

Procedimiento para evaluación de nuevos crudos

Mariano Paz

Esso SAPA

Dada la desregulación del mercado petrolero, se ha incrementado en forma apreciable la frecuencia de procesamiento de crudos importados y considerando la actual política de la compañía, se espera una aceleración en esta tendencia.

Por lo tanto resultó imprescindible desarrollar una herramienta de simulación que permitiera una buena y rápida evaluación del impacto potencial de la corrida de un nuevo crudo en aspectos tan diversos como por ejemplo: logística de la refinería, medio ambiente y efecto sobre los materiales (corrosión).

Para satisfacer esa necesidad hemos elaborado un procedimiento basado en un programa de simulación, que permite pronosticar si un nuevo crudo puede procesarse en la refinería y en caso afirmativo determinar en que porcentaje máximo. Adicionalmente proporciona las bases para su evaluación económica y logística.

El programa utilizado accede a una gran base de datos de EXXON (con toda la información disponible acerca del crudo) y a través de simulaciones adaptadas a las características típicas de nuestras operaciones de fraccionamiento primario y craqueo catalítico, permite estimar los rendimientos y la calidad de los distintos productos.

Comparando los resultados de las simulaciones con las limitaciones actuales de las unidades de proceso (caudales máximos y calidades objetivo), estamos en condiciones de predecir si el crudo analizado es potencialmente procesable en nuestra refinería y cual sería el rendimiento económico esperado.

Este procedimiento ha sido utilizado en reiteradas oportunidades, encontrándose una buena correspondencia entre lo pronosticado y lo efectivamente observado.

INTRODUCCION

En el pasado, nuestra refinería ha procesado casi exclusivamente crudos nacionales (básicamente: Escalante, Cañadón Seco y Medanitos). Por lo tanto, los rendimientos marginales de estos crudos y la calidad de los productos obtenibles a partir de los mismos son bien conocidos.

Sin embargo, la desregulación del mercado petrolero trajo aparejado grandes oportunidades de procesar crudos de otras latitudes con distintas características (densidad API, contenido de azufre, etc.).

Por otro lado es sabido que el "precio" de un crudo depende fuertemente de cada refinería. Así por ejemplo, los rendimientos marginales de productos y la calidad de los cortes, pueden hacer que el procesamiento de un mismo crudo sea económicamente rentable o no, dependiendo de la logística de diferentes refinerías. O bien cambios en el mercado pueden hacer variar la decisión aún para la misma compañía.

Esta coyuntura ha generado la imperiosa necesidad de desarrollar una herramienta que

permita pronosticar rápidamente la factibilidad y conveniencia de la compra de nuevos crudos disponibles en el mercado internacional.

El proceso de evaluación debe cubrir necesariamente diversos aspectos del proceso de refinación, por lo que involucrará el trabajo conjunto de distintos sectores de la compañía como: Compras, Ing. de Proceso, Inspección de equipos, Higiene y control ambiental y Planeamiento entre otros.

Asimismo dada la importancia estratégica de la unidad de Craqueo Catalítico (FCCU), hemos puesto especial énfasis en la calidad del corte gas oil virgen pesado (EGO) y su análisis como la alimentación a dicha unidad.

Queda claro entonces, que del resultado de esta evaluación depende grandemente el rédito económico de la compra de un determinado crudo. Por el contrario una mala decisión puede llevar a serios problemas en aspectos tan importantes como la integridad de las operaciones y el impacto sobre el medio ambiente.

DESARROLLO

El procedimiento desarrollado para la evaluación de nuevos crudos consta de las siguientes etapas:

- 1- Selección de disponibilidad y oportunidad.
- 2- Análisis de rendimientos y limitaciones de proceso, corrosión y control ambiental
- 3- Evaluación logística y económica.
- 4- Post-evaluación.

Pasemos a tratar en detalle cada una de ellas:

1- Selección de disponibilidad y oportunidad:

El departamento de Suplido en base a un primer chequeo de variables críticas (contenido de Azufre, pour point y densidad API del crudo) define una primera lista preliminar de crudos "potencialmente adquiribles".

Esta primer etapa constituye un primer tamizado sobre el universo de crudos disponibles en el mercado internacional, para desechar aquellos que tienen características tales que resultan imposibles de procesar en nuestra refinería.

2- Análisis de rendimientos y limitaciones de proceso, corrosión y control ambiental:

Sobre esta lista de crudos preliminar comienza la evaluación técnica propiamente dicha, la que incluye los siguientes pasos:

2.a) Obtención de información sobre el crudo a evaluar:

EXXON posee una muy completa base de datos que incluye una gran cantidad de información actualizada de los crudos (crude assay - Ref [1]) disponibles en el mercado mundial.

Dicha base resume además, las experiencias más importante recogidas por otras afiliadas en el procesamiento de cada uno de los crudos.

En el caso en que el crude assay del crudo considerado no disponga de toda la información necesaria para las simulaciones, se solicita una muestra del mismo para realizar los análisis faltantes en nuestro laboratorio.

2.b) Estimación de rendimientos y calidad. Simulación del fraccionamiento del crudo en

las etapas de destilación:

Una vez obtenida toda la información necesaria del crudo, se llega al al núcleo del problema.

Para resolverlo se ha confeccionado un algoritmo de simulación basado en el programa "Refine" (propiedad de EXXON - Ref [2]).

Con dicho programa hemos simulado nuestras unidades de destilación primaria atmosférica (APS) y al vacío (VPS), definiendo los productos de las destilaciones (los que se muestran en la figura 1).

Dados los rangos de destilación de los cortes y el grado de solapamiento entre ellos basado en nuestra experiencia, este programa permite estimar los rendimientos porcentuales y la calidad de cada uno de los productos. (En la tabla I, se da un listado de las propiedades críticas que están bajo control)

El algoritmo desarrollado fue probado previamente para los crudos nacionales demostrando una buena correlación con los rendimientos obtenidos en planta.

Así definida una mezcla típica de crudos ("caso base"), hemos pronosticado los rendimientos y la calidad de todos los cortes de destilación.. (En la figura 2, se muestran los rendimientos volumétricos para el crudo "base").

De manera análoga se corre el mismo programa adaptando la información de entrada para el crudo a evaluar, pudiendo obtenerse los rendimientos y la calidad de cada uno de los cortes para dicho crudo (En la figura 3 se muestran los resultados particulares para el crudo HYDRA).

Ahora para determinar si el crudo analizado es "procesable" en Campana, hemos desarrollado un algoritmo de cálculo que basado en los:

- Caudales máximos manejables de cada uno de los cortes (por distintas limitaciones como por ejemplo: capacidad de bombeo, enfriamiento y/o almacenamiento).
- Límites de calidad (ya sea para el caso de los cortes que alimentarán a unidades de conversión (p.e.: EGO) o los que sean productos terminados (p.e.:JET FUEL).

definirá cuales son las VARIABLES LIMITANTES.

En este punto, el problema se reduce a determinar en que medida debe diluirse este crudo con la mezcla "base", para alcanzar los objetivos de calidad y caudal de productos objetivos.

Para ello el programa plantea contribuciones lineales para cada una de las propiedades de los cortes, y efectúa un producto matricial (como se muestra en la tabla II), resolviendo luego el sistema de inequaciones lineales resultante.

Queda determinada así la VARIABLE CRITICA (limitación más restrictiva, bien por calidad, bien por volumen de producción), la que define por dilución con el CASO BASE, el **máximo porcentaje en que puede correrse el crudo evaluado.**

2.c) Análisis del EGO Virgen como alimentación al FCCU:

El resultado del análisis de las unidades de destilación arroja una buena caracterización del EGO virgen.

Conocido el rendimiento porcentual de EGO y su calidad, se realiza una segunda simulación del REFINE (versión dedicada al FCCU - Ref [3]), para estimar :

- La factibilidad de poder alimentar esta corriente al FCCU (basada en el nivel de contaminantes admisibles por el catalizador).
- Los rendimientos de los productos del FCCU
- La conversión y la ganancia volumétrica esperada. (En la tabla III se dan las características más importantes evaluadas para el caso del FCCU.)

Definiendo de esta manera, el nivel máximo admisible de corrida del crudo desde el punto

de vista del FCCU (en el caso en que esta unidad limite aún más el porcentaje definido en 2.b).

Completada esta etapa se ha definido el porcentaje de corrida máximo admisible por razones de proceso y los rendimientos esperados de los productos del APS, VPS y FCCU.

2.d) Evaluación de los impactos por corrosión:

Una vez definido el máximo porcentaje en que puede ser procesado por cuestiones de proceso, el sector de Inspección de equipos, evaluará el crudo desde el punto de vista del impacto sobre los materiales. Básicamente el análisis se basa en el contenido de azufre de la mezcla resultante, el análisis del tipo de compuestos de azufre (reactivos/no reactivos) y el contenido de ácidos nafténicos en los cortes pesados.

En caso de no ser aceptado el nivel de corrida propuesto en el ítem 2.c, el sector Inspección de Equipos definirá un nuevo nivel de corrida máximo.

2.4 Análisis de los impactos sobre el medio ambiente:

El sector de Higiene y Control Ambiental, analizará básicamente el impacto del crudo a procesar sobre los efluentes líquidos y gaseosos, poniendo especial énfasis en las emisiones gaseosas de óxidos de Azufre y Nitrógeno.

Nuevamente se determinará si es aceptable el porcentaje de corrida definido en el ítem anterior, caso contrario se fijará un nuevo límite.

3 Evaluación logística/económica:

Definido el porcentaje máximo aceptable de corrida, el sector Coordinación y Planeamiento, decidirá si el crudo es potencialmente procesable en esas condiciones. Para ello tiene en cuenta:

- Ganancia neta de acuerdo a los rendimientos esperados en (APS, VPS y FCCU)
- Compatibilidad entre el porcentaje de corrida fijado y la capacidad de bombeo y almacenamiento disponible.

En resumen basado en estas últimas consideraciones se define en forma concluyente, si el crudo analizado es **POTENCIALMENTE PROCESABLE EN CAMPANA**.

4. Post-evaluación:

Luego de la corrida de cualquiera de los crudos analizados se realiza una post-evaluación, calculando los rendimientos marginales obtenidos y comparándolos con los pronosticados. En la figuras 4, se muestra esta comparación para el caso del crudo Saharan Blend procesado recientemente. Las diferencias son pequeñas teniendo en cuenta la imprecisión natural en el cierre de los balances de materia.

En base a esta información se realiza una reevaluación económica para decidir futuras compras de estos crudos.

CONCLUSIONES

Siguiendo el procedimiento descrito se han evaluado en estos dos últimos años, más de 30 potenciales crudos (la mayoría de ellos importados). Esta información ha servido al sector Suplido para fijar prioridades de compra teniendo en cuenta la relación costo/rendimiento económico esperado.

Vale aclarar que, en los últimos 2 años se han procesado en Campana no menos de 5 crudos preevaluados de esta forma, encontrándose en todos los casos una satisfactoria correla-

ción entre lo pronosticado y lo efectivamente observado en planta, por lo que este procedimiento se ha constituido en una poderosa herramienta para optimizar la compra de crudos y consecuentemente maximizar las ganancias de la Compañía.

BIBLIOGRAFÍA:

- 1. Crude assay summary book (EXXON)
- 2. Refine Pipe still. Users Manual
- 3. Refine Catalytic Cracking. Users Manual
- 4. "Revised correlations for predicting initial and final boiling points of true boiling points and atmospheric ASTM distillations". (EXXON Engineering Technical Report)

Tabla I. Propiedades controladas de los cortes de destilación primaria

CRUDO EN GENERAL:
. Pour point mínimo
. % Azufre máximo
. % Nitrogeno máximo
NAFTA VIRGEN:
. % Azufre máximo
JET FUEL:
. % Azufre máximo
. % Mercaptanos máximo
. Freezing point máximo
GAS OIL:
. % Azufre máximo
. Pour point máximo
EGO:
. % Azufre máximo
. Carbon Conradson máximo
. Contenido de metales máximo (ppm Ni equivalente)
PITCH:
. % Azufre máximo
. % Nitrogeno máximo

Tabla II: Ecuaciones para determinar el porcentaje máximo de corrida.

Planteando las condiciones límites de caudal y calidad respectivamente para todos los cortes, se llega al siguiente sistema de inecuaciones lineales:

$$F_c * C_e * R_e + (1 - F_c) * C_b * R_b < L_c \quad (1)$$

$$F_q * R_e + (1 - F_q) * R_b < L_q \quad (2)$$

$$\text{Si } F_q > F_c, \text{ entonces } F = F_c, \text{ sino } F = F_q \quad (3)$$

Por lo tanto resuelto el sistema (1), (2), (3); estamos en condiciones de determinar la **fracción máxima del crudo que puede procesarse (F)**.

Siendo:

N: Número de calidades analizadas en los cortes (Ver tabla I) (Total: 11)

M: Número de cortes (Nafta, Jet fuel, Gas oil, EGO, Pitch) (Total: 5)

Fq: Fracción máxima que puede procesarse por razones de caudales de los cortes.

Fc: Idem por calidad

F: Fracción máxima absoluta del crudo analizado (para la variable crítica)

Lq (MX1): Vector con los valores de caudales máximos de cada corte

Lc (NX1): Vector de limitaciones de calidad

Re (MX1): Vector de rendimientos para el crudo evaluado

Rb (MX1): Idem para el "crudo base"

Ce (NXM): Matriz de calidad para el crudo a evaluar

Cb (NXM): Idem "crudo base"

Tabla III: Características del FCCU evaluadas con el Refine a partir del EGO

1) Rendimientos volúmetricos:

- Fuel Gas
- LPG (Liquid petroleum gas)
- Nafta catalítica
- Diesel oil
- Slurry (Bottoms)
- Carbón

2) Ganancia volumétrica

3) H2S líquido en el LPG

4) Distribución propano/propílenos.

5) Conversión a 430 F.

6) MON (Octanaje) de la nafta

7) CCR.

8) N2 básico.

9) Contenido de NI equivalente.

10) Regulación del compresor.

Nota: Todas estas propiedades se calculan para idénticas condiciones de operación que las del caso base. Analizando luego las diferencias relativas

FIGURA 1: Diagrama de flujo de las unidades de destilación primaria.

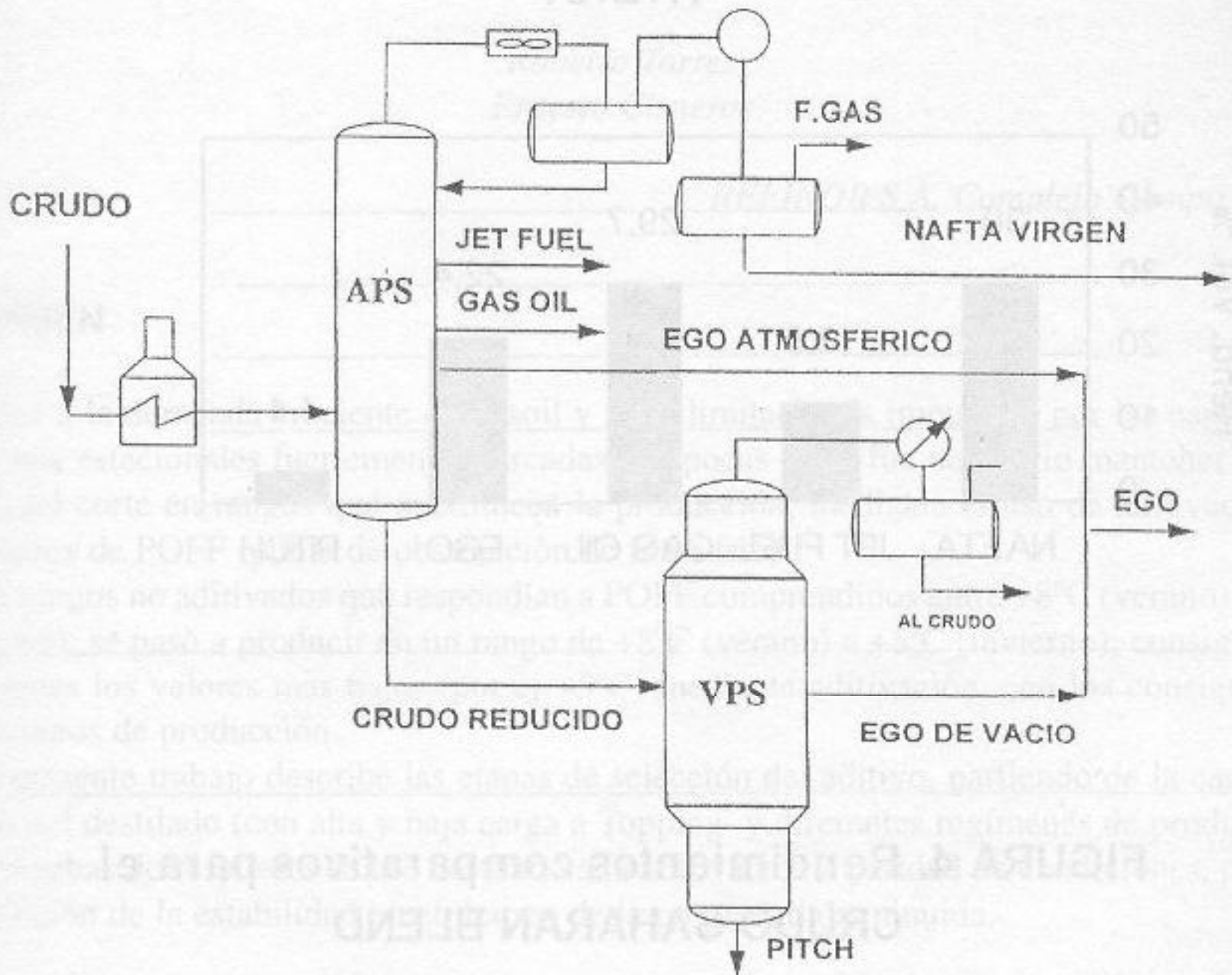


FIGURA 2. Rendimientos para el CRUDO "BASE"

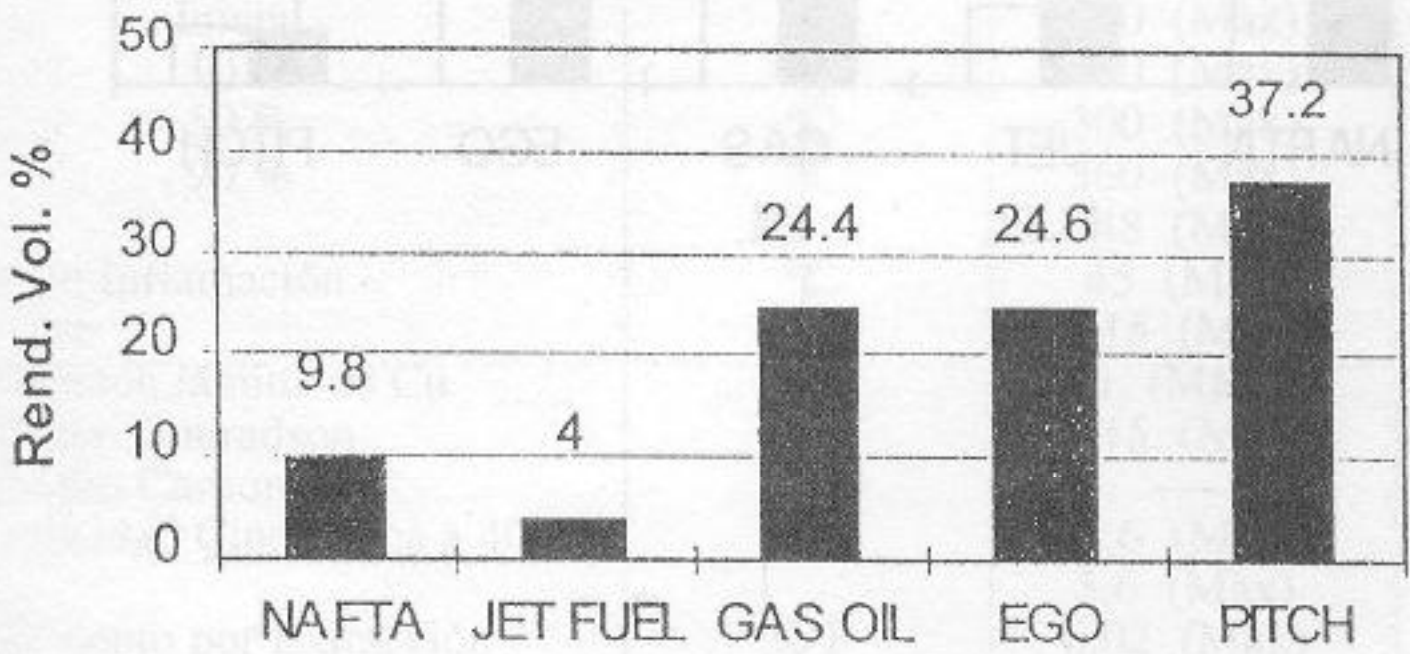


FIGURA 3. Rendimientos para el CRUDO HYDRA

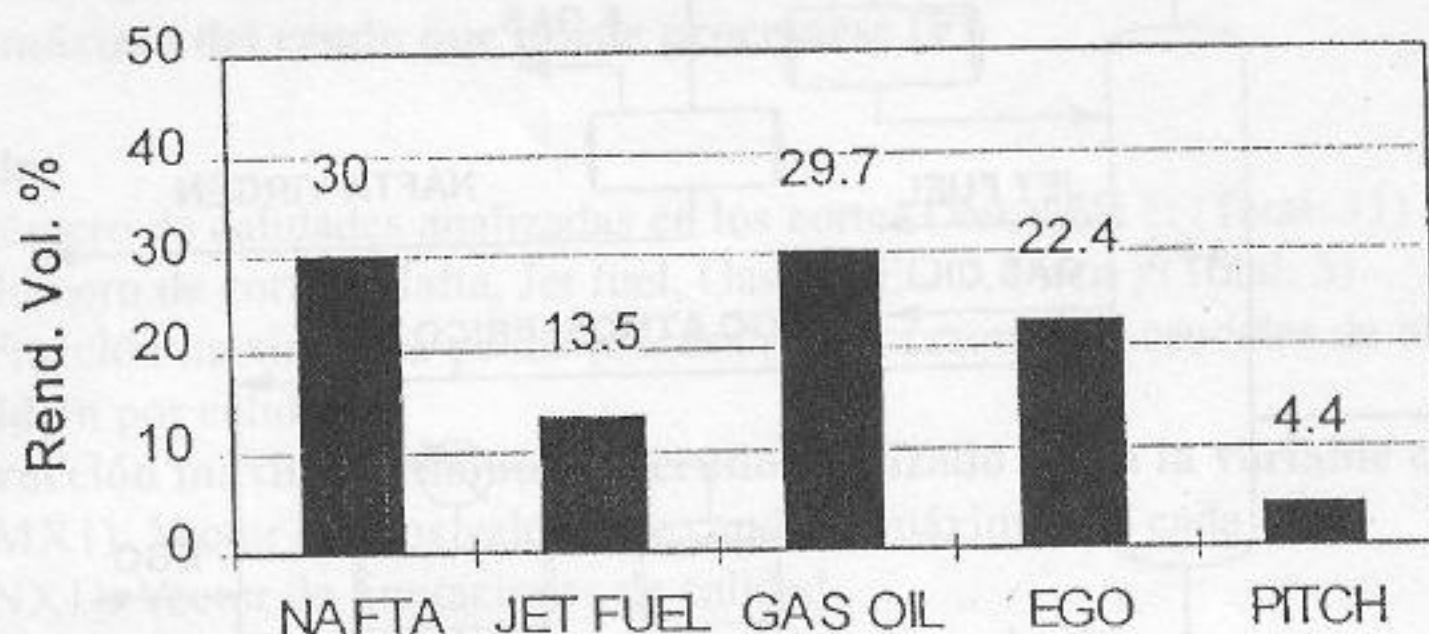


FIGURA 4. Rendimientos comparativos para el CRUDO SAHARAN BLEND

