende explicar el proceso de refinación del petróleo y la manufactura de los principales derivados que pueden obtenerse a partir del crudo.

La energía constituye el medio necesario para producir trabajo, el mismo que es utilizado para satisfacer las necesidades humanas. Las fuentes de energía son bastante escasas en el mundo y están basadas sobretodo en países como los nuestros, en el uso de recursos naturales no renovables. Si bien es cierto que existen múltiples fuentes de energía con diferente campo de aplicación, como lo son la hidroenergía, el carbón, la bioenergía, la energía solar, la energía nuclear o la energía eólica, también es cierto que nuestra infraestructura industrial, comercial y de servicios está basada casi exclusivamente en el consumo del petróleo y sus derivados.

Actualmente en el Perú el 60% de la energía disponible proviene del petróleo y en razón de la importancia estratégica que tiene para las actividades productivas con mayor gravitación económica y social (minería, pesquería, agricultura y transportes) su desabastecimiento puede paralizar al país en cualquier momento. Ello nos indica la importancia del petróleo como fuente de energía de

primer orden en el Perú.

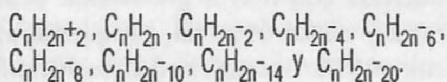
Pero el Petróleo extraído de las profundidades de la tierra y el zócalo continental, está compuesto por una mezcla de hidrocarburos que tienen determinadas características y poseen ciertas propiedades. Es por ello que el presente artículo pretende explicar el proceso de refinación del petróleo y la manufactura de los principales derivados que pueden obtenerse a partir del crudo.

PROCESO DE REFINACION

MATERIA PRIMA

La materia prima que se utiliza es el petróleo crudo que consiste en una mezcla compleja de hidrocarburos acompañada de algunas sustancias que contienen azufre, oxígeno y nitrógeno. En general las operaciones físicas de la refinación, tales como la vaporización, el fraccionamiento y la refrigeración, están condicionadas en toda refinería a las propiedades especiales del tipo de crudo que se utilice como materia prima. En cambio las operaciones químicas como el tratamiento y el filtrado se condicionan a la cantidad de compuestos de azufre, oxígeno y nitrógeno que contenga el crudo a procesarse.

El petróleo crudo se compone de múltiples series de hidrocarburos entre las que podemos considerar las que tienen las fórmulas tipos:



De estas series sólo algunas han sido estudiadas profundamente por su impor-

tancia industrial. Las más conocidas son las series **parafínica**, **olefínica**, **nafténica**, **aromática**, **diolefínica** y **acetilénica**.

La serie **parafínica** se compone de alcanos (C_nH_{2n+2}), se caracteriza por su gran estabilidad. Los nombres de cada miembro tienen la terminación "-ano", por ejemplo: metano, propano, hexano, hexadecano, etc. A temperatura ambiente y exceptuando a aquellos que contienen un carbono terciario en su molécula, no son afectados por los ácidos industriales. Los alcanos reaccionan lentamente con otros compuestos y las reacciones generalmente se efectúan por sustitución de un átomo de hidrógeno por un grupo químico o algún elemento.

La serie **olefínica** o etilénica se compone de alquenos (C_nH_{2n}), es decir hidrocarburos no saturados, lo cual les confiere mayor facilidad de unión directa con otros elementos sin tener que desplazar algún átomo de hidrógeno. El nombre de estos hidrocarburos termina en "-eno", por ejemplo: eteno (etileno), propeno (propileno), etc. Los compuestos no saturados reaccionan y se disuelven fácilmente en los ácidos industriales.

La serie **nafténica** (C_nH_{2n}) tiene la misma fórmula tipo que la serie olefínica, aunque goza de propiedades muy distintas. Los naftenos son compuestos cíclicos o en anillo, mientras que las olefinas son compuestos de cadena abierta con doble enlace entre los átomos de carbono. A diferencia de las olefinas, los naftenos son compuestos saturados y por lo tanto sólo podrán reaccionar por sustitución o reemplazo de algún hidrógeno. Los naftenos se nombran anteponiendo el prefijo ciclo, así tenemos: ciclobutano, ciclopentano,

ciclohexano, aunque antiguamente eran conocidos como metilenos y se les denominaba tetrametileno, hexametileno, etc.

La serie **aromática** o serie del benceno (C_nH_{2n-6}) es muy activa, es decir reacciona fácilmente y puede formar productos tanto por adición como por sustitución siendo muy susceptibles a la oxidación con formación de ácidos orgánicos. Esta serie posee ciertas propiedades anti-detonantes, que la hacen muy apreciada. Son ejemplos el benceno y el tolueno.

La serie **diolefínica** (C_nH_{2n-2}) es similar a la olefínica con la diferencia de que tiene dos átomos de hidrógeno menos o bien existen dos dobles enlaces en cada molécula, por lo que es una serie muy activa. Las diolefinas se polimerizan fácilmente formando compuestos gomosos de alto peso molecular. Esta serie puede extraerse de manera sencilla con ácido sulfúrico.

Las series **cíclicas** correspondientes a los tipos C_nH_{2n-4} , C_nH_{2n-8} , etc., no son muy conocidas, sin embargo se han encontrado en aceites de mayor punto de ebullición.

La composición del petróleo crudo involucra además unos compuestos de azufre que son perjudiciales pues son los agentes de la corrosión, olores y provocan explosiones deficientes de las gasolinas. La corrosión en las refinerías debe controlarse con el fin de evitar el deterioro de las tuberías y de los equipos. Para controlar la corrosión se trata el petróleo con álcalis. Sin embargo si el contenido de compuestos de azufre es alto, se tienen verdaderos problemas de corrosión, por lo que hay que recurrir a un tratamiento químico antes de refinar el crudo. Entre los principales compuestos de azufre encontrados en el

crudo tenemos: ácido sulfúrico, ácido sulfónico, sulfóxidos, sulfonas, tiófenos y sulfatos de alquilo.

Las propiedades de cada tipo de crudo son cuantificables por medio de diversos índices y factores, así tenemos:

Peso específico y densidad A.P.I.: El peso específico es la relación entre el peso de un volumen unitario de crudo entre el peso de un volumen igual de agua a temperatura standard.

Así tenemos: a $60^\circ F$ ($15.6^\circ C$)

$$\text{Grado A.P.I.} = \frac{141.5}{P.e.} - 131.5$$

Índice Diesel: Es la cualidad de ignición de los combustibles Diesel y se expresa por:

$$I.D. = \frac{\text{Punto de anilina } (^\circ F) \times \text{densidad (A.P.I.)}}{100}$$

Factor de Caracterización: (K)

$$K = \frac{\sqrt[3]{T_b}}{S}$$

T_b: Promedio de punto de ebullición molar ($^\circ F$)

S: Peso específico a $60^\circ F$ ($15.6^\circ C$)

Viscosidad: La viscosidad es una medida de la resistencia al movimiento interno y una indicación de la oleosidad en la lubricación de superficies. La viscosidad se mide en poises, unidad que se define como la fuerza en dinas que se requiere para desplazar un plano líquido de 1 cm^2

de superficie a una distancia de 1 cm y con la velocidad de 1 cm/seg. La viscosidad relativa es la relación entre la viscosidad del fluido y la del agua. La viscosidad Saybolt Universal es el tiempo medido en segundos, que demora en fluir un líquido en un recipiente a temperatura constante por un orificio calibrado.

Si t: Viscosidad Saybolt Universal
 z: Viscosidad en centipoises
 s: Peso específico

Por lo tanto tenemos :

$$\text{Viscosidad cinemática} = \frac{z}{s} = 0.2191 t - \frac{149.7}{t}$$

Índice de Viscosidad: Constituido por una serie de números de 0 a 100 que indican la variación de la viscosidad en función a la temperatura. Un índice de viscosidad de 100 indica que ya no es posible (sin tratamiento de extracción por disolventes), aumentar más su viscosidad. Los aceites lubricantes de base parafínica tienen índices de viscosidad de 100 mientras que los de base nafténica tienen un índice de solo 40. Existe una relación entre el índice de viscosidad y la viscosidad Saybolt Universal la cual se ha estandarizado en tablas.

Coficiente de Viscosidad-Densidad: Es una constante que nos permite relacionar la densidad y la viscosidad. Tenemos:

$$\text{C.V.D.} = \frac{10 G - 1.0752 \log(V-38)}{10 - \log(V-38)}$$

Punto de anilina y Punto de humo:

Constituyen características que permiten identificar la presencia de hidrocarburos aromáticos. El punto de anilina es la temperatura requerida para producir la miscibilidad de una mezcla (50:50) de aceite y anilina pura. El punto de Humo I.P.T., mide la altura de la llama que puede ser mantenida sin humear cuando un combustible se quema en una lámpara standard.

DESTILACION PRIMARIA

La destilación primaria comprende una serie de operaciones que se realizan para separar las diferentes fracciones del petróleo y obtener productos comerciales. Para ello detallaremos cada una de las operaciones que se realizan en la refinería.

1. Filtrado

El crudo al llegar a la refinería, entra con muchas impurezas y arrastra todo tipo de partículas sólidas indeseables, por lo que debe utilizarse unos filtros a la entrada del crudo a la planta.

2. Desalinización

Es el proceso que se realiza para eliminar las sales que trae el crudo y deshacerse de los sulfatos que producen corrosión en las instalaciones y los equipos. Para ello el crudo pasa por un equipo desalinizador que por medio de electrodos crea un campo electrostático (500 a 650 volts) que separa las sales indeseables

3. Pre-calentamiento

El pre-calentamiento se hace para ganar calor y hacer más eficiente el proceso, para ello el crudo pasa por un tren de intercambiadores de calor antes de pasar al horno.

4. Calentamiento

En esta etapa el crudo pasa al horno y eleva su temperatura hasta 335°C que es el punto donde se vaporizan las gasolinas, el kerosene y el diesel. El propósito de esta operación es vaporizar la mezcla de hidrocarburos para poder introducirlos al destilador.

5. Fraccionamiento

El fraccionamiento es el proceso por el cual la mezcla de líquidos y vapores pueden separarse en componentes individuales por evaporación y condensación aprovechando la diferencia entre los puntos de ebullición de los componentes de la mezcla. Es necesario mencionar que se trata de una operación física, donde las moléculas de los hidrocarburos no sufren alteración química alguna. La torre de fraccionamiento es un destilador equipado con un conjunto de platos o bandejas en los cuales los vapores se van condensando gradualmente a medida que ascienden y son enfriados en la torre. Los platos a su vez proveen de líquido a unidades recolectoras ubicadas a cierta altura de la torre, separando el diesel, la gasolina pesada y el kerosene. En los toques se recolectan el gas y la gasolina liviana. En los fondos se recolectan las

partes más pesadas y que constituyen un líquido que se conoce como Crudo Reducido.

6. Condensación

Los vapores deben ser enfriados para luego condensarse, es decir llevarlos a la fase líquida y adecuarlos a las exigencias del mercado.

DESTILACION AL VACIO

La destilación al vacío es considerada como el complemento necesario para la destilación primaria, ya que aprovecha el crudo reducido de los fondos de la torre de destilación primaria para obtener productos sin tener que desintegrar las moléculas de los hidrocarburos. Para ello se debe hacer vacío en una torre especial, con el objeto de que las fracciones que se vaporicen hiervan a temperaturas moderadas. En la torre de destilación al vacío puede obtenerse una fracción de aceite oscuro y viscoso por los toques llamado gasóleo que es muy apropiado como carga a unidades de craqueo y otros procesos. Por los fondos se obtiene un producto de color negro y extremadamente viscoso que generalmente es utilizado como asfalto para la construcción de carreteras.

CRAQUEO CATALITICO

El craqueo catalítico es un proceso de refinación mediante el cual una carga cuya escala de ebullición se encuentra entre 95 y 200 °C correspondiente al gasóleo proveniente de la unidad de destilación al vacío se convierte (por medio de reacciones de deshidrogenación,

deshidroisomerización, deshidrociclización, isomerización e hidrocrqueo) en una fracción aromática de alto octanaje para mezclas de gasolina o en productos aromáticos puros. Para ello se recurre a un catalizador que puede ser de platino, paladio o platino-renio sobre alumina efectuándose las reacciones en atmósfera de hidrógeno a altas presiones.

El craqueo catalítico empieza con las olefinas, las cuales pueden recibir un átomo de una parafina y así convertirse en un ión carbonio (parafina deficiente en electrones de hidrógeno); convirtiendo la parafina en ión carbonio, el cual puede reaccionar craqueando la cadena β en los átomos de carbono deficientes en hidrógeno para formar una olefina más pequeña y otro ión carbonio o puede provocar una nueva isomerización o mutación de los enlaces olefínicos, produciendo al mismo tiempo una amplia transferencia de hidrógeno.

La carga de la unidad de craqueo catalítico de la refinería La Pampilla es el gasóleo proveniente de la destilación al vacío, el cual es sometido a altas temperaturas en un sistema Reactor-Regenerador.

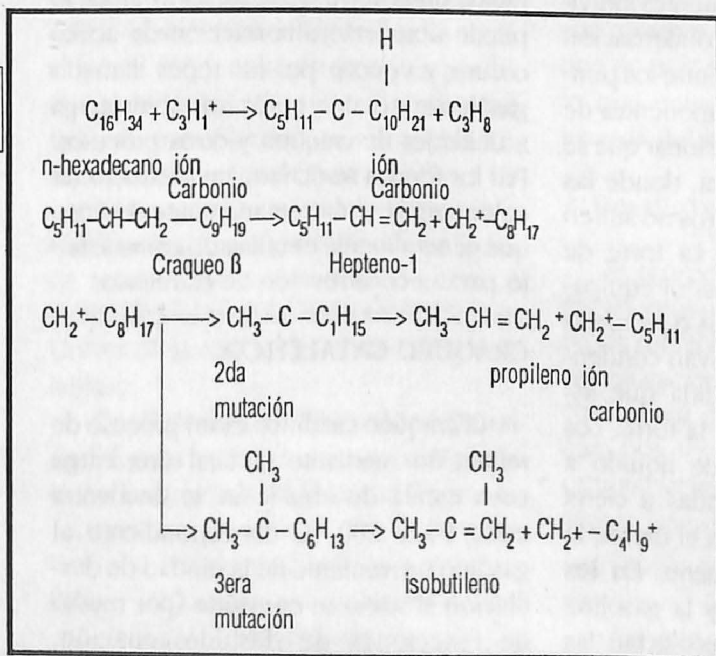
El catalizador en forma de polvo fino sale del regenerador a una temperatura de 650°C, llegando a vaporizar el gasóleo iniciándose la reacción de craqueo, la cual termina al llegar al reactor a la temperatura de 500°C. En el reactor se separan los hidrocarburos para dirigirse a un nuevo destilador que separa las fracciones obteniendo gas licuado, gasolina de alto octanaje, aceites combustibles y un residuo que sirve para fabricar negro de humo. Por otro lado luego de la reacción, el catalizador se recubre de carbón por lo cual pierde su actividad y por ello se le conduce al regenerador, el cual es una unidad que pone al catalizador en contacto con el aire produciendo una combustión parcial limpiando el catalizador y generando CO y CO₂ que es eliminado al ambiente. Luego el catalizador es recirculado volviendo a utilizarse.

tión parcial limpiando el catalizador y generando CO y CO₂ que es eliminado al ambiente. Luego el catalizador es recirculado volviendo a utilizarse.

PRODUCTOS DE REFINERIA

En general los productos de la refinería pueden clasificarse en:

- 1).- Productos volátiles
- 2).- Aceites ligeros
- 3).- Destilados
- 4).- Aceites lubricantes
- 5).- Grasas y parafinas



6).- Residuos

7).- Especialidades

Los productos más volátiles como el gas licuado de petróleo (GLP) y la gasolina natural son clasificados de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Presión de vapor
- Temperatura de evaporación del 90%

La presión de vapor de las gasolinas que produce Petroperú se acerca a las 10 lb/pul², con una temperatura de evaporación del 90% de 135°C y un porcentaje en peso de azufre del 0,02% y un 1% de contenido de gomas.

Las gasolinas que se manufacturan actualmente en la refinería La Pampilla de PETROPERU S.A. son las siguientes:

- Gasolina de 84 Octanos (Naranja)
- Gasolina de 90 Octanos (Ecológica)
- Gasolina de 95 Octanos (Rojo)

La gasolina es el subproducto más importante para la industria petrolera, ya que constituye el combustible por excelencia de los motores convencionales de hoy. Su manufactura hace que se pueda disponer en el mercado de gasolinas de alto octanaje y gran rendimiento en la combustión. Para la obtención de la gasolina se debe destilar el petróleo crudo, obteniendo por destilación primaria una gasolina virgen, la cual presenta serios inconvenientes por su bajo octanaje por lo que se recurre a procesarla vía destilación al vacío y por craqueo catalítico hasta convertirla en un componente de gran rendimiento y alto octanaje. Finalmente

se procede a darle un acabado final en la sección de Movimiento de Productos para darle las características exactas de número de octano, color, y otras que requiere el mercado.

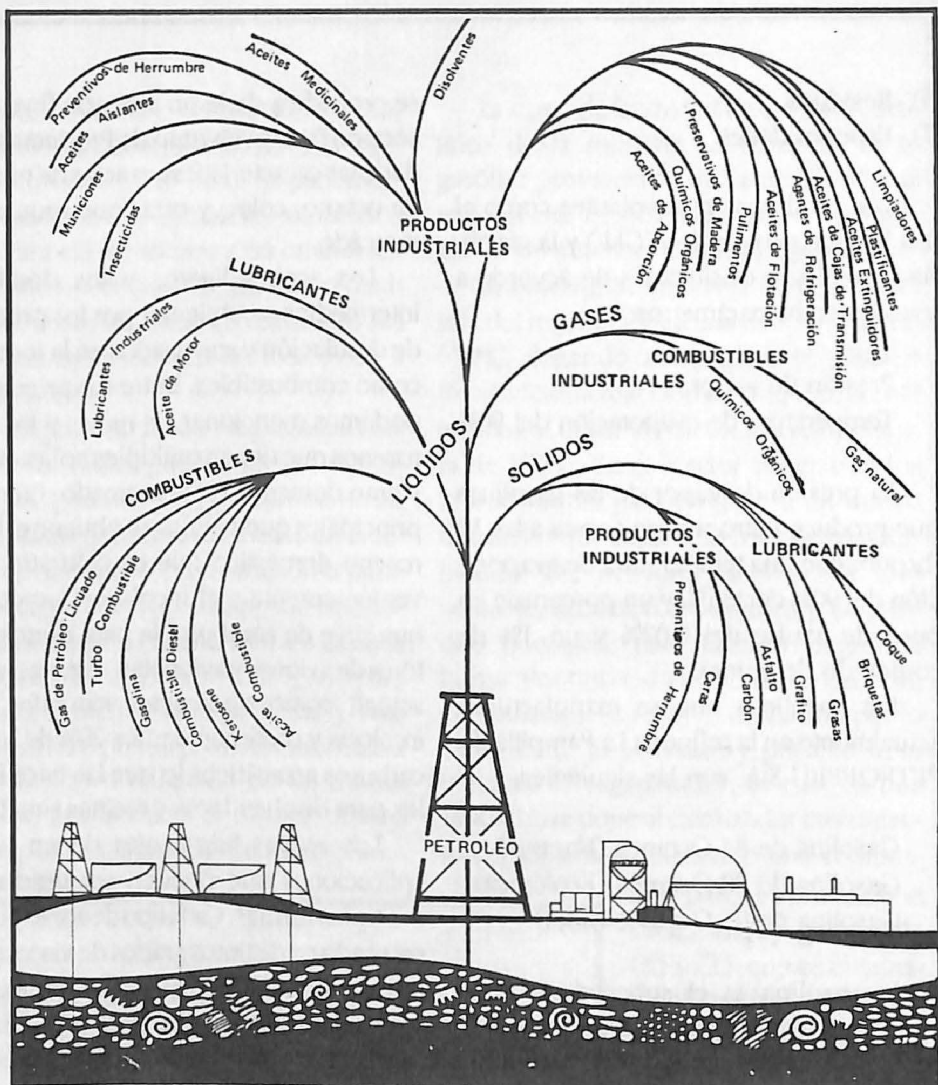
Los aceites ligeros y los destilados intermedios se obtienen por los procesos de destilación y son usados en la industria como combustibles. Entre los principales podemos mencionar las naftas y los querosenos que tienen múltiples aplicaciones y gran demanda en el mercado. Entre los principales querosenos se obtiene el Queroseno doméstico que es colorado convenientemente y el incoloro Queroturbo que sirve de combustible para ciertos motores de aviones y avionetas. Algunas naftas actúan como disolventes naturales, son incoloras y contienen de 15 a 20% de hidrocarburos aromáticos lo que las hace ideales para disolver lacas y resinas sintéticas.

Los aceites lubricantes tienen tantas aplicaciones que pueden ser usados en múltiples formas. Cada tipo de aceite puede ser usado en distintos grados de viscosidad. Los aceites de alto y medio índice de viscosidad son usados para motores de aviación y maquinarias. Los aceites de bajo índice de viscosidad son adecuados para la lubricación industrial y para algunos motores Diesel.

Bajo la designación de lubricantes encontramos a las grasas, las composiciones semi-sólidas y los aceites para engranajes. Podemos diferenciar tres tipos de lubricantes:

- Mezclas de aceite mineral y sólidos
- Mezclas de residuos, parafinas y grasas.
- Aceites espesados con jabón.

DERIVADOS DEL PETROLEO



Las parafinas o ceras parafínicas y el petrolato (microcristalina) contienen sustancias naturales o agregadas que impiden el desarrollo cristalino, con lo cual aumenta su flexibilidad y plasticidad. Con estos productos las fábricas pueden manufacturar ceras para pisos, tintas, aislantes y una multiplicidad de productos comerciales.

Los productos residuales del petróleo no alcanzan un alto precio en el mercado y se les considera como simples subpro-

ductos de la refinación. Algunos de ellos como el asfalto sirven para la construcción de carreteras y otros son insumos para elaborar pinturas, acrilatos y otros productos.

En la refinería se manufacturan además compuestos químicos como ácido sulfúrico y mercaptanos a partir de transformación de compuestos de azufre. Asimismo se manufactura por medio de lavado, algunos ácidos orgánicos de diferente aplicación. □

GRAFICO Nº 1: DIAGRAMA DE OPERACIONES PARA LA DESTILACION PRIMARIA

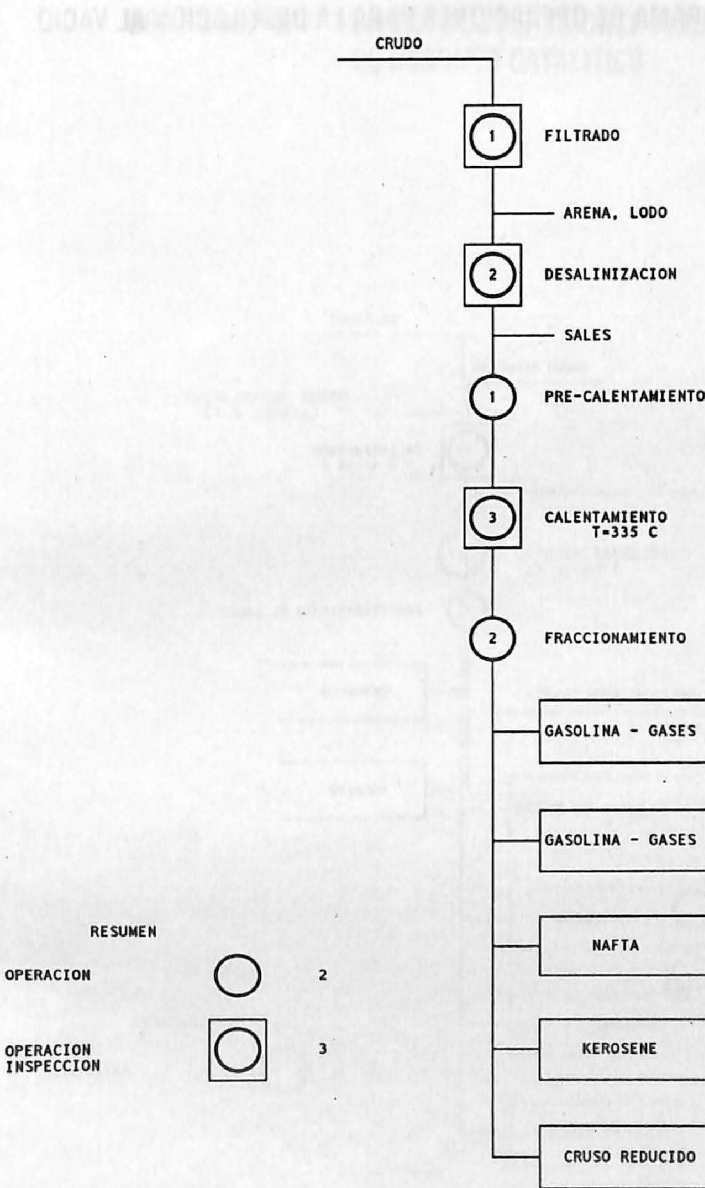
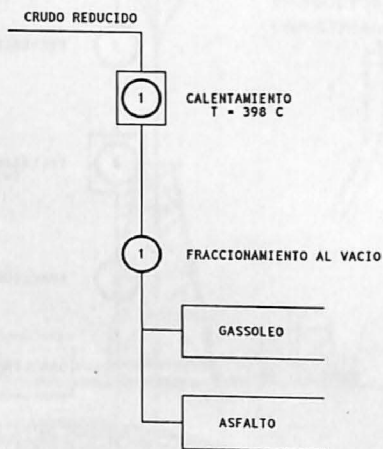


GRAFICO Nº 2: DIAGRAMA DE OPERACIONES PARA LA DESTILACION AL VACIO



RESUMEN

OPERACION	○	1
OPERACION INSPECCION	◻	1

GRAFICO Nº 3: DIAGRAMA DE OPERACIONES PARA EL PROCESO DE CRAQUEO CATALITICO

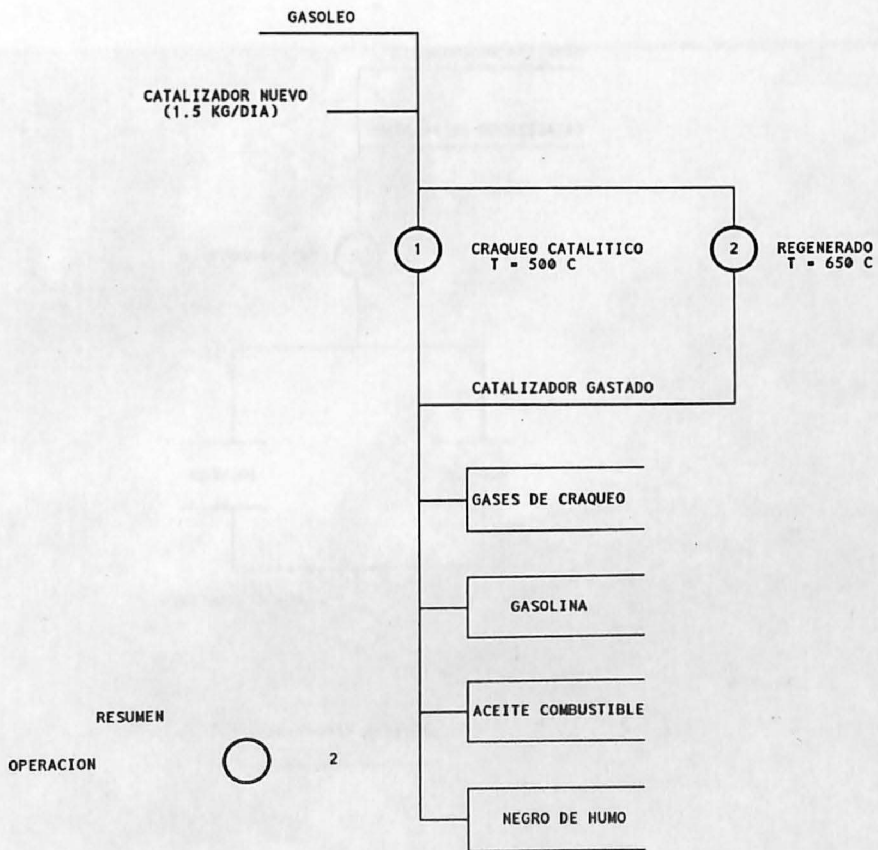


GRAFICO Nº 4: DIAGRAMA DE OPERACIONES PARA EL PROCESO DE REFORMACION CATALITICA

