

Factibilidad Técnico-Económica para el aprovechamiento de la corriente de salida del Intercambiador E1114 de la unidad U1110 de Tratamiento Nafténico como producto terminado en el mercado de bases lubricantes producidos en el departamento de Parafinas y Fenol de la Gerencia Refinería Barrancabermeja.

Wilber Alexander Carmona Pineda

Director

Luis Javier Lopez

Ph.D. Ingeniero Química

Codirector

Giovanny Morales

PhD. Ingeniero Química

Universidad Industrial de Santander

Facultad de ingenierías Fisicoquímicas

Escuela de Ingeniería Química

Ingeniería de Procesos de Refinación y Petroquímicos

Bucaramanga

2022

Dedicatoria

Un ganador es un soñador que nunca se rinde para conseguir sus sueños"

Martin Luther King

Estas cortas pero grandes palabras del Martin Luther King me guiaron en mi camino para siempre ser fiel a mis propósitos, pese a que existan contratiempos, desafíos o impedimentos en el camino, a ser resiliente y jamás desistir...

Hoy quiero dar las gracias a Ecopetrol, mi empresa, por darme la oportunidad de ir más allá de lo que imaginé hace más de 30 años y me siento feliz de haberle dedicado la mayor parte de mi vida.

Gracias a todos mis profesores por su dedicación y paciencia, a mis compañeros por su apoyo incondicional,

A mi esposa por darme la fortaleza y enseñarme a ser perseverante,

A mis hijos y nietos gracia por estar en mi vida y siempre creer en mí.

Tabla de contenido

Introducción	10
1. Objetivos	12
1.1 Objetivos General	12
1.2 Objetivos Específicos	12
2. Marco teórico	13
2.1 Proceso petroquímico en la planta de parafinas	13
2.2 Producción de bases parafínicas en la GRB	15
2.3 Clasificación de las bases lubricantes	16
3. Metodología	21
3.1 Determinación de las propiedades físicas y químicas de la corriente de salida del Intercambiador E1114 de la unidad U1110 de Tratamiento Nafténico	21
3.2 Evaluación técnica de los parámetros de operación	21
3.3 Implementación del control de cambios de operación para entrega de producto comercial	23
3.4 Realización de la evaluación económica del proceso de comercialización de base parafínica ultraliviana	24
4. Resultados	25
4.1 Análisis del historial de los datos de especificaciones de planta U1100 con operación actual	25
4.2 Simulación del Proceso en el Programa PRO II®	30
4.3 Evaluación del % de azufre y el IV variando la temperatura de operación de la reacción WABT mediante la simulación en PRO II	36

4.4 Diseño del plan de calidad en planta para producción de base parafínica liviana	38
5. Conclusiones	41
Referencias	42
Apéndices	44

Lista de figuras

Figura 1. <i>Esquema del proceso de producción de bases parafínicas de ECOPETROL</i>	15
Figura 2. <i>Rangos de variación experimental observados en planta de las composiciones de azufre en ppm</i>	25
Figura 3. <i>Rangos de variación experimental observados en planta de los valores de densidad (kg/m³)</i>	26
Figura 4. <i>Rangos de variación experimental observados en planta de los valores de Índice de Cetano (N/A)</i>	26
Figura 5. <i>Rangos de variación experimental observados en planta de la gravedad API (Grados API)</i>	27
Figura 6. <i>Rangos de variación experimental observados en planta de los valores de Índice de Viscosidad (N/A)</i>	27
Figura 7. <i>Intervalo de confianza calculado para el porcentaje de S en ppm, usado para validar la predicción de la simulación a la salida del Intercambiador E1114 de la unidad U1110 de Tratamiento Nafténico.</i>	34
Figura 8. <i>Porcentaje de error calculado para validación de la simulación en la salida del Intercambiador E1114 de la de la unidad U1110 de Tratamiento Nafténico.</i>	35
Figuras 9. <i>Perfiles de composición de azufre presentes en la corriente de salida del E1114 en función de la temperatura (°F).</i>	36
Figuras 10. <i>Perfiles de IV determinados experimentalmente para la corriente de salida del E1114 en función de la temperatura (°F).</i>	37

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Clasificación del American Petroleum Institute (API) de Bases Lubricantes</i>	17
Tabla 2. <i>Métodos analíticos ASTM para determinar especificaciones físicas de Bases lubricantes según API 1509</i>	18
Tabla 3. <i>Estadísticos descriptivos de las propiedades % Azufre e Índice de Viscosidad.</i>	28
Tabla 4. <i>Especificación Técnica del Catálogo de Productos de Ecopetrol S.A. Base Parafínica Liviana</i>	29
Tabla 5. <i>Herramientas económicas evaluadas en la factibilidad económica de la producción de base parafínica liviana.</i>	39

Lista de apéndices

Apéndice A. Manual de descripción de procesos de la unidad de tratamientos con hidrógeno.	45
Apéndice B. Datos históricos de variables de la corriente de salida del e1114 (01/01/21 a 31/12/21).	46
Apéndice C. Simulación de la U1100 en PRO II.	93
Apéndice D. Especificación del control de cambios para producción de Base Parafínica Liviana. Ecopetrol, 2022	94
Apéndice E. Análisis de factibilidad para control de cambios de la U1100	122
Apéndice F. Resultados de la simulación del proceso de producción de base parafínica liviana.	124

Resumen

TITULO: Factibilidad técnico-económica para el aprovechamiento de la corriente de salida del intercambiador e1114 de la unidad u1110 de tratamiento nafténico como producto terminado en el mercado de bases lubricantes producidos en el departamento de parafinas y fenol de la gerencia refinería Barrancabermeja.*

AUTOR: Wilber Alexander Carmona Pineda**

PALABRAS CLAVES: Hidrotratamiento, HDA, Torre Despojadora al Vacío, Intercambiador E-1114

Este trabajo de investigación realiza un estudio técnico-económico para el aprovechamiento de la corriente liviana de bajo azufre de salida del intercambiador E1114 de la unidad U1110 de tratamiento nafténico, como producto terminado en el mercado de bases lubricantes producidas en el departamento de Parafinas y Fenol de la GRB. Inicialmente se determinan las propiedades físicas y químicas de la corriente de salida del intercambiador E1114 de la unidad U1110 de tratamiento nafténico, mediante el análisis de históricos, determinando los rangos de variabilidad y la aplicabilidad de la corriente como base lubricante. Se realiza una simulación del proceso de producción de base parafínica con el software especializado PROII/10.2®. Luego se evalúa el efecto del cambio de la temperatura de promedio ponderado del Lecho (Weight Average Bed Temperatura) WABT en relación con el contenido de azufre, principalmente de la concentración de S de la corriente de salida del Intercambiador E1114. Se determina un rango de temperaturas de operación. Seguidamente, se desarrolla el control de cambios de operación en planta industrial, teniendo en cuenta el rango de temperaturas calculado y la caracterización fisicoquímica en laboratorio del IV, %p azufre y %p saturados. Finalmente, se determina la factibilidad económica de la puesta en marcha de la producción de base parafínica ultraliviana como producto terminado, mediante la herramienta Evaproyect, teniendo en cuenta los costos de operación actuales y los requeridos para la transición operacional, la TIR, el VPN, la relación costo/beneficio con proyecciones a 3 años, y con migración de los datos desde SAP.

* Trabajo de grado.

** Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director PhD. Luis Javier Lopez.

Abstract

TITLE: Technical-economic feasibility for the use of the output current of the e1114 exchanger of the u1110 naphthenic treatment unit as a finished product in the market of lubricant bases produced in the paraffin and phenol department of the Barrancabermeja refinery management.*

AUTHOR: Wilber Alexander Carmona Pineda **

KEY WORDS: Hydrotreatment, Hda, Vacuum Stripping Tower, Exchanger E-1114

This research work carries out a technical-economic study for the use of the light current of low sulfur output from the exchanger E1114 of the naphthenic treatment unit U1110, as a finished product in the market of lubricant bases produced in the Department of Paraffins and Phenol. of the GRB. Initially, the physical and chemical properties of the outlet current of the exchanger E1114 of the naphthenic treatment unit U1110 are determined, through the analysis of historical data, determining the ranges of variability and the applicability of the current as a lubricant base. A simulation of the paraffin base production process is carried out with the specialized software PROII/10.2®. Then, the effect of the change in the weighted average bed temperature (WABT) in relation to the sulfur content, mainly the S concentration of the outlet stream of the E1114 Exchanger, is evaluated. A range of operating temperatures is determined. Next, the control of changes of operation in the industrial plant is developed, considering the calculated temperature range and the physicochemical characterization in the laboratory of the IV, %p sulfur and %p saturated. Finally, the economic feasibility of starting up the production of ultralight paraffin base as a finished product is determined, using the Evaproject tool, considering the current operating costs and those required for the operational transition, the IRR, the NPV, the cost/benefit ratio with 3-year projections, and with data migration from SAP.

* Degree work.

** Faculty of Physicochemical Engineering. School of Chemical Engineering. Director Ph.D. Luis Javier Lopez

Introducción

Las bases lubricantes son esenciales para la producción de aceites lubricantes usados para el mantenimiento y lubricación de máquinas industriales. Por esto, las bases lubricantes son uno de los componentes más valorados en la destilación del crudo, con un valor de casi \$ 60 dólares por encima del valor comercial del diésel.

Según Emerson Salazar consultor de mercadeo de lubricantes industriales de Exxon Mobil Colombia, el consumo para los próximos años está asociado con el comportamiento de los diferentes sectores de la economía, como la minería, la industria automotriz y la manufactura en general; sin embargo, se cree que continuará creciendo como hasta ahora (Serna, 2017).

Ecopetrol, en el complejo Gerencia Refinería Barrancabermeja, GRB, elabora diferentes tipos de productos requeridos por el mercado nacional en sus diferentes plantas de proceso. El área de refinación produce principalmente gasolinas y destilados; mientras que el área de petroquímica manufactura productos tales como: bases lubricantes, parafinas, aromáticos y polietilenos. En el área de *cracking* se cargan gasóleos principalmente para producir GLP y nafta, por medio del rompimiento de moléculas de hidrocarburos grandes (Ecopetrol, 2010).

Actualmente, la unidad de hidrodesaromatización (U-1110 HDA) en el Departamento de parafinas y fenol de la GRB, produce bases lubricantes parafínicas y nafténicas. En la U-1110 se generan dos corrientes valiosas que pueden ser capitalizadas como productos terminados, pese a sus composiciones, índice de cetano y porcentajes de azufre (<10 PPM de azufre). La primera corriente de base lubricante sale por el fondo de la ST-1111B, mientras que la segunda corriente sale por uno de los platos (plato 12, tal como se observa en el anexo 1), designado como “batea” de la ST-1111A. Esta última, que es una corriente ultraliviana es enviada al *pool* de *blending* de

ACPM, para ser utilizada como corrector de cetano cuando su porcentaje de azufre es muy bajo; sin embargo, al ser una corriente de mínima cantidad, debe ser completada con ACPM importado que se usa como corrector en el *blending*. Esta corriente ultraliviana es apreciada en la industria como aditivo para la mejora en el desempeño de los vehículos diésel y puede ser capitalizada con un mayor valor agregado como una base lubricante liviana (en lugar de corrector en el *blending*). Además, la corriente ultraliviana presenta excelentes propiedades tales como bajo contenido de azufre y un IV muy cercano al necesario para ser vendida por Ecopetrol en su portafolio de productos como una base lubricante ya terminada, lo que le generaría a la empresa una ganancia de aproximadamente \$ 13 MUS/mes por encima, cuando se compara con el precio actual en su uso como corrector en el *blending* del ACPM.

Con lo anterior, el presente documento expone los principales resultados de un análisis de factibilidad técnico-económica del aprovechamiento de la corriente liviana de la U-1110 HDA como base parafínica tipo II.

1. Objetivos

1.1 Objetivos General

Desarrollar un estudio de factibilidad técnico-económica para el aprovechamiento de la corriente liviana de bajo azufre de salida del intercambiador E1114 de la unidad U1110 de tratamiento nafténico, como producto terminado en el mercado de bases lubricantes producidas en el departamento de Parafinas y Fenol de la GRB.

1.2 Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades físicas y químicas de la corriente de salida del intercambiador E1114 de la unidad U1110 de tratamiento nafténico, mediante el análisis de los históricos de estas propiedades, determinando los rangos de variabilidad y la aplicabilidad de la corriente como base lubricante.

- Definir una estrategia de aprovechamiento del producto, mediante una simulación del proceso, evaluando las propiedades de la corriente liviana de salida del Intercambiador E1114 de la unidad U1110.

- Desarrollar un análisis económico de la estrategia de aprovechamiento propuesta, determinando los indicadores económicos y la viabilidad del proceso.

2. Marco teórico

2.1 Proceso petroquímico en la planta de parafinas

Ecopetrol, GRB, en la refinería de Barrancabermeja posee 42 plantas de proceso, cinco de estas son las encargadas de recibir el crudo y de realizar el proceso de destilación para la obtención de los derivados primarios del crudo pesado. Adicionalmente, cuenta con las plantas de procesos petroquímicos: etileno I, etileno II, polietileno I, polietileno II, aromáticos y la planta de parafinas en la cual se centrará el presente trabajo de investigación.

La planta de parafinas de la GRB fue puesta en operación en el año 1963. Para 1967 la firma McKee-CTIP inició la construcción de las plantas de MEC y tratamientos con hidrógeno como parte de la creación de siete nuevas unidades de proceso y un área de almacenamiento de productos, a este esquema se adiciona la Planta de Fenol construida en 1966 (ECOPETROL, 2016).

En 1990 se adoptó una tecnología de EXXON con la que se cambió el sistema de control neumático a control distribuido, aumentando la producción de bases lubricantes. Sin embargo, debido a la escasez de crudos parafínicos, en 1996, se modificó el sistema logístico haciendo primero extracción con fenol y luego desparafinado con metil-etil-cetona (MEC o MEK por sus siglas en inglés). Este modelo permitió aumentar el rendimiento de las bases y ceras mejorando la filtración y estabilizando la unidad (ECOPETROL, 2016).

El Departamento de Parafinas y Fenol se encarga de producir las Bases Lubricantes (Liviana, Media y Bright Stock) y las Parafinas o Ceras (Liviana, Media y Microcristalina) para el

mercado nacional y exportar a otros países. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, esta producción solo satisface un porcentaje muy bajo de la demanda total requerida en el país.

La Planta de Parafinas cuenta con 7 unidades de producción, las cuales se encargan de separar la cera y el aceite contenido en los destilados parafínicos, y entregarlo a los clientes finales con una alta calidad (ECOPETROL, 2016).

Dentro de los procesos de la planta de parafinas están (ECOPETROL, 2016):

1. Generación de hidrógeno: En el que se genera hidrógeno para tratar bases lubricantes y gas carbónico (CO_2) usado para el proceso de separación de la cera y el aceite en filtros rotatorios de vacío.

2. Tratamientos con hidrógeno: en la cual se hidrogenan los productos haciéndolos más estables a la oxidación.

3. Extracción con fenol: es un proceso de extracción líquido-líquido donde se retiran los compuestos aromáticos a las bases parafínicas, garantizando así un índice de viscosidad acorde con las necesidades del mercado.

4. Desasfaltado con propano: A través del contacto del propano con los fondos de vacío parafínicos, en un proceso de extracción líquido-líquido, se retira el asfalto a la carga para la obtención de la cera microcristalina y la base parafínica Bright Stock.

5. Enfriamiento y cristalización. Proceso en el cual se forman los cristales de parafinas usando el propileno como medio de enfriamiento y como facilitador del proceso de filtración de una mezcla de MEK y tolueno.

6. Filtración: En esta etapa se lleva a cabo la separación del aceite lubricante y la parafina.

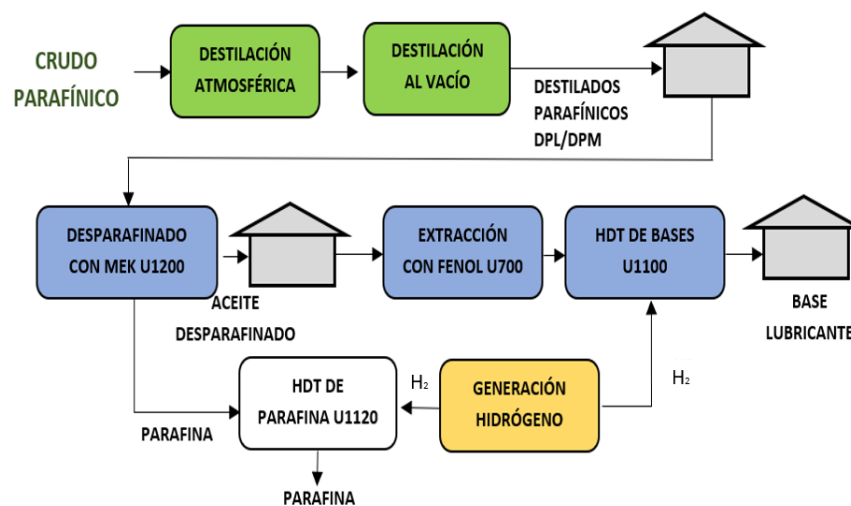
7. Recuperación de solvente. En el cual se recupera el solvente inyectado que favorece la separación de los productos, para esto se tiene un sistema de calentamiento con aceite liviano de ciclo.

2.2 Producción de bases parafínicas en la GRB

Para la producción de bases parafínicas, la GRB cuenta con el esquema de procesamiento que se muestra en la figura 1.

Figura 1.

Esquema del proceso de producción de bases parafínicas de ECOJETROL



Nota: (Palomino, 2018)

En la sección atmosférica de la unidad de destilación se carga el crudo parafínico para realizar un fraccionamiento, separando las corrientes de diferentes puntos de ebullición como Gasolina, Jet, ACPM y residuo; este último se carga a la sección de vacío donde nuevamente se

separan corrientes, denominadas destilados, Destilado Parafínico Liviano DPL y Destilado Parafínico Medio DPM (Palomino, 2018).

Para la producción de bases lubricantes se cargan los destilados y mediante un proceso de desparafinado con MEK – tolueno, a bajas temperaturas, la parafina y el aceite lubricante contenido en los diferentes destilados son separados; en este proceso se controla el punto de fluidez del aceite. Una vez separado el aceite, se carga a la unidad de extracción con fenol donde se retiran los compuestos aromáticos del mismo, ajustando su índice de viscosidad (IV) a un valor mínimo de 95, el aceite con mínimo contenido de aromáticos es enviado a una sección de hidrotratamiento de baja severidad para retirar contaminantes y ajustar el color de la base lubricante producida (ECOPETROL-GRB, 2008).

El proceso que se emplea en la Gerencia Refinería de Barrancabermeja GRB, está diseñado para la producción de bases lubricantes Tipo I según clasificación API (Palomino, 2018). Sin embargo, la base lubricante liviana de la ST-1111A, tiene todas las condiciones y especificaciones para comercializarse como una base lubricante tipo II; lo anterior es afirmado con base en los estudios fisicoquímicos de rutina realizados a la corriente liviana de la ST-1111A y su comparación con las especificaciones técnicas del catálogo de productos de Ecopetrol S. A. para base parafínica liviana (ECOPETROL, 2019).

2.3 Clasificación de las bases lubricantes

Las bases lubricantes se diferencian unas de otras mediante la clasificación realizada por el Instituto Americano del Petróleo (API por sus siglas en inglés), generando una clasificación estándar para las bases lubricantes con el objetivo de categorizar su calidad. Esta clasificación se

divide en los Grupos I, II, III, IV y V. Los Grupos I, II y III son bases lubricantes minerales, con diferentes niveles de refinación como se muestra en la tabla 1 (Palomino, 2018). La tabla 1 presenta la clasificación API de las bases lubricantes y las diferentes condiciones de IV, porcentajes de azufre, saturados y proceso de fabricación para cada tipo y en la tabla 2 se presentan los métodos analíticos ASTM para determinar especificaciones físicas de bases lubricantes según la API.

Tabla 1.

Clasificación del American Petroleum Institute (API) de Bases Lubricantes

Clasificación API de lubricantes				
Grupo	Especificaciones físicas			Proceso de fabricación
	IV	Azufre % peso	Saturados % peso	
I	80-120	> 0,03	>90	Convencional (refinación con solventes)
II	80-120	<0,03	>90	Requiere hidrocrackeado/desparafinado
III	>120	<0,03	>90	Requiere hidrocrackeado/desparafinado severo
IV	>140	0.00	>90	Síntesis química - PAO
V	Todos los aceites básicos no incluidos en grupos I, II, III y IV.			Todos los otros sintéticos – ésteres, poliglicoles, ésteres fosfatados, etc.

Nota: (API 1509, 2012)

Tabla 2. *Métodos analíticos ASTM para determinar especificaciones físicas de Bases lubricantes según API 1509*

<i>Propiedad</i>	<i>Método</i>
<i>Saturados</i>	<i>ASTM D2007</i>
<i>Índice de viscosidad</i>	<i>ASTM D2270</i>
<i>Azufre (Usar cualquiera de los métodos listados)</i>	<i>ASTM D1552</i>
	<i>ASTM D2622</i>
	<i>ASTM D3120</i>
	<i>ASTM D4294</i>
	<i>ASTM D4927</i>

Nota: (API 1509, 2012)

De acuerdo con los estudios realizados, se ha identificado que el mejor aceite para ser usado como base lubricante, es el que tiene una base libre de azufre y bajos contenidos de aromáticos, debido a que estas familias de compuestos son indeseables por la inestabilidad de sus enlaces moleculares. De acuerdo con lo anterior una base lubricante debe contener mayor número de moléculas saturadas, lo que la hace más estable térmicamente y con mejor estabilidad a la oxidación. (API 1509, 2012)

GRUPO I: Bases con menos de un 90% de saturados, un contenido de azufre mayor a 0,03% y con un rango de viscosidad entre 80 y 120 (mm²/s). El rango de temperatura de trabajo de estas bases es de 32 a 150°F. Las bases del grupo I son producto del proceso de refinación con solvente, uno de los procesos más simples de refinación, por esta razón son las bases más económicas del mercado. (API 1509, 2012)

GRUPO II: Estas son bases de alta calidad que en su composición molecular contienen moléculas saturadas mayor al 90% (máximo 10% de aromáticos) y menos de 300 ppm de azufre.

Esta composición les otorga características superiores de desempeño y de pureza comparadas con las bases del grupo I, especialmente en relación con la estabilidad térmica, la estabilidad a la oxidación y control de la volatilidad para cumplir con los requerimientos del mercado; también tienen un color más claro y un mayor costo en comparación con las bases del grupo I. Su cuerpo debe ser resistente a la descomposición y el cizallamiento. Se debe tener en cuenta que su cizallamiento en situaciones de estrés frecuentemente es 45% menos que las del grupo I; además, su resistencia a la degradación extiende su periodo de uso, lo que las convierte en una base de mejor calidad. La producción de bases tipo II involucra el proceso de hidrocrackeo que consiste en la reacción de un producto parafínico con hidrógeno en presencia de un catalizador, que promueve la reorganización molecular y la ruptura de moléculas.

Las reacciones presentes incluyen la saturación de aromáticos (hidrodesaromatización, HDA) y la eliminación casi completa de azufre (hidrodesulfuración, HDS) y nitrógeno (hidrodesnitrificación, HDN). (API 1509, 2012)

GRUPO III: Estas bases lubricantes contienen más de 90% de saturados, menos de 0,03% de azufre y un índice de viscosidad (IV) mayor a 120. Estas bases normalmente vienen de procesos de hidrocrackeo (alta presión y temperatura), que permite obtener una base de una calidad más pura. A pesar de provenir del crudo, algunas veces se hace referencia a estas bases como carbonos sintetizados, debido al proceso de producción. El hidrotratamiento que se aplica a las bases lubricantes, para lograr productos de los grupos II y III remueven las moléculas con heteroátomos (S, N) y convierten los anillos aromáticos en parafinas o naftenos. Sin embargo, los procesos utilizados limitan la viscosidad a 40 °C de los grupos II y III a 120 y 40 cS respectivamente, por lo que se requiere agentes espesantes para satisfacer los requisitos de la mayoría de las aplicaciones industriales. La estabilidad térmica no la puede mejorar ningún aditivo y la base se descompone

más o menos rápido dependiendo de la estabilidad térmica de ésta al agotarse el aditivo antioxidante (API 1509, 2012).

GRUPO IV: Estas bases son las polialfaolefinas (PAOs). Estas bases sintéticas son fabricadas mediante proceso de síntesis química; contienen más de 90% de saturados, 0% de azufre y un índice de viscosidad mayor a 140. Son excelentes para ser usadas en condiciones de frío extremo y en aplicaciones de alta temperatura (API 1509, 2012). La planta de destilados medios de Shell en Bintulu-Malaysia, puesta en servicio en 1997, convierte 100 MPCED de gas natural en 12500 Barriles/día de destilados medios, gasolina, Kerosene, Nafta, lubricantes tipo IV y varios grados de Parafina utilizando la tecnología GTL (Gas to liquid) (Fleisch, 2002).

GRUPO V: La clasificación de bases del grupo V contiene todos los otros tipos de bases: siliconas, ésteres de fosfato, polialquilenglicol (PAG), poliéster, biolubricantes, etc. Estas bases son utilizadas para ser mezcladas con los otros tipos de bases para mejorar las propiedades como lubricante. Por ejemplo, los ésteres pueden soportar mayor trabajo a altas temperaturas y proveen una mayor detergencia comparado con las bases del grupo IV, lo que permite aumentar las horas de uso (API 1509, 2012).

3. Metodología

3.1 Determinación de las propiedades físicas y químicas de la corriente de salida del Intercambiador E1114 de la unidad U1110 de Tratamiento Nafténico

Se realizó la recuperación de datos históricos de operación (composiciones, razones de flujo, flujos, temperaturas y presiones de cada una de las corrientes implicadas en las diferentes secciones de la unidad) con el fin de conocer las condiciones actuales de operación y obtener los datos necesarios para la realización de una simulación del proceso y de laboratorio (pruebas de caracterización fisicoquímicas: IV, %p azufre, %p saturados) de la corriente de salida del Intercambiador E1114 de la unidad U1110 de Tratamiento Nafténico. La caracterización fisicoquímica de la corriente se hizo con el objeto de compararlas con las características de las bases lubricantes actualmente comercializadas por Ecopetrol en el país.

3.2 Evaluación técnica de los parámetros de operación

La simulación del proceso de producción de base parafínica se realizó con PROII/10.2®. Este software especializado permitió realizar el modelado del proceso. Usando el manual de descripción de procesos de la unidad de tratamientos con hidrógeno, se definieron las corrientes más importantes del proceso, entre ellas la que corresponde a la composición molar de azufre de la corriente de salida del Intercambiador E1114 de la unidad U1110 de Tratamiento Nafténico (no se incluyen los detalles operacionales de las unidades simuladas porque estos están bajo reserva del departamento de ingeniería de procesos de GRB-ECP). Como modelo termodinámico se usó

la ecuación de estado Peng-Robinson para calcular equilibrio líquido-vapor, entalpías y entropías, puesto que esta ha sido validada en este tipo de procesos, en trabajos anteriores (Nasrifar, 2005). Se seleccionó el método API (*American Petroleum Institute*) para realizar los cálculos de las densidades de líquidos, basado en una densidad de líquido estándar (25 °C), determinada con un promedio de las masas de los componentes de la mezcla.

Usando el concepto del diagrama de caja y bigotes se realizó un tratamiento de eliminación de datos extremadamente anómalos de la data de planta real en una ventana de tiempo de 12 meses (Anexo B). Se consideró que la composición de azufre a la salida del Intercambiador E1114 de la unidad U1110 es la variable más importante del proceso, puesto que el IV no puede calcularse con la simulación del proceso. Por tanto, luego de la aplicación del diagrama de caja y bigotes, se calculó la media y la desviación estándar, para luego ser comparadas con los datos arrojados por el simulador PROII/10.2®.

Un porcentaje de desviación fue calculado usando la Ecuación 1, basados en las concentraciones de azufre reportadas.

$$\text{Desviación (\%)} = \frac{S_{exp} - S_{sim}}{S_{exp}} \times 100 \text{ Ec. 1}$$

Donde S_{exp} está ligado al porcentaje de azufre presente en la salida de la unidad. La simulación se consideró válida, cuando los datos simulados se encontraron dentro del intervalo de confianza dado por la desviación estándar sobre la media calculada de los datos experimentales.

Se evaluó el efecto del cambio de la temperatura de promedio ponderado del Lecho (Weight Average Bed Temperatura) WABT en relación con el contenido de azufre, mediante la simulación de la unidad de operación en el simulador de procesos PRO II y la evaluación principalmente de

la concentración de S de la corriente de salida del Intercambiador E1114. Se determinó de esta forma un rango de temperaturas de operación. Seguidamente, se realizaron modificaciones en planta industrial, teniendo en cuenta el rango de temperaturas calculado y se enviaron las muestras a laboratorio para cálculo de índice de viscosidad. Lo anterior se ejecuta para determinar los valores de temperaturas de operación que conducen a una base lubricante que cumpla con las condiciones de composición de azufre e índice de viscosidad (IV) para la comercialización de la corriente de salida del Intercambiador E1114 de la unidad U1110 como producto del catálogo de Ecopetrol.

La determinación de los parámetros óptimos de operación se enfocó en evaluar el efecto que tiene la temperatura de reacción WABT (que es la variable más importante en el proceso), sobre la concentración final de azufre en función de la temperatura. Durante el proceso de optimización se consideraron las siguientes restricciones del proceso asociadas con la ventana operativa escogida:

- Para la temperatura, el rango evaluado fue de 400 a 900°F.
- Para la presión se determina un valor fijo de 1405 psig.

3.3 Implementación del control de cambios de operación para entrega de producto comercial

Se desarrolló una estrategia de producción en la que se implementó la logística requerida y el control de cambios de operación, para asegurar el cumplimiento de las propiedades y comercialización del producto base parafínica ultraliviana, proveniente de la corriente de salida del Intercambiador E1114 de la unidad U1110 como base lubricante liviana.

3.4 Realización de la evaluación económica del proceso de comercialización de base parafínica ultraliviana

Se determinó la factibilidad económica de la puesta en marcha de la producción de base parafínica ultraliviana como producto terminado, mediante la identificación del potencial económico. Esto se realizó con la herramienta Evaproyect, teniendo en cuenta los costos de operación actuales y los requeridos para la transición operacional, la TIR, el VPN, la relación costo/beneficio con proyecciones a 5 años, y con migración de los datos desde SAP (Anexo E) Asimismo, un conjunto de recomendaciones para la implementación y puesta en servicio del control de cambios operacionales fueron definidas para la U-1110.

4. Resultados

4.1 Análisis del historial de los datos de especificaciones de planta U1100 con operación actual

A partir de la información disponible en planta para la corriente de salida del Intercambiador E1114 de la unidad U1110 de Tratamiento Nafténico, se recupera el histórico de composiciones molares medidas por cromatografía en un periodo de 1 año de operación; el cual estuvo comprendido entre el 01 de enero y el 31 de diciembre de 2021, durante el cual se tomaron muestras con una periodicidad diaria. En la siguiente figura, se muestran los rangos de variación experimental observados en planta de las composiciones de azufre en ppm (Figura 2), los valores de densidad (Figura 3), gravedad API (Figura 4), número de cetano (Figura 5) e índice de viscosidad (Figura 6). Estos valores se observan en el anexo B.

Figura 2. Rangos de variación experimental observados en planta de las composiciones de azufre en ppm

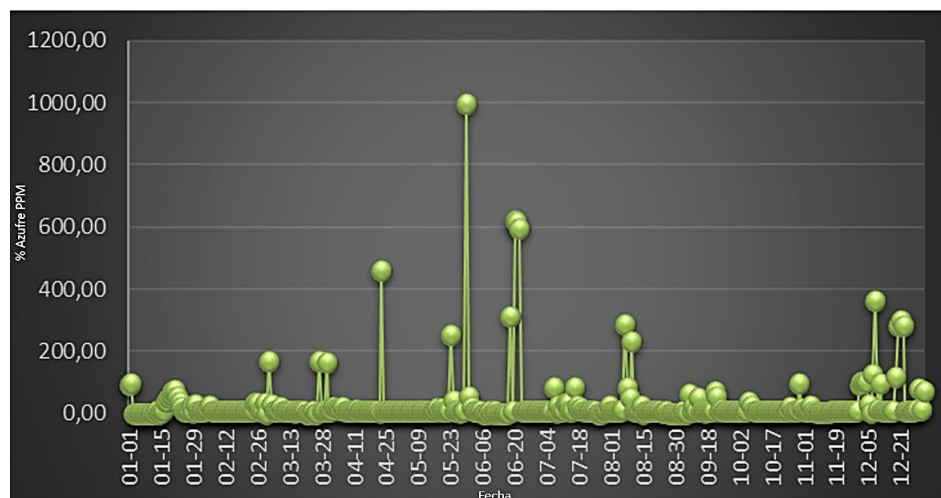
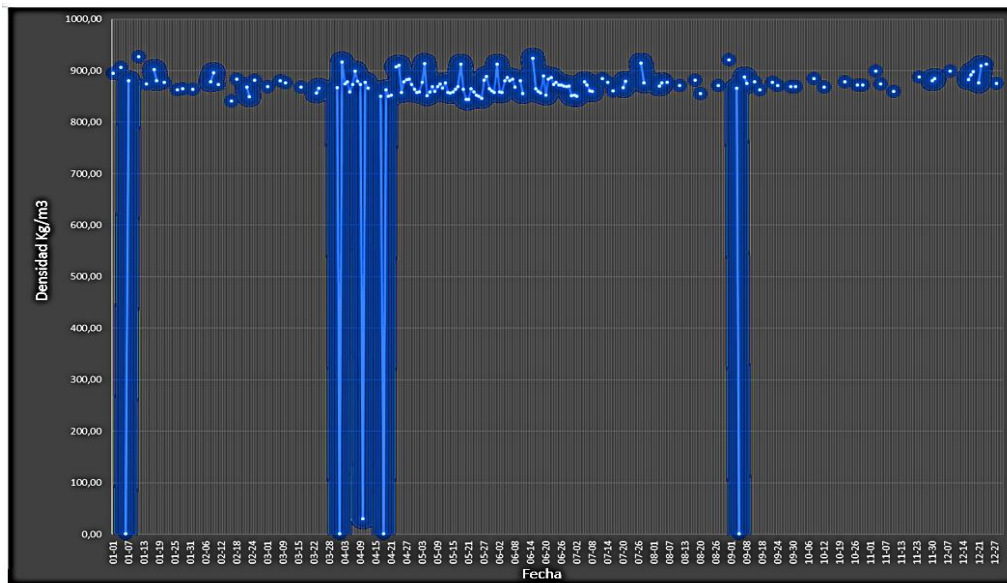


Figura 3.

Rangos de variación experimental observados en planta de los valores de densidad (kg/m³) (ECOPETROL, 2021)

**Figura 4.**

Rangos de variación experimental observados en planta de los valores de Índice de Cetano (N/A) (ECOPETROL, 2021)

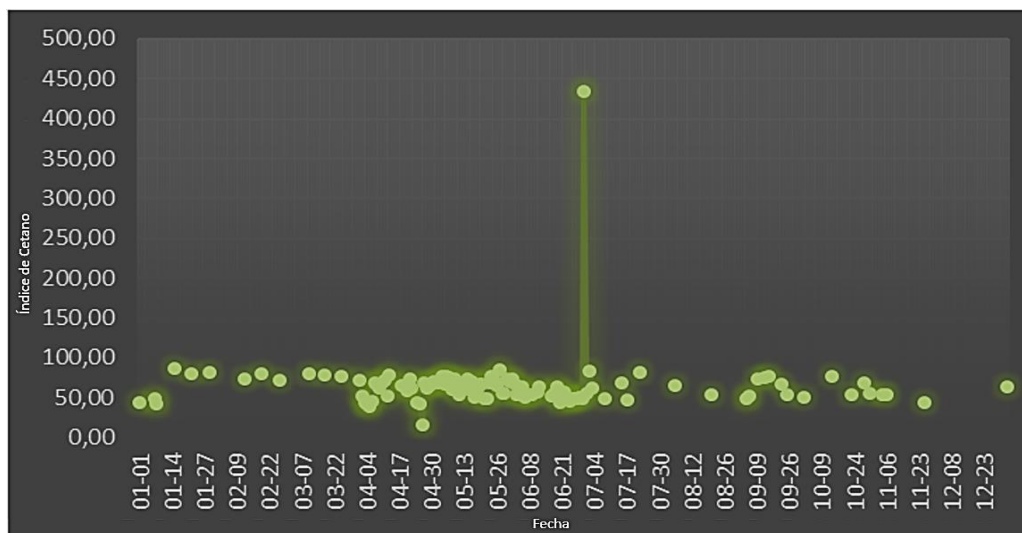
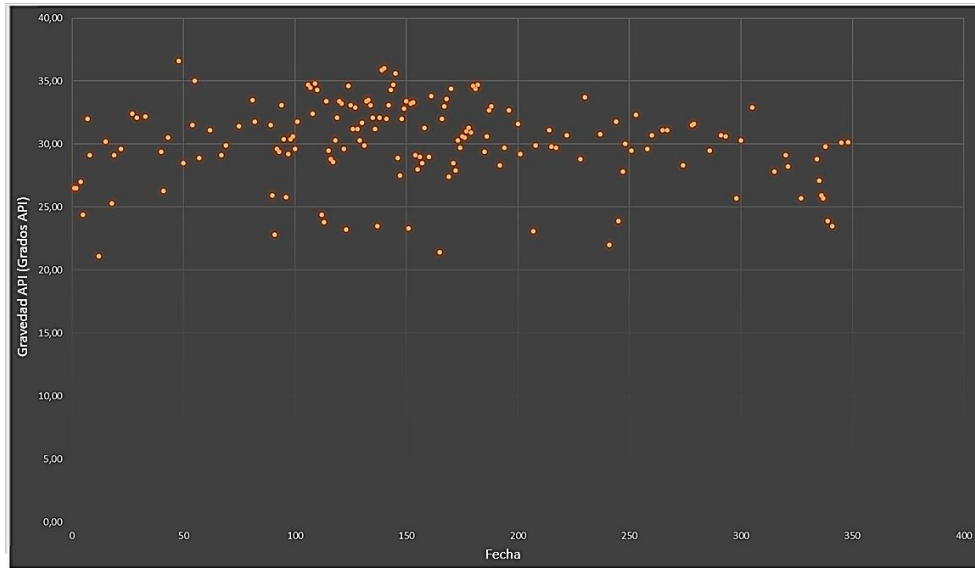
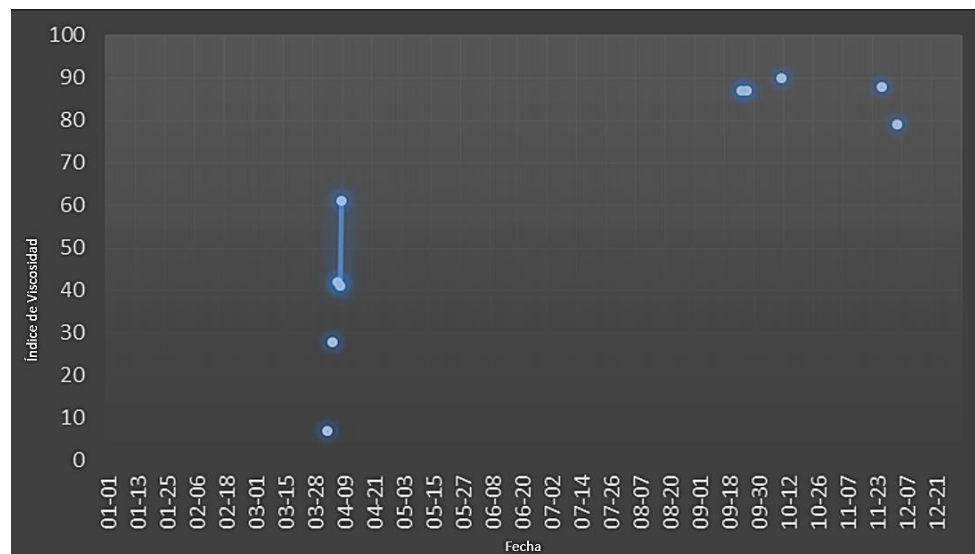


Figura 5.

Rangos de variación experimental observados en planta de la gravedad API (Grados API)
(ECOPETROL, 2021)

**Figura 6.**

Rangos de variación experimental observados en planta de los valores de Índice de Viscosidad
(N/A) (ECOPETROL, 2021)



Según las Figuras 2-6, las propiedades muestran variaciones que afectan las características de entrega de una base parafínica liviana terminada (corriente E-1104, Anexo A; Datos históricos, Anexo B). En la tabla 3, se observan los valores mínimos y máximos, además del promedio de dos de los parámetros históricos más importantes de la corriente E-1104.

Tabla 3.

Estadísticos descriptivos de las propiedades % Azufre e Índice de Viscosidad.

PARÁMETRO	MIN	MAX	PROM	D. EST
Azufre PPM	1,00	995,00	33,49	98,19399
I.V.	7,00	90,00	61,31	28,3236

Por otro lado, en la tabla 4, se observan las especificaciones de las diferentes propiedades y características que deben cumplir las bases parafínicas livianas para estar dentro del catálogo de productos comerciales de la compañía. El catálogo de productos que exige Ecopetrol para bases parafínicas livianas debe cumplir con todas las características fisicoquímicas, según el Código de Comercio Colombiano y especificadas en la Tabla 4. Según esta tabla, es posible mencionar que parámetros tan importantes como el índice de viscosidad IV y el porcentaje de azufre no cumplen los requisitos exigidos por Ecopetrol.

Tabla 4.

Especificación Técnica del Catálogo de Productos de Ecopetrol S.A. Base Parafínica Liviana (Ecopetrol, 2019)

Base Parafínica Liviana Gerencia Refinería Barrancabermeja				
Referencias: NTC 1840 (Norma Técnica Colombiana)				
PROPIEDADES / CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN	
			Mínimo	Máximo
Agua y Sedimento	% Vol	ASTM D 1796	0.05	
Azufre	PPM	ASTM D 2622	≤10	
Corrosión Lámina de Cobre(3h/100°C)	CLASIFICACIÓN	ASTM D 130	0	1
Tiempo de Separación de la emulsión	Min	ASTM D 1401	5	15
Contenido de Fenol	g/100g	UOP 262	0.005	
Gravedad API a 15.6°C	Grados API	ASTM D 4052	-	
Densidad a 60 °F	kg/m ³	ASTM D 4052	901.5	
Índice de viscosidad	N/A	ASTM D 2270	95	
Microcarbón Residual	g/100g	ASTM D 4530	-	
Número de ácido	mg KOH/g	ASTM D 664	-	
Color ASTM	CLASIFICACIÓN	ASTM D 1500	1.5	1.5
Punto del Fluidez	°C	ASTM D 97		0
Punto de Inflamación	°C	ASTM D 92	200	
Viscosidad Cinemática a 100°C	mm ² /s	ASTM D 445	4.3	5.0
Viscosidad Cinemática a 40°C	mm ² /s	ASTM D 445	6.5	
Volatilidad a 371 °C	g/100g	ASTM D 2887		15.0

A partir de los datos de las figuras 2 y 6 se obtuvieron los valores estadísticos de la tabla 3, donde se encontró que el porcentaje promedio de azufre en ppm de la corriente liviana que sale del

E1114 fue 33,49 PPM con una desviación estándar de 98,19; cuando se compara este valor con el requerimiento de calidad de una base lubricante tipo II (Tabla 4), se concluye que la corriente no está en el rango de calidad que se espera para este tipo de bases lubricantes.

En la tabla 3, también se observa que el promedio de los valores estadísticos para el IV es de 61,31 con una desviación estándar de 28,3236; este valor tampoco cumple con el requerimiento de calidad de una base lubricante tipo II (Tabla 4), por ello este parámetro no está en el rango de calidad que se espera para este tipo de bases lubricantes.

Se observa que los valores de índice de viscosidad y concentración de azufre medido en planta (Tabla 3) se están muy alejados de las especificaciones de las bases parafínicas livianas y en consecuencia no podrían estar dentro del catálogo de productos comerciales de Ecopetrol. Sin embargo, se deben ajustar las condiciones operacionales con el fin de hacer que estas especificaciones correspondan al objetivo operacional en la unidad. Por lo anterior, es importante realizar la simulación de la unidad y revisar la variación de estos dos importantes parámetros con respecto a una de las variables más importante del proceso, la Temperatura WABT.

4.2 Simulación del Proceso en el Programa PRO II®

El desarrollo del modelo de simulación tiene el objetivo de determinar la capacidad de la U1110 para operar de acuerdo con la necesidad de producción de base parafínica liviana como producto listo para comercializar. A continuación, se describe el proceso de producción de base parafínica liviana que se tuvo en cuenta para la simulación.

La carga precalentada en el E-1111 se envía hacia el Horno de Carga al Hidrotratamiento H-1111. En caso de que no se tenga flujo de destilados nafténicos a través de los serpentines del

horno, el H-1111 recibe un flujo de hidrógeno de reciclo de la descarga de los C-1102A/B en el área de compresores. Luego, el flujo de hidrógeno es suministrado al H-1111 a través de la MOV-1111. Seguidamente, el flujo continúa hacia la sección de reacción de destilados nafténicos. Esta carga previamente precalentada ingresa al Horno de Carga al Hidrotratamiento H-1111. El horno quema gas combustible para producir calor. Luego de que el flujo sale del horno y alcanza la temperatura adecuada para la reacción, se une con una corriente de hidrógeno de reciclo de la descarga del C-1102A/B en el área de compresores. Posteriormente, la mezcla hidrógeno y aceite continúa e ingresa a los Reactores de Hidrotratamiento R-1111A/B. La carga que proviene del H-1111 con la temperatura adecuada para la reacción ingresa por la parte superior del Reactor de Hidrotratamiento R-1111A, donde ocurre la primera parte de las reacciones de hidrogenación. El flujo que sale del fondo del R-1111A se une con una corriente de hidrógeno de reciclo (quench) proveniente de la descarga de los C-1102A/B en el área de compresores. Se inyecta el hidrógeno de quench para evitar reacciones severas en el Reactor de Hidrotratamiento R-1111B. El flujo continúa e ingresa al segundo R-1111B.

El aceite nafténico con hidrógeno proveniente del primer reactor de hidrotratamiento entra al Reactor de Hidrotratamiento R-1111B, donde continúan las reacciones de hidrogenación (saturación de los enlaces dobles y productos azufrados). Para estas reacciones es necesario este otro reactor ya que la carga tiene mayor concentración de azufre.

El flujo que sale del reactor es enfriado en el lado tubos del E-1113. Allí se enfría con la corriente de hidrógeno de reciclo de la descarga de los C-1102A/B ubicados en el área de compresores, fluyendo por el lado casco. El flujo continúa enfriándose por el lado tubos del Intercambiador de Calor E-1111, donde se enfría con la carga a la unidad, fluyendo por el lado casco. El flujo sigue hacia la sección de separación.

La carga hidro tratada que proviene del R-1111B ingresa al Drum Separador de Alta Presión D-1111 donde se produce una separación. El aceite nafténico hidro tratado sale por el fondo (es importante mantener mínimo 45% de nivel para sello) y el gas rico de hidrógeno con azufre sale por la cima. El gas rico en hidrógeno con azufre que proviene del D-1111 se enfría en el Enfriador por Aire ME-1117 que baja la temperatura de 440°F a 120°F para condensar y diluir los contaminantes. El flujo continúa y es suministrado al Drum Separador de Baja Temperatura y Alta Presión D-1112. En el D-1112 existen dos fases: fase gaseosa y fase agua agria. A la salida de la fase gaseosa, la corriente se divide en tres flujos. El primer flujo es una facilidad para enviar el gas por medio de la MOV-11103 al sistema de tea en caso de emergencia. El otro flujo se envía a través del Eyector Atmosférico J-1103, el cual se utiliza en procedimiento de arranque para inertización de los sistemas. El otro flujo de gas rico en hidrógeno con azufre (S) es enviado Tambor de Succión Compresor de Reciclo C-1102A/B, D-1107. En la unidad, se dispone de la facilidad para enviarlo al sistema de tea y al Eyector Atmosférico J-1113.

La fase de agua agria es enviada hacia el D-1170 por diferencial de presión y posteriormente es succionada por medio de la Bomba de Fondo de D-1170, P-1107, al D-338 de la Unidad Modelo IV. El flujo de destilado nafténico que proviene del D-1111 ingresa al Drum Separador de Baja Presión D-1113. Por la cima del D-1113, sale gas de hidrógeno de baja presión, el cual es enfriado en el Enfriador de Aire E-1109 e ingresa al Tambor de Gas de Desecho D-1106. De la cima del D-1106 se envía gas hacia el sistema de gas combustible y del fondo se envían aguas agrias hacia el D-1170. El flujo de aguas agrias es succionado por medio de la Bomba de Fondo de D-1170, P 1107, al D-338 de la Unidad Cracking Modelo IV. Por el fondo del D-1113 sale el aceite nafténico que va hacia la Torre Despojadora T-1111A.

El aceite nafténico entra a la Torre Despojadora T-1111A a una temperatura de 440°F para nafténico medio. Para el nafténico pesado, se requiere una temperatura de 520°F, la cual se consigue habilitando el E-1116 con ALC para asegurar la viscosidad final. Para el despojo, se utiliza una corriente de vapor sobrecalentado de 50 psig. El flujo de vapor de 50 psig se une con la corriente de descarga del J-1111, el cual succiona los vapores no condensables de la cima de la Torre Secadora al Vacío T-1111B antes de ingresar por el fondo de la T-1111A.

Los vapores de cima salen de la T-1111A y son enfriados por el lado casco del E-1104 con agua de enfriamiento fluyendo por el lado tubos. Los vapores no condensables del lado del E-1104 son succionados por el sistema de eyectores para ser condensados en los JE-1102 y enviados al pozo caliente. Los condensables del E-1104 son enviados hacia el Separador de la Torre de Vacío D-1105, de donde sale una corriente de aguas agrias hacia el Drum de Aguas Agrias de Baja Presión D-1276

Del plato de chimenea N° 12 de la T 1111A, se saca una corriente lateral, la cual da reflujos hacia dos sitios de la T 1111A. La primera corriente asegura el paso de reflujos fríos por el Enfriador de Aire E 1114 y entra por el plato N° 16 de la torre. La otra corriente de reflujos calientes ingresa por el plato N° 11 de la torre. El aceite nafténico sale de la Torre Despojadora T-1111A y se envía hacia la Torre Secadora al Vacío T-1111B. El flujo de aceite nafténico que proviene de la Torre Despojadora T-1111A ingresa por el plato N° 4 de la Torre Secadora al Vacío T-1111B. Para retirar los productos incondensables, se dispone de un eyector de vacío que los succiona por la cima de la T-1111B y los descarga por el fondo a la T-1111A. En el Anexo C se presenta el diagrama de flujo de proceso de la simulación de la U1110, desarrollado en el software PRO II.

Los puntos en las Figuras 7 muestran los datos experimentales para el porcentaje de azufre en ppm (20% de los datos) que no fueron usados para el cálculo de la media experimental, ni para

el intervalo de confianza (IC) a 95% (línea de trazos).

Se puede observar que la mayoría de estos valores se encuentran dentro de la media \pm IC y otros pocos están fuera del rango de confianza asumido para el porcentaje de azufre. Cabe aclarar que los valores de % de azufre que están por fuera del rango en la gráfica pueden deberse a cambios bruscos en las condiciones de operación por lineamiento de carga a la unidad. Una revisión de la información permite asegurar que durante la fecha registrada de la toma de datos se presentaron, en la unidad, algunas paradas debido a emergencias operacionales, lo que podría explicar parcialmente la presencia de valores fuera de rango.

Figura 7.

Intervalo de confianza calculado para el porcentaje de S en ppm, usado para validar la predicción de la simulación a la salida del Intercambiador E1114 de la unidad U1110 de Tratamiento Nafténico.

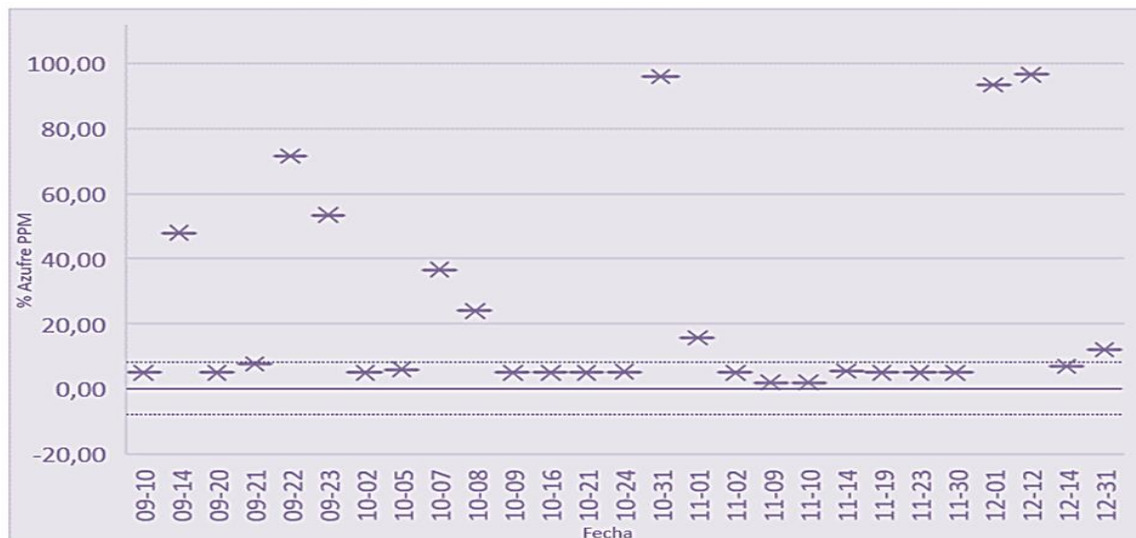
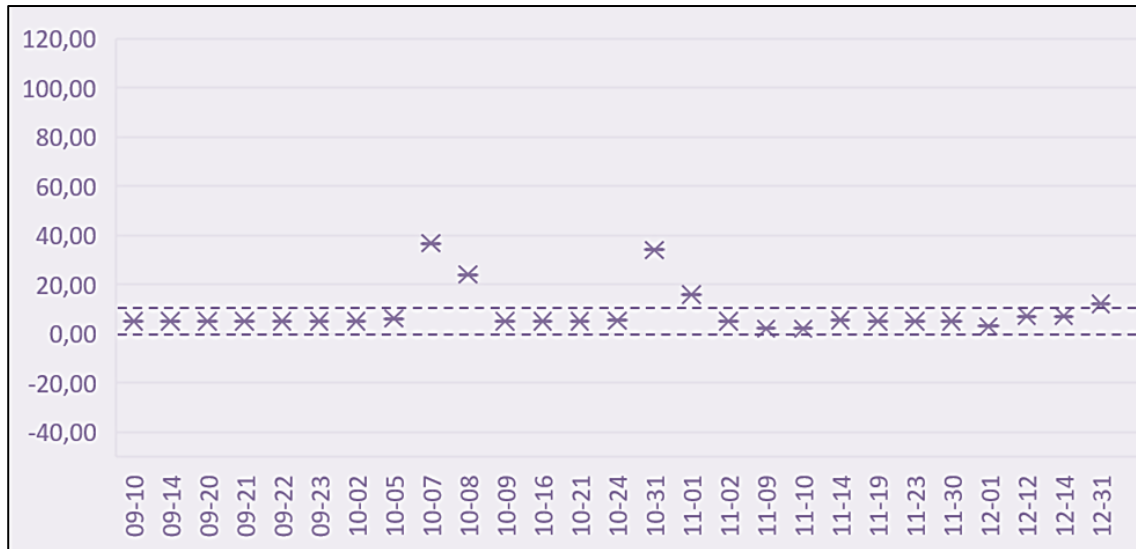


Figura 8.

Porcentaje de error calculado para validación de la simulación en la salida del Intercambiador E1114 de la de la unidad U1110 de Tratamiento Nafténico.



A pesar de estas perturbaciones en las medidas que afectan la precisión de los datos experimentales del porcentaje de azufre, el modelo fue validado mediante la comparación de los datos arrojados por el simulador con la media calculada para los datos experimentales.

En la figura 8 se aprecia que la desviación (%) entre el valor predicho y la media experimental no supera el 10% en la salida del intercambiador. Los resultados en esta parte del trabajo realizado permiten validar la simulación realizada de la unidad 1110. A continuación, se presentan las simulaciones y su comparación con los datos experimentales salientes de la misma unidad.

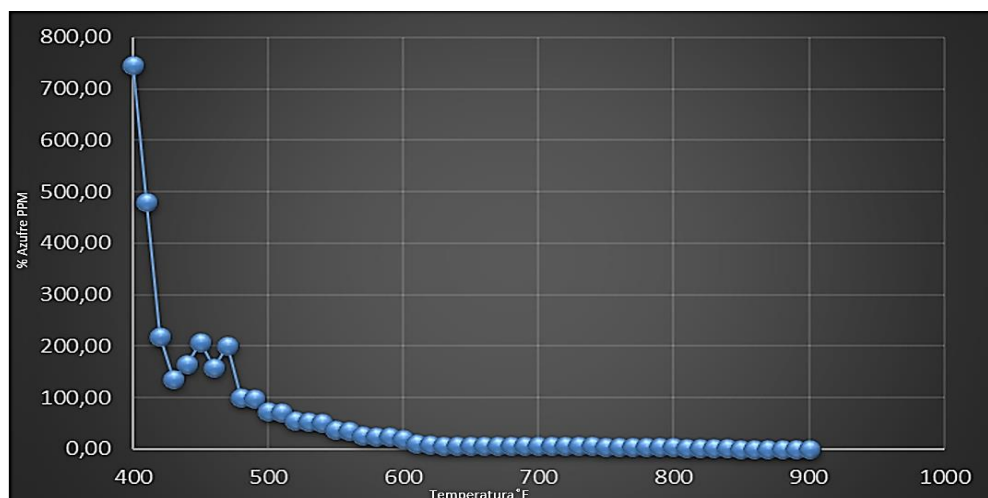
4.3 Evaluación del % de azufre y el IV variando la temperatura de operación de la reacción WABT mediante la simulación en PRO II

En la Figura 9 se presentan los perfiles de concentración de azufre presentes en la corriente de salida en función del número de etapas operativas de temperatura definidas con el fin de lograr concentraciones más bajas de azufre en la base liviana requerida a la salida del proceso.

Se observa que a mayor temperatura, disminuye la concentración de azufre a la salida de este equipo, tomando un valor de cero a una temperatura equivalente a 850 °F, esto supone una mejora significativa con respecto a los valores obtenidos a las condiciones actuales; sin embargo, un aumento drástico de la temperatura WABT tiene efectos como aumentar la actividad del catalizador, disminuir la pureza del gas de reciclo y aumentar la tasa de deposición de coque; todo esto, asumiendo que el caudal de alimentación y las características de la alimentación, se mantienen invariables.

Figuras 9.

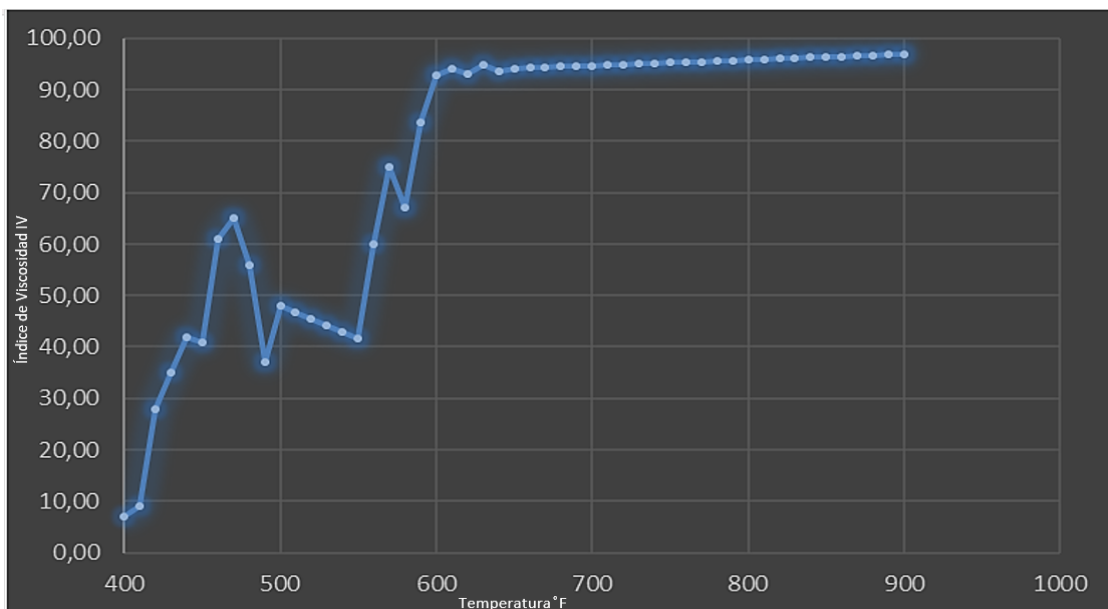
Perfiles de composición de azufre presentes en la corriente de salida del E1114 en función de la temperatura (°F).



Si bien, un leve aumento de la temperatura de WABT, aumentará la velocidad a la que se envejece el catalizador, dicho aumento será compensado con la reducción de la concentración en ppm de azufre. Se puede notar que para el rango de temperaturas 600 – 750 °F se tienen concentraciones de azufre menores a 10 PPM y se asegura la vida útil del catalizador (Ecopetrol, 2016). Además, en la figura 10 se aprecia que el índice de viscosidad (IV), en el rango de 600 – 750, toma valores superiores a 95 unidades, cumpliendo así con los requerimientos de producto terminado (ver tabla 4).

Figuras 10.

Perfiles de IV determinados experimentalmente para la corriente de salida del E1114 en función de la temperatura (°F).



Con base en los resultados obtenidos de la simulación se concluye que el mejor rango de temperatura para operar la unidad y para obtener una corriente que cumpla con los requerimientos de calidad para ser usada como base lubricante tipo II es 600 – 750°F.

4.4 Diseño del plan de calidad en planta para producción de base parafínica liviana

Se desarrolló para el control de cambios (ver Anexo D. Especificación del control de cambios para producción de Base Parafínica Liviana. Ecopetrol, 2022) a partir de los parámetros establecidos como mejores, en el punto anterior y se pasó a visto bueno de jefes de departamento, para luego ejecutarse en la planta tan pronto como se conozca fecha del cambio de direccionamiento definitivo en la unidad de la corriente de salida de E1114 como producto base parafínica liviana del catálogo de productos de Ecopetrol.

Este control de cambios se realiza con base en los rangos de temperatura de operación obtenidos en el punto anterior; establece los nuevos lineamientos a tener en cuenta con las nuevas condiciones de operación y la nueva disposición del producto de la corriente de salida de E1114.

Es posible observar las nuevas acciones a llevar a cabo, los documentos, requerimientos y requisitos, parámetros del control del proceso y los responsables de cada proceso relacionado con cada cambio a realizar, lo cual es indispensable para el buen redireccionamiento productivo y económico de la unidad y la posterior elaboración del análisis de factibilidad de Base Parafínica Liviana de Ecopetrol (Anexo E. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA CONTROL DE CAMBIOS DE LA U1100. Ecopetrol, 2022).

Con las nuevas condiciones de operación, quedó establecido el control de cambios y se generó el plan de calidad para la producción de bases parafínicas livianas en la U1100 con todos

los protocolos y acciones para tener en cuenta en la entrega de la nueva utilidad agregado al catálogo de productos de Ecopetrol. Se realizó una proyección anual con la ayuda de Evaproyect, teniendo en cuenta los costos de operación, la TIR, el VPN, la relación costo/beneficio con proyecciones a 5 años, y con migración de los datos desde SAP (Estos datos no son públicos, por ello se presentan a groso modo en el Anexo E) por implementación de la estrategia de producción de base parafínica liviana y el impacto de no hacerlo, y se observa que al no implementar esta corriente como el producto descrito, la refinería de Barrancabermeja dejaría de recibir ingresos correspondientes a 13 kUS/mes por no realización de esta iniciativa, es decir, 156 kUS/anual, lo cual indica un margen de ganancia muy alto, puesto que las bases lubricantes presentan un valor de casi \$ 60 dólares por encima del valor del valor comercial del diésel.

Tabla 5.

Herramientas económicas evaluadas en la factibilidad económica de la producción de base parafínica liviana.

ANÁLISIS FINANCIERO	RESULTADO
Tasa Interna de Retorno (TIR)	67%
Valor Presente Neto (VPN)	75 529 196
Tasa Interna de Oportunidad (TIO)	24%
Relación Beneficio / Costo (B/C)	23,93
Tasa verdadera de Rentabilidad (TVR)	32%

En la tabla 5, se observan los valores calculados en el análisis financiero realizado para la puesta en marcha del control de cambios. Es posible afirmar que todos los valores encontrados son

prometedores, en especial la TIR, la cual es casi tres veces mayor que la TIO. El flujo de caja a 36 meses, se presenta en el anexo G.

5. Conclusiones

Se compararon las condiciones fisicoquímicas de las bases lubricantes actualmente comercializadas por Ecopetrol en el país con el histórico de datos de salida del E1114, observando que se debía trabajar en la mejora de las condiciones actuales del producto mediante la evaluación del rango de temperaturas de reacción con la herramienta de simulación PRO II y la posterior creación de un plan de control de cambios a realizar en la planta.

Se realizó el plan de calidad en planta para producción de base parafínica liviana a partir de los parámetros óptimos establecidos y se puso en marcha el análisis de factibilidad para tal fin en la planta, su ejecución será tan pronto como se conozca fecha del cambio de direccionamiento de la corriente de salida del E1114.

Se realizó la evaluación del rango de temperatura de operación usando un modelo de la U1100 con el fin de determinar las mejores condiciones de operación, las cuales fueron implementadas en el plan de calidad en planta para producción de base parafínica liviana, enfocada en una de las variables más relevantes del proceso, es decir la Temperatura de reacción WABT. De acuerdo con los resultados de simulación el mejor rango de operación para la temperatura de reacción WABT estuvo entre 600 y 750°F, en dicho rango se obtienen valores de azufre menor a 10 PPM e índice de viscosidad mayor a 95; valores que cumplen con las especificaciones para ser incluidos en el portafolio de productos de ECP como bases lubricantes.

Referencias

Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades (ATSDR) [en línea]
“https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts75.html “

Ashton, W. B., & Morris, H. C. (1972). U.S. Patent No. 3,691,067. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Bull, S., & Marmin, A. (1979). Lube oil manufacture by severe hydrotreatment PD 19. In 10th World Petroleum Congress.

CB&I – Proces. Process design basis for basic engineering of the unit 110 Hydrocracker – Cartagena Refinery. 2008.

Cody, I. A., & Boate, D. R. (1999). U.S. Patent No. 5,911,874. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Dirección corporativa proyectos, Modelo de Maduración y Gestión de Proyectos y Programas, ECOPETROL S.A., Bogotá, Colombia, 2010.

ECOPETROL, Reporte de mantenimientos para las bombas triplex unión pumps TX 150 de la planta de parafinas. Software Ellipse. Colombia: Barrancabermeja, 2016

ECOPETROL. Especificación técnica del catálogo de productos de Ecopetrol S. A. Base parafínica liviana (2019).

Gosselink, J. W., Van De Paverd, A., & Stork, W. H. J. (1989). Mild hydrocracking: Optimization of multiple catalyst systems for increased vacuum gas oil conversion. *Studies in Surface Science and Catalysis*, 53, 385-397.

H. Bridjanian, M. Sattarin, (2006)” Modern Recovery Methods In Used Oil Re-Refining”Research Institute of Petroleum Industry

H. Bridjanian, M. Sattarin, 2006, "Modern Recovery Methods In Used Oil Re-Refining"
Research Institute of Petroleum Industry, Iran

Jechura, J. (2016). Hydroprocessing: Hydrotreating & Hydrocracking.

Jones, D. S., & Pujadó, P. P. (Eds.). (2006). Handbook of petroleum processing. Springer Science & Business Media.

M. Krumplet, R. Rumar, K. M. Myles. Naphtha Steam Reforming for Hydrogen Production. Journal of power sources (1994). Pag. 49,37

M. Serna, I. Barrera. Trabajo de grado "Global oíl Aceite lubricante para vehículos y uso industrial" Bogotá, Colombia (2017).

M., García, L., García. Gestión logística integral. Bogotá: Ecoe ediciones, 2010. p.12. 7
PORTER, Michael. The five competitive forces that shape the strategy. En: Harvard Business Review. Enero, 2008. p.27.

M., Joseph. Drucker para todos los días. Bogotá: Editorial norma, 2006. p.36. 6

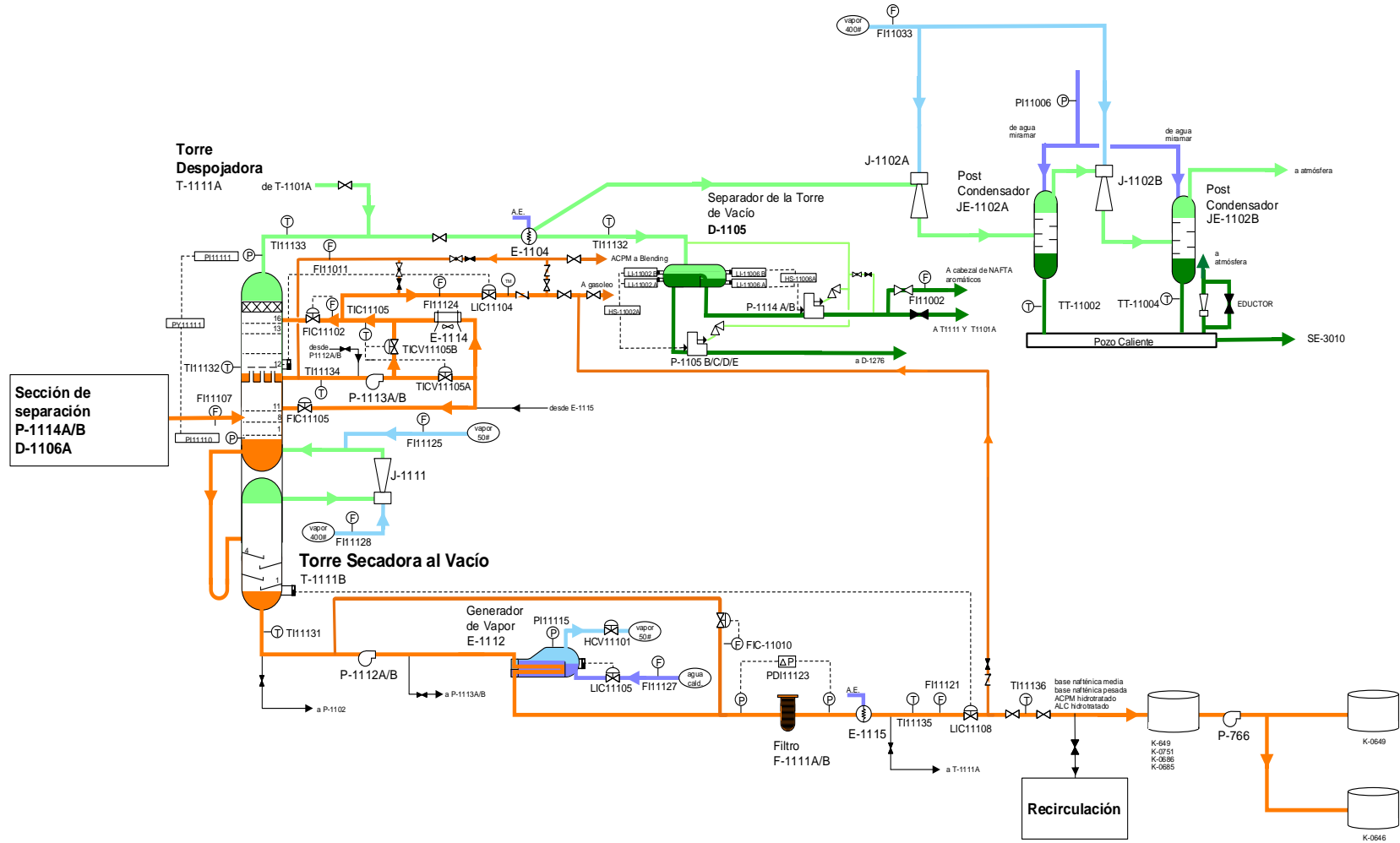
R., Ballou. Logística: administración de la cadena de suministro. México: Pearson educación, 2004. p.13. 9
ÁLVAREZ OCHOA, Francisco. Soluciones Logística. México: Alfaomega, 2014. p.11.

Revista dinero noticias de economía [en línea] (2014)
<https://www.dinero.com/especialescomerciales/articulo/lubricantes-industriales-colombia/192490>

T Lynch, Process Chemistry of Lubricant Base Stocks. CRC Press, Taylos & Francis Group, 2008, 172 – 205

Apéndices

Apéndice A. Manual de descripción de procesos de la unidad de tratamientos con hidrógeno.



03-	0,2	2,62	865	0,8	31,	76,		777	618		58,	9,5	7,0	6,5	-	-	19,	354,
25	6	1,00	,50	7	80	00		,40	,40		45	2	0	5	5,6	0,0	62	81
														4	5			
03-	0,2	2,71																454,
26	7	9,00																88
03-	0,0	168,																43,2
27	2	00																5
03-	0,0	5,00																2,50
28	0																	
03-	0,0	5,00																2,50
29	0																	
03-	0,0	165,																42,5
30	2	00																0
03-	0,0	5,00																2,50
31	0																	
04-	0,0	6,00	898	867	0,8	31,	72,	760	604	279	57,	8,4	6,4	5,9	-	-	17,	290,
01	0		,50	,00	7	50	00	,00	,00	,00	46	0	1	0	6,1	0,0	05	41
														7	6			

04-	0,0	6,00	898	0,9	25,	66,	61,	803	683	228	60,	-	12,	9,7	-	-	5,4	44,	306,
08	0		,70	0	80	00	00	,80	,10	,00	97	1,5	65	4	15,	0,1	7	21	61
											6				38	6			
04-	0,0	5,00	879	0,8	29,	62,		739	561	378	149	56,	4,1	7,1	4,8	-	-	15,	284,
09	0		,70	8	20	00		,90	,90	,00	,18	31	5	2	1	10,	0,1	78	71
																07	0		
04-	0,0	5,00	873	0,8	30,	69,		746	592	190	57,	6,5	6,7	6,4	-	-	17,	290,	
10	0		,40	7	40	00		,20	,90	,00	65	2	6	8	8,0	0,0	43	46	
															7	8			
04-	0,0	5,00	30,	0,8	30,	72,		746	625	182	58,	7,1	6,7	7,7	-	-	18,	274,	
11	0		60	7	60	00		,10	,50	,00	51	7	7	2	7,7	0,0	36	12	
															3	8			
04-	0,0	10,0	877	877	0,8	29,	51,	688	516	256	131	52,	2,4	2,8	2,5	-	-	6,8	244,
12	0	0	,70	,30	8	60	00	,10	,40	,00	,84	18	8	7	1	9,4	0,0	7	30
																1	9		
04-	0,0	5,00	865	0,8	31,	78,		796	605		58,	10,	8,0	5,7	-	-	24,	324,	
13	0		,90	7	80	00		,00	,50		80	66	6	5	5,6	0,0	65	30	
															4	5			

04-21	0,0	5,00	850	0,8	34,	73,	719	534	54,	12,	3,5	3,1	-	0,0	11,	317,
	0		,20	5	80	00	,80	,60	45	05	0	2	0,1	0	16	96
													4			
04-22	0,0	1,00	852	0,8	34,	62,	719	484	51,	7,7	3,4	0,6	-	-	7,2	302,
	0		,70	5	30	00	,40	,00	43	7	1	1	1,0	0,0	5	22
													8	1		
04-23	0,0	460,					760	500							10,	406,
	5	00					,80	,40							87	74
04-24	0,0	5,00	907	0,9	24,	44,	758	501	52,	-	10,	0,3	-	-	14,	315,
	0		,00	1	40	00	,50	,60	95	2,6	69	0	17,	0,1	27	53
									6				41	8		
04-25	0,0	5,00	910	0,9	23,	42,	768	513	52,	-	11,	0,0	-	-	14,	244,
	0		,20	1	80	00	,40	,70	85	3,5	31	4	18,	0,1	11	64
									2				26	9		
04-26	0,0	5,00	857	0,8	33,	16,	386	298	40,	-	-	-	-	-	12,	145,
	0		,20	6	40	00	,90	,80	86	8,9	7,4	5,7	2,7	0,0	62	06
									1	9	1	6	3			

04-27	0,0	5,00	878	0,8	29,	69,	712	546	54,	9,5	3,5	3,1	-	-	65,	234,
	0		,20	8	50	00	,80	,80	14	7	0	8	1,6	0,0	16	39
													5	2		
04-28	0,0	5,00	882	0,8	28,	62,	799	578	56,	3,9	9,9	2,7	-	-	20,	269,
	0		,00	8	80	00	,20	,70	51	9	7	1	10,	0,1	91	53
													72	1		
04-29	0,0	5,00	883	0,8	28,	65,	796	591	57,	3,8	10,	4,0	-	-	23,	263,
	0		,00	8	60	00	,10	,10	62	1	37	6	11,	0,1	15	19
													04	1		
04-30	0,0	5,00	873	0,8	30,	69,	796	592	57,	6,7	8,6	4,4	-	-	20,	271,
	0		,50	8	30	00	,80	,70	60	5	9	8	8,2	0,0	20	98
													4	8		
05-01	0,0	5,00	864	0,8	32,	70,	743	569	56,	8,4	5,3	4,7	-	-	13,	258,
	0		,10	6	10	00	,40	,70	14	1	8	2	5,1	0,0	41	42
													1	5		
05-02	0,0	5,00	857	0,8	33,	69,	739	530	54,	9,7	4,4	2,9	-	-	11,	236,
	0		,20	6	40	00	,60	,10	56	4	4	8	2,7	0,0	14	93
													6	3		

05-	0,0	5,00	858	0,8	33,	69,	730	532	54,	9,3	4,4	3,6	-	-	11,	312,
03	0		,40	6	20	00	,00	,40	96	4	0	1	3,1	0,0	14	81
													3	3		
05-	0,0	5,00	877	0,8	29,	77,	744	599	55,	13,	3,3	4,2	0,8	0,0	63,	317,
04	0		,50	8	60	00	,60	,00	51	01	7	4	3	1	57	02
05-	0,0	5,00	913	0,9	23,	67,	725	516	53,	9,3	4,0	2,0	-	-	13,	234,
05	0		,60	2	20	00	,90	,40	48	2	9	3	2,2	0,0	58	92
													1	2		
05-	0,0	7,00	851	0,8	34,	76,	736	567	55,	12,	4,0	4,0	-	0,0	12,	257,
06	0		,00	5	60	00	,70	,30	67	88	7	0	0,5	0	45	80
													2			
05-	0,0	5,00	858	0,8	33,	75,	718	610	57,	10,	4,2	6,9	-	-	14,	245,
07	0		,60	6	10	00	,50	,20	28	22	2	5	3,3	0,0	16	16
													1	3		
05-	0,0	5,00	869	0,8	31,	60,	795	515	53,	6,4	8,5	-	-	-	12,	243,
08	0		,10	7	20	00	,70	,10	38	8	8	1,5	6,6	0,0	56	71
													7	9	6	

05-	0,0	5,00	859	0,8	32,	73,		782	564		56,	10,	6,2	3,3	-	-	14,	249,
09	0		,90	6	90	00		,80	,30		29	56	3	4	3,6	0,0	93	49
															7	4		
05-	0,0	5,00	868	0,8	31,	68,		765	569		56,	7,4	6,6	4,1	-	-	15,	248,
10	0		,70	7	20	00		,70	,30		27	1	6	1	6,6	0,0	59	34
															9	6		
05-	0,0	5,00	873	0,8	30,	53,		730	565		55,	-	7,5	4,0	-	-	58,	241,
11	0		,80	8	30	00		,90	,70		27	0,0	6	7	14,	0,1	95	91
												3			33	5		
05-	0,0	5,00	866	0,8	31,	68,		745	527		55,	8,0	5,6	4,4	-	-	14,	255,
12	0		,10	7	70	00		,20	,00		96	0	0	6	5,8	0,0	72	84
															2	6		
05-	0,0	5,00	875	0,8	29,	65,		799	567		56,	5,9	9,6	2,0	-	-	20,	269,
13	0		,70	8	90	00		,70	,70		43	0	6	1	8,9	0,0	29	05
															1	9		
05-	0,0	5,00	857	0,8	33,	74,		710	528		56,	10,	4,2	5,5	-	-	12,	275,
14	0		,50	6	40	00		,80	,40		43	41	5	6	2,7	0,0	88	97
															6	3		

05-15	0,0	5,00	856	0,8	33,	60,	696	515	51,	6,1	2,7	1,8	-	-	6,8	538,
	0		,50	6	50	00	,90	,30	87	6	2	1	2,5	0,0	8	03
													8	2		
05-16	0,0	7,00	858	0,8	33,	70,	757	556	54,	10,	5,4	2,2	-	-	13,	245,
	0		,60	6	10	00	,90	,70	78	46	4	8	3,3	0,0	50	69
													1	3		
05-17	0,0	16,0	864	0,8	32,	50,	475		49,	2,3	2,6	0,3	-	-	4,2	509,
	0	0	,00	6	10	00	,00		28	5	3	9	5,1	0,0	0	29
													1	5		
05-18	0,0	5,00	868	0,8	31,	60,	798	544	53,	6,7	7,6	-	-	-	12,	372,
	0		,90	7	20	00	,40	,50	02	4	1	0,7	6,6	0,0	09	84
												2	9	6		
05-19	0,0	17,0	912	0,9	23,	67,	794	547	55,	8,0	7,8	1,8	-	-	36,	336,
	0	0	,20	1	50	00	,50	,50	75	4	9	6	6,3	0,0	42	70
													5	6		
05-20	0,0	5,00	863	0,8	32,	66,	777	543	54,	8,1	6,5	1,5	-	-	13,	258,
	0		,90	6	10	00	,20	,00	63	4	2	6	5,1	0,0	05	25
													1	5		

05-27	0,0	2,00	845,80	0,85	35,60	85,00	733,30	608,50	57,91	15,33	3,37	7,47	1,41	0,01	13,03	281,67
05-28	0,0	5,00	881,40	0,88	28,90	55,00	798,10	529,70	53,61	3,20	9,76	-0,67	-10,56	-0,10	12,23	275,12
05-29	0,0	5,00	888,80	0,89	27,50	55,00	773,10	551,80	54,63	1,48	10,41	0,79	-12,03	-0,17	15,80	260,66
05-30	0,1	995,00	864,70	0,86	32,60	73,00	736,20	611,80	57,38	8,70	5,31	6,58	-5,29	-0,05	15,06	294,21
05-31	0,0	53,0	860,20	0,86	32,60	70,00	728,80	569,50	55,51	9,18	4,66	4,23	-3,86	0,04	12,25	256,84
06-01	0,0	19,0	857,30	0,86	33,40	73,00	728,40	585,00	56,19	10,59	4,48	4,99	-2,76	0,03	12,70	258,63

06-	0,0	7,00	912	0,9	23,	67,	744	515	53,	9,1	5,5	1,2	-	-	48,	327,
02	0		,90	1	30	00	,30	,30	95	7	0	7	3,3	0,0	12	64
													1	3		
06-	0,0	5,00	858	0,8	33,	53,	687	448	49,	4,5	2,5	0,1	-	-	5,1	223,
03	0		,10	6	20	00	,40	,00	07	3	0	9	3,1	0,0	8	86
													3	3		
06-	0,0	5,00	857	0,8	33,	54,	694	475	49,	4,7	2,4	0,3	-	-	5,5	294,
04	0		,60	6	30	00	,00	,20	47	3	9	8	2,9	0,0	2	19
													4	3		
06-	0,0	5,00	880	0,8	29,	63,	797	564	56,	4,6	10,	1,6	-	-	20,	270,
05	0		,10	8	10	00	,20	,30	37	0	54	3	10,	0,1	03	15
													23	0		
06-	0,1	1,90	886	0,8	28,	50,	521		52,	1,5	7,9	0,4	-	-	9,4	290,
06	9	7,00	,40	9	00	00	,60		53	5	2	1	12,	0,1	4	53
													00	2		
06-	0,1	1,78	880	0,8	29,	52,	763	521	52,	2,6	7,0	0,6	-	-	9,6	304,
07	8	9,00	,80	8	00	00	,50	,60	49	3	2	3	10,	0,1	8	21
													39	0		

06-	0,1	1,38															693,
15	4	7,00															57
06-	0,1	1,24	924	0,9	21,												47, 281,
16	2	5,00	,40	2	40												86 21
06-	0,1	1,76	864	0,8	32,	51,	712	462	49,	3,5	3,0	0,1	-	-			5,3 282,
17	8	7,00	,80	6	00	00	,00	,20	28	3	7	7	5,2	0,0			1 46
													9	5			
06-	0,0	311,	859	0,8	33,	55,	692	468	50,	4,8	2,5	0,7	-	-			5,0 237,
18	3	00	,60	6	00	00	,60	,70	09	5	2	6	3,4	0,0			8 39
													9	3			
06-	0,0	5,00	856	0,8	33,	63,	713	510	52,	8,3	3,6	1,2	-	-			8,5 241,
19	0		,40	6	60	00	,80	,30	16	9	5	8	2,3	0,0			1 32
													9	2			
06-	0,0	619,	889	0,8	27,	43,	695	466	49,	0,6	4,7	0,3	-	-			5,6 233,
20	6	00	,80	9	40	00	,70	,20	83	8	9	4	12,	0,1			8 32
													94	3			
06-	0,0	618,	852	0,8	34,	56,	687	460	49,	4,9	2,0	0,4	-	-			4,9 229,
21	6	00	,00	5	40	00	,70	,60	49	4	7	6	0,9	0,0			8 89
													0	1			

06-22	0,0	596,00	883,50	0,88	28,50	57,00	689,50	462,40	49,63	5,17	2,10	0,48	-	0,00	68,55	231,78
														2		
06-23	0,0	5,00	886,70	0,89	27,90	48,00	647,10	442,60	48,02	2,03	0,47	0,46	-	-	32,33	214,87
														1	3	
06-24	0,0	5,00	873,60	0,88	30,30	46,00	690,30	476,40	49,72	2,04	1,83	1,04	-	-	23,90	217,60
														4	8	
06-25	0,0	5,00	877,10	0,88	29,80	49,00	723,00	479,80	50,53	2,63	4,43	0,57	-	-	6,50	233,66
														4	9	
06-26	0,0	5,00	872,10	0,87	30,70	48,00	698,90	463,80	49,55	2,52	2,81	0,62	-	-	5,68	240,38
														3	8	
06-27	0,0	5,00	872,50	0,87	30,70	49,00	734,90	467,40	49,81	3,06	4,32	0,04	-	-	5,82	206,66
														0	8	

06-28	0,0	5,00	869	0,8	31,	50,	714	475	50,	3,2	3,2	0,7	-	-	5,5	204,
	0		,90	7	00	00	,00	,00	18	2	9	2	7,0	0,0	6	82
													4	7		
06-29	0,0	5,00	868	0,8	31,	49,	703	442	49,	3,0	2,7	0,3	-	-	5,1	224,
	0		,50	7	30	00	,20	,90	10	0	7	3	6,5	0,0	3	18
													2	6		
06-30	0,0	5,00	870	0,8	30,	434	687	496	51,	379	2,4	1,7	-	-	40,	493,
	0		,30	7	90	,00	,20	,60	80	,01	7	8	1,2	0,0	13	96
													7	1		
07-01	0,0	5,00	851	0,8	34,	55,	670	458	49,	4,6	1,4	0,6	-	0,0	4,6	247,
	0		,00	5	60	00	,60	,10	20	5	6	3	0,5	0	4	67
													2			
07-02	0,0	5,00	852	0,8	34,	83,	722	628	58,	13,	3,8	8,2	-	-	14,	265,
	0		,30	5	40	00	,10	,30	29	52	0	9	0,9	0,0	38	24
													0	1		
07-03	0,0	5,00	850	0,8	34,	61,	677	497	51,	6,6	1,8	1,5	-	0,0	6,0	296,
	0		,10	5	70	00	,10	,70	08	9	5	4	0,3	0	0	76
													3			

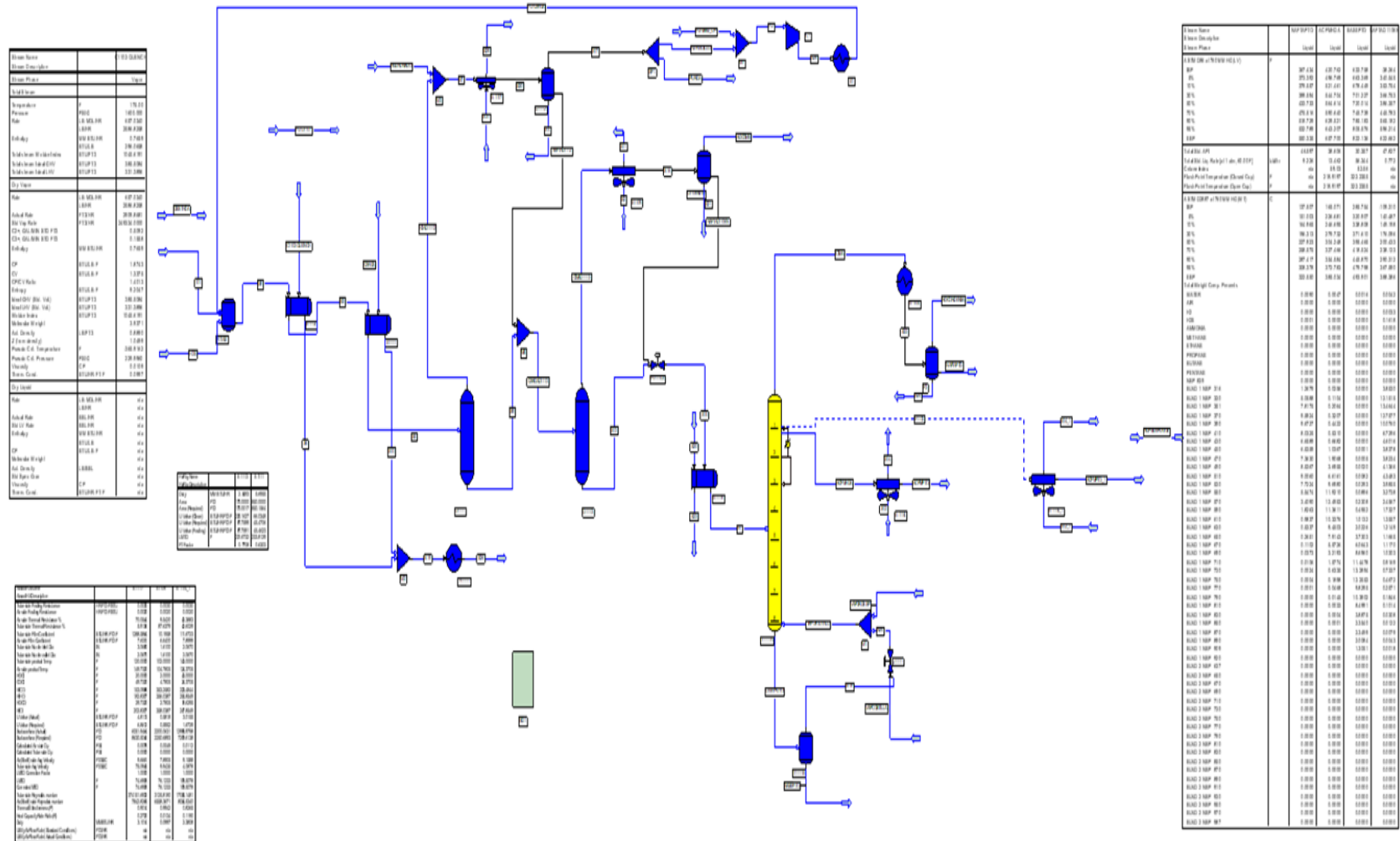
09-	0,2	2,54	920	0,9	22,												38,	441,	
01	5	5,00	,90	2	00												46	57	
09-	0,0	5,00																2,50	
02	0																		
09-	0,2	2,74																458,	
03	7	0,00																08	
09-	0,2	2,24	865	0,8	31,	49,	673	394	48,	3,4	2,2	0,2	-	-			5,2	306,	
04	2	9,00	,80	7	80	00	,50	,50	50	6	5	3	5,6	0,0			9	31	
													4	5					
09-	0,0	62,0	0,9		23,	51,	618		57,	-	9,5	6,4	-	-			21,	319,	
06	1	0	1		90	00	,60		31	4,0	5	7	18,	0,1			07	20	
										7			12	9					
09-	0,0	5,00																5,50	
07	0																		
09-	0,0	25,7	887	0,8	27,													27,	125,
08	0	0	,60	9	80													42	43
09-	0,0	5,00	893	875	0,8	30,	74,	723	564	59,	9,8	15,	-	-	-			50,	265,
09	0		,50	,10	8	00	00	,60	,40	85	9	95	2,7	8,7	0,0			57	46
													7	4	9				

10-	0,0	5,00														2,50
17	0															
10-	0,0	5,00														2,50
18	0															
10-	0,0	5,00														2,50
19	0															
10-	0,0	5,00														2,50
21	0															
10-	0,0	5,00														2,18
22	0															
10-	0,0	5,30	878	0,8	29,	54,	749	468	51,	5,6	7,6	-	-	-	29,	281,
23	0		,20	8	50	00	,10	,80	42	1	6	1,0	9,5	0,0	62	18
												2	7	9		
10-	0,0	5,00														2,50
24	0															
10-	0,0	5,00														2,50
25	0															
10-	0,0	20,8														7,20
26	0	0														

11-	0,0	24,0	899	0,9	25,	54,			56,	-	10,	3,9	-	-	20,	193,
04	0	0	,30	0	70	00			42	1,3	52	4	15,	0,1	10	96
									0				53	6		
11-	0,0	5,00														2,50
05	0															
11-	0,0	2,00	873	0,8	30,	54,	823	508	52,	4,6	11,	-	-	-	11,	275,
06	0		,80	8	30	00	,80	,10	10	4	07	5,1	8,2	0,0	67	12
												6	4	8		
11-	0,0	1,60														0,80
07	0															
11-	0,0	2,00														1,75
08	0															
11-	0,0	2,00														1,75
09	0															
11-	0,0	4,00														2,25
10	0															
11-	0,0	2,00	859	0,8	32,								-	-	9,7	82,4
11	0		,80	6	90								3,6	0,0	3	9
													7	4		

11-	0,0	2,00	1,00
12	0		
11-	0,0	5,50	2,75
13	0		
11-	0,0	5,00	2,50
14	0		
11-	0,0	5,00	2,50
19	0		
11-	0,0	5,00	2,50
20	0		
11-	0,0	5,00	2,50
21	0		
11-	0,0	5,00	2,50
22	0		
11-	0,0	5,00	2,50
23	0		
11-	0,0	5,00	2,50
24	0		

Apéndice C. Simulación de la U1100 en PRO II.



Apéndice D. Especificación del control de cambios para producción de Base Parafínica Liviana. Ecopetrol, 2022

PLAN DE CALIDAD PARA LA PRODUCCION DE BASES PARAFINICAS Y PARAFINAS



REFINACIÓN DEPARTAMENTO DE PARAFINAS Y FENOL

RFN-L-015

Elaborado 01/04/2022

Versión: 3

PROCESO	CALIDAD	NIVEL DE CONTROL	METODO DE CONTROL Y VERIFICACION				CONTINGENCIA		
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	CARACTERÍSTICA DE CALIDAD	PARÁMETRO DE CONTROL DEL PROCESO	ESTÁNDAR O ESPECIFICACIÓN	MEDICIÓN MUESTREO FRECUENCIA	INSTRUMENTO EQUIPO	DOCUMENTOS, PROCEDIMIENTOS, REGISTROS	RESPONSABLE	ACCIÓN	RESPONSABLE
REFINACIÓN	Cantidad de crudo	Bache programado de cada bache de crudo	Volumen de recibodiario de crudo según	Diario o por bache	FQ-3851/FQ-3852	Programa de suministro de crudos	Tablerista de casa de bombas	Ejecutar direccionamiento de Planeación de la producción sobre el ajuste a programa de recibo de crudos	Tablerista de casa de bombas

CRUDOS		programa	3853/FQ-	Tiquetes	8.
		semanal de	3854	de	
		producción	FQ-	medición	
			3855/FQ-	SIO	
			3856		
			FQ-		
			3857/FQ-		
			3858		
			FQ-		
			3859/FQ-		
			3860		
Especificaciones de crudo	°API	Mezcla Ocensa >=39	AS3851,AS 3852	Históricos DCS, CDLAB, SIO, TIQUETE S DE LIQUIDA	Realizar segregación de crudos

	Caño Limón	AS3857,AS	CION	
	>= 30	3858		
		AS3859,AS		
		3860		
	LCT >= 25	DI31051,DI		
		31052		
		DI31053,DI		
		31054		
	HCT >= 29	DI31055,DI		
		31056		
		DI31057,DI		
		31058		
		DI31058,DI		
		38060		
		AS3851,AS	CDLAB	
		3852		
SAL	<= 20 Lb/ Kb	AS3853,AS		
		3854		No autorizar recibo de crudo

	la mezcla		haya mezcla	S3853, S3854 FIC38012 al FIC38031	1	bombas 8.		
					PPD-PPD- I-004			
					Instructivo de para drenaje Tanques.	Operado r deCB 2 Operado		Operad or de CB 2
Contenido de agua libre	Drenar tanque	Nula al drenar	entregar y/o tanque de componente	Cinta de Medición Válvula de drenaje Válvula decantadora		Informe de fin de turno, registro en SIO	Operado r deCB 8	Operad or de CB 8
V. B.	NN mg KOH/g	U-150 <= 2.0	Según	Toma	Acuerdo	Tableris		Tableris
Entrega a Planta	AZUFRE % peso	U-150 <= 1.0	acuerdo de servicio	muestra puntual en	de Servicio Programa	a casa de bombas	Ajuste a relación de mezcla	ta casa de

SAL Lb/KB	<= 15 Lb/Kb	entre	línea en	de Análisis	8.		bombas
BSW %	<= 0.5 %	laboratorio y	mezclador	Departame	Operado	Decantación y drenaje	8.
volumen	Volumen	Dpto.de	Tanques	nto de	r de		
		refinación de	carga a	Materias	Casa		Operad
		Crudos.	Planta	Primas	Bombas		orcasa
				CID-CID-	2		de
				F-166			bombas
				CDLAB			2

PLAN DE CALIDAD PARA LA PRODUCCION DE BASES PARAFINICAS Y PARAFINAS



REFINACIÓN

DEPARTAMENTO DE PARAFINAS Y FENOL

RFN-L-015 **Elaborado** **Versión: 3**
01/04/2022

PROCESO	CALIDAD	NIVEL DE CONTROL	METODO DE CONTROL Y VERIFICACION	CONTINGENCIA					
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	CARACTERÍSTICA DE CALIDAD	PARÁMETRO DE CONTROL DEL PROCESO	ESTÁNDAR O ESPECIFICACIÓN	MEDICIÓN MUESTREO FRECUENCIA	DOCUMENTOS, PROCEDIMIENTOS, REGISTROS	INSTRUMENTO EQUIPO	RESPONSABLE	ACCIÓN	RESPONSABLE
REFINACIÓN	Viscosidad(V100)	Temperatura de salida del plato colector de Destilado	Destilado Liviana3.9 - 4.6	Mantener 2 veces por turno de 8 horas. y mediciónen	Viscosímetro Laboratorio y	ASTM D-445 CDLAB. Colocar	Tablerista COR U-150/U200	1. Ajustar reflujo caliente en el FRC-1311 y ajustar reflujo medio en el FRC-1303.	Tablerista COR U-150 U-200

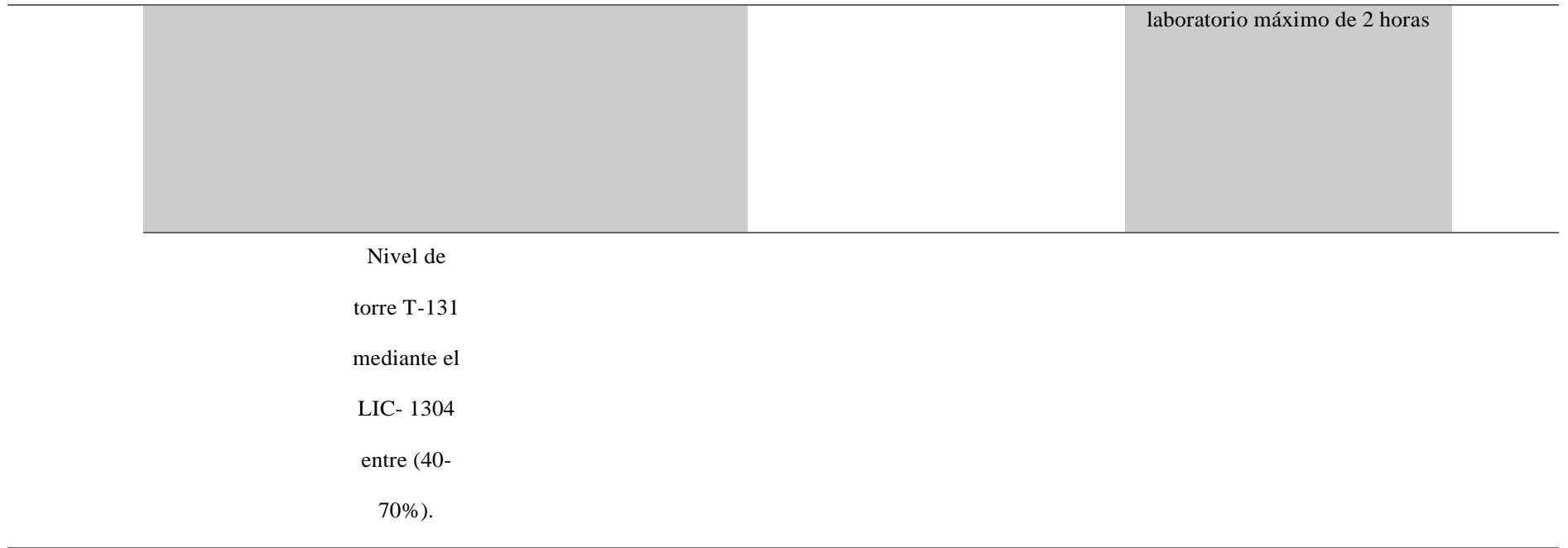
IÓN DE	Liviano	Destilado	línea	Viscosímetr	código de	2. Verificar la inferencia de las		
CRUDOS	(425-485	Medio7 - 9		os enlínea.	programa	viscosidad en el control		
	°F)			TI-130112	de análisis	avanzado respecto al dato de		
DESTILAC	Temperatur a desalida del plato colector de Destilado Medio(480- 530°F)			TI-130113	del	laboratorio.		
ION AL							departame	3. En caso de superar la V100
VACIO							nto de	hasta 9,2 cSt en DPM y 5,1 cSt
							refinación.	en DPL se debe esperar el
						siguiente dato, si este segundo		
						dato repite y arroja un valor		
						hasta 9,2 cSt en DPM y 5,1 cSt		
						enDPL se debe desviar a GAO		
						hasta entrar en especificación.		
						SIEMPRE EL DATO		
						HABILITADOR ES EL DE		
						LABORATORIO.		
						4. En caso de presentarse un		
						valor por debajo hasta 6,5 cSt		
						en DPM y 3,4 cSt en DPL se		
						debe revisar los últimos 3 datos		

							de V100 si estos están en especificación mantener el recibo del producto hasta el siguiente resultado de muestra, si el siguiente resultado se mantiene por debajo hasta 6,5cSt en DPM y 3,4 cSt en DPL, enviar a GAO.	
							5. En caso de presentarse un valor menor a 6,5cSt en DPM y 3,4 cSt en DPL enviar a GAO de inmediato.	
							Enviar cheque una vez se desvíe a GAO, laboratorio tiene un tiempo de respuesta de 2 horas para este análisis	
5% de Recobrado	Temperatura de salida del plato	Destilado Liviano (Mín. 345	Tres veces por día (cada 8h)	Cromatografía de	ASTM D-2887 CDLAB.	Tablerista COR	1. Destilado liviano ajustar flujo de vapor a despojadora T-132 A de destilado liviano en el FIC-	Tableristas COR

colector de Destilado Liviano (425-485 °F)	°C) Destilado Medio (Mín. 375 °C)	laboratorio. TI-130112 TI-130113 FIC-1327 FIC-1328 TRC-1303 FRC-1330/31	Colocar código de programa de análisis del departamento de refinación.	U-150/U20 0	1327 y ajustar flujo de vapor a despojadora T-132 B de destilado liviano en el FIC-1328. 2. Verificar la inferencia del 5% de recobrado en el control avanzado respecto al dato de laboratorio. 3. Fondo de vacío ajustar flujo de vapor a despojadora T-131 mediante el FRC 1330/31.	U-150 U-200
Temperatura de salida del plato colector de Destilado Medio (480-530°F)						
Temperatura de salida del horno H-130 (645-660°F)						

Volatilidad	Temperatura de salida del plato colector de Destilado Liviano (425-485 °F)	Destilado liviano 17 g/100g	Tres veces por día (Cada 8 h). Se reporta con la destilación del DPL

1. En caso de incumplimiento por encima de la volatilidad del DPL hasta 20 g/100g almacenar en tanque FE, si la volatilidad esta por encima de 20g/100g enviar de inmediato a GAO.
2. El tanque que recibe el producto hasta 20g/100g se debe configurar en SIO-ROMSS como producto FE para que no cuente en el programa de producción.
3. Cuando se cargue el tanque FE a la U1200 se debe recuperar la parafina y el aceite desparafinado se debe degradar a GAO.
Pedir cheque cuando supere 20 mg/100g Respuesta de



PLAN DE CALIDAD PARA LA PRODUCCION DE BASES PARAFINICAS Y PARAFINAS



REFINACIÓN DEPARTAMENTO DE PARAFINAS Y FENOL

RFN-L-015

Elaborado 01/04/2022

Versión: 3

PROCESO	CALIDAD	NIVEL DE CONTROL	METODO DE CONTROL Y VERIFICACION				CONTINGENCIA
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	CARACTERÍSTICA DE CALIDAD	PARÁMETRO DE CONTROL DEL PROCESO	ESTÁNDAR O ESPECIFICACIÓN	MEDICIÓN MUESTREO FRECUENCIA	INSTRUMENTO EQUIPO	DOCUMENTOS, PROCEDIMIENTOS, RESPONSABLES, REGISTROS	RESPONSABLES ACCIÓN
	Color ASTM	Temperatura de salida del plato colector de Destilado Liviano (425-485	Destilado Liviano (Max 2) Destilado Liviano (Max 4)	6 veces por día para DPM (2 por turno de 8 horas) 3 Veces por	Colorímetro ASTMLIC-1304	ASTM D-1500 CDLAB Colocar código de programa	1. Desviar el producto para el pool de gasóleo. Tablerista 2. Bajar carga a torre T-131. COR 3. Monitoreo en campo del color mediante muestreos. U-150 U200 4. Cuando la V100 esté por

°F).	día para	de análisis	encima del máximo hasta 0,5 se
Temperatur	DPM (1 por	del	debe realizar monitoreo en
a desalida	turno de 8	departame	campo de color mediante
del plato	horas)	nto de	muestreo e inspección visual 6
colector de		refinación.	veces por turno de 12 horas.
Destilado			
Medio			
(480-			
530°F).			
Flujo al			
lecho 5 de			
la T-131			
mediante el			
FIC-1313 (
Min			
1200°F).			

VoBo Carga

DPM/L:

demamda

U1200 MEK

* 5%

Operad

		Recobrado					orde
		* Color					Logistic
		ASTM					aPPF
		* V100					
		* VOLATI					
		LIDAD					
		DPL					
REFINACI ÓN	Temperatur a salidaE- 1203 K/L/M/N (30 a 80°F)	Desparafina	Nevera de 5	ASTM	1. Ajustar TIC de los		
		do Liviano (>=-3 <=- 42).	baños para ASTM D97TIC-	D97. CDLAB. Colocar	E1203K/L/M/N 2. Verificar caídas de presión de Chillers para detectar		
PRODUCC ION DE BASES LUBRICA NTES Y PARAFIN AS	Punto de fluidez	Desparafina do Medio (>=-3 <=- 42). Desparafina do Bright Stock (>=-3 <=-42).	Una vez por turno	12506 TIC- 12507 TIC- 12508 TIC- 12509 FRC- 12210 FIC- 12502 FIC- 12503 FIC- 12504 FIC-	código de programa de departame nto de parafinas y fenol CID- CID-F-	3. Verificar distribución de cargas a los 3 chorros 4. Verificar nivel de líquido de propileno en cada chiller 5. Verificar temperaturas de entrada de las diluciones	Tableris taCOR

Temperatura de salida E-1204 < 5 °F.	12505	166.	6. Coordinar con Operador de Chillers el cambio del E-1207 A-B
Temperatura de salida E-1207 A/B < 5 °F	FFIC-12030		
	FIC-12021		
	FRC-12211		7. Verificar visualmente calidad del solvente limpio (agua y aceite).
	FRC-12112		
	+ FFIC-12024+FRC-12212		8. Verificar presión de succión y recirculación del C1201
	FFIC-12027+FFIC-12026		9. Verificar nivel de líquido en E1207/8.
	C-12026+FRC-12213		10. Realizar verificación visual de lonas en los filtros que se encuentran en la etapa de desparafinado y hermeticidad de las válvulas de solvente caliente a lavado de cada filtro.
	FRC-12127		
	FRC-12128		
	TRC-12110		
TRC-12111			
TRC-12112			

Índice de VI Desparafina Una vez Viscosímetro ASTM En caso de no lograr los valores

<p>viscosidad</p>	<p>do Liviano (>=5) Desparafina do Medio (>=5)</p>	<p>por turno os D2270</p>		<p>establecidos se deberá desviar a gasóleo o realizar proceso de hidrogenación a alta severidad para mejorar parámetro</p>
<p>PIE</p>	<p>>= a 300°C Para el para el aceite desparafina do liviano y medio.</p>	<p>Una vez por día Toma muestra puntual</p>	<p>(ASTM 2887)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. En caso de tener un valor por debajo hasta 290°C Mantener producto a tanque y esperar siguiente dato, si el segundo dato repite por debajo de 300°C enviar a GAO. 2. Valores por debajo de 290°C el supervisor COR NORTE debe enviar a GAO y realizar ajustes de inmediato en el recobro de desparafinado y enviar cheque para el siguiente turno.

PLAN DE CALIDAD PARA LA PRODUCCION DE BASES PARAFINICAS Y PARAFINAS

REFINACIÓN

DEPARTAMENTO DE PARAFINAS Y FENOL



RFN-L-015

Elaborado

01/04/2022

Versión: 3

PROCESO	CALIDAD	NIVEL DE CONTROL	METODO DE CONTROL Y VERIFICACION				CONTINGENCIA		
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	CARACTERÍSTICA DE CALIDAD	PARÁMETRO DE CONTROL DEL PROCESO	ESTÁNDAR O ESPECIFICACIÓN	MEDICIÓN MUESTREO FRECUENCIA	INSTRUMENTO EQUIPO	DOCUMENTOS, PROCEDIMIENTOS, REGISTROS	RESPONSABLE	ACCIÓN	RESPONSABLE
SEPARACIÓN DE	Penetración de la Parafina a 25°C	Temperatura SalidaE-	Parafina liviana	Una vez por día	Penetrómetro	ASTM D1321		1. Verificar visualmente calidad del solvente sucio(agua y	NORTE

ACEITES	1206 45 -	(<=6;>=18)		CDLAB	aceite).
PARAFINI	75°F	Parafina		Colocar	2. Controlar entre 60°F y 65°F
COS Y	Temperatura en D-1253 40-70°F	media		código de	temperatura del SD-1253.
PARAFIN		(<=8;>=15)		programa	3. Verificar nivel de líquido en
AS				de	E1206.
				departamento de	4. Ajustar flujo de solvente a las botas de repulpa.
			parafinas y		5. Ajustar temperatura del
			fenol CID-		E1206 y E1251.
			CID-F-166		6. Colocar solvente frío de
					E1207 a las botas de filtros de repulpa.
	Solvente a				
	botas de	Parafina		Balanza	ASTM
	filtración	liviana (<=		Baño a	D721
Contenido de	primaria (Re	3)	Una vez	100°C Baño	CDLAB
aceite (%)	lación	Parafina	por turno	a -47°C	Colocar
	solvente	media (<=3)		Evaporador	código de
	bota / carga			de MEK	programa
					FIC-12602A FIC-12602B FIC-12606A FIC-12606B FIC-12601A/B FIC-12605A/B FIC-12608A/B LIC-12601A/B LIC-12604A/B LIC-12607A/B

1,2:1 -	de
1,6:1).	departame
solvente a	nto de
botas de	parafinas y
filtración	fenol CID-
de repulpa	CID-F-166
(Relación	
solvente	
bota / carga	
0.5:1-	
0.8:1).	
Lavado de	
torta de	
(60-70 Bls)	
para	
desparafina	
do, (30-	
44 Bls)	
parara	

repulpa y
desaceitado

Nivel en
filtros

Flujo de
diluciones
(65-95%)

REFINACIÓN	Relación	Base	ASTM	1. Ajustar FIC-70006 y FIC-
ÓN	solvente/car	liviana	D721	70001
PRODUCCIÓN DE	ga (1.6-	(>=85;<=1	FIC-70006	Ajustar TRC-70003 oTRC-
BASES	2.0).	00)	ASTM 445,	70006
LUBRICANTES Y	Índice de	Base media	ASTM 2270.	Supervisor
PARAFIN	viscosidad	(>=85;<=1	TI-70041	or
	Temperatura	00)	TI-70041	Consola
	Cima T-	Una vez	TI-70031	Sur
	755 (165-	por turno	LIC-70008	de
	185°F).	Base Bright		departamento de
		Stock		70006
				4. Ajustar FIC-70005 Y FIC-
				70004

Tableris
taCOR
SUR

AS	Delta de (≥ 85)	parafinas y	5. Ajustar FRC-70003
	temperatura	fenol CID-	6. Revisar delta temperatura
EXTRACC	cima y	CID-F-166	cima-fondo T-755
ION	fondo T-		7. Verificar con LG de la torre
LIQUIDO	755 (8-13		8. Ajustar nivel en el control de
DE	°F).		nivel de lastorres T-753 A y T-
ACEITES	Relación de		752A
DESPARA	agua de		
FINADOS	cima y		
	fondo		
	respecto a		
	la		
	carga(1.5-		
	4.0).		
	Nivel		
	interface T-		
	755 (5-		
	18%).		

PLAN DE CALIDAD PARA LA PRODUCCION DE BASES PARAFINICAS Y PARAFINAS



REFINACIÓN DEPARTAMENTO DE PARAFINAS Y FENOL

RFN-L-015

Elaborado 01/04/2022

Versión: 3

PROCESO	CALIDAD	NIVEL DE CONTROL	METODO DE CONTROL Y VERIFICACION				CONTINGENCIA
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	CARACTERÍSTICA DE CALIDAD	PARÁMETRO DE CONTROL DEL PROCESO	ESTÁNDAR O ESPECIFICACIÓN	MEDICIÓN MUESTREO FRECUENCIA	INSTRUMENTO EQUIPO	DOCUMENTOS, PROCEDIMIENTOS, RESPOSABLES, REGISTROS	RESPONSABLE ACCIÓN
	Contenido de Fenol	Nivel T-753A (30-70%) Nivel T-752A (30-70%)	Fenol, % m = 0.005 máx.	Una ve por día. Método UOP 751	LIC-70006 LIC-70002		

REFINACION	Temperatura a Salida	Una vez						
PRODUCCION DE BASES LUBRICANTES Y PARAFINAS	Color	Parafina liviana y media >= +18 Saybolt	Una vez por turno. Método (ASTM150) Base 0) Base Método (ASTM D156) Parafina	TIC-1120	ASTM D721. CDLAB. Colocar código de programa de departamento de parafinas y fenol CID-CID-F-166.	Supervisor Consola Sur	1. Ajustar temperatura salida Horno	Tableris taCOR SUR
HIDROTRAMIENTOS DE PARAFINAS, BASES LUBRICANTES Y	Temperatura a Salida (H-1121 540-590°F Parafinas)	Parafínicas)		TIC-11001			2. Poner a circular el producto	
	Presión del sistema (1200-1450 psig)	Corrosión 1 laminada cobre a 100°C	Visto bueno de tanque, Método ASTM D130	PIC-11002			3. Cuando se circule por inventario, se manejará temperatura entre 500-520°F	
	Relación H2/Carga (1000)			FI-11034FI-11025			4. Ajustar temperatura salida Horno	


<p>COMBUST IBLES</p>	<p>PSCH de Hidrógeno/ Barril de carga mínimo)</p> <p>Presión de Vacío en T- 1101 A (B. Parafínicas 20 - 30In Hg De vacío)</p>			<p>FIC-11001</p>		<p>11005 5. Ajustar la relación subiendo H2 o bajando carga. 6. Colocar a circular el producto 7. Ajustar carga en el C1101-02 A/B 8. Poner a circular 9. Si el vacío es <20", revisar flujo de vapor y agua al J-1101 (B. Parafínico) o J-1121 (Parafina) 10. Revisar temperaturas en E- 1104 (B. Parafínica) o E-1124 Parafina)</p>
	<p>T-1121 A (Parafinas 20 - 30 In Hg De vacío)</p>		<p>FIC-11201</p>			
<p>Contenido de agua libre</p>	<p>Temperatura de cima</p>	<p>ZZétodo cualitativo</p>	<p>Visto bueno de</p>	<p>TII1029</p>	<p>Colocar código de</p> <p>Supervis or</p> <p>1. Ajustar temperatura de cima. 2. Ajustar flujo vapor de</p>	

	T-1101A (B. Parafínicas) 250°F-295°F parafínicas	(PASA, NO PASA) Método cualitativo ASTM4377	tanque, Método cualitativo ASTM4377	programa de departame nto de parafinas y fenol CID-	consola sur	despojo en T-1101A(B. Parafínica) y T-1121A (Parafina)	
	Temperatura entrada T-1121A (Parafina) 30°F-500°F Parafina						
REFINACIÓN	Color Saybolt +18.						
ADMINISTRACIÓN	Contenido de aceite 3.0		Visto				
	Penetración a 25°C 6-18	VoBo	Bueno		Operado		Operador de
RACIÓ	Humedad Reportar	análisis de laboratorio	según tanque para		Logística		Logística
DE	Punto de Fusión 48.9 - 58.1		venta		a		a
INVENTA	(Liviana)						

RIOS	58.1 - 65.6 (Media)			
GESTIÓN DE TRASLAD O (PARAFÍN AS)				
REFINACI ÓN	Color ASTM	1.5 (Liv) - 3.5 (Med)	ASTM D1500	
ADMINIST RACIÓ Plan_NdDE calidad_d	Corrosión lámina de cobre 1		ASTM D130	*Operad or de *Opera dor

Apéndice E. Análisis de factibilidad para control de cambios de la U1100 (Ecopetrol, 2022)

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA CONTROL DE CAMBIOS DE PLANTA		
RESPONSABILIDAD INTEGRAL DIRECCIÓN DE HSE & GESTIÓN SOCIAL		
ECP-DHS-F-177	Elaborado 26/10/10	Versión: 1
1. Información general		
Localización:	U-1110, Casabombas 1, CDU, Llenadero	Área: Departamento de Parafinas y Fenol y materias primas
Proponente:	Wilber Carmona, Nestor Fernando Rojas, Nelson Quijano	
Nombre de la iniciativa:	FACILIDADES PARA ENVIO DE BASE PARAFINICA ULTRALIVIANA A CARROTANQUE EN LLENADERO DESDE PARAFINAS (U-1110)	
2. Descripción del proceso Actual		
<i>Descripción del sistema actual, características y forma de operación. Identificación de la necesidad del cambio. Descripción breve del problema</i>		
<p>Actualmente la unidad de hidrodesaromatización (U-1110 HDA) en el departamento de parafinas y fenol procesa la producción de bases lubricantes parafínicas y nafténicas, en la cual se generan dos corrientes valiosas, la primera base lubricante por el fondo de la ST-1111B y segunda por la batea de la ST-1111A una corriente ultraliviana que es enviada al pool de blending de ACPM, la U-1110 bajo este esquema de operación mejora VI y color de las bases lubricantes y en la corriente ultraliviana el número de cetona siendo esta utilizada como corrector para el pool de blending de ACPM, además esta corriente ultraliviana es apreciada en la industria como aditivo para la mejora en el desempeño de los vehículos DIESEL.</p>		
3. Descripción del sistema propuesto		
<i>Descripción y Alcance del sistema propuesto. Descripción breve de la solución planteada</i>		
<p>Con el propósito de asegurar el cumplimiento de las propiedades del producto BASE PARAFINICA ULTRALIVIANA, se realizará una hidrodesaromatización acorde a las especificaciones requeridas por el cliente (Avaladas por el laboratorio central de la GRB), este producto será enviado por la línea existente de GAQH al tanque K-656 con capacidad max de 695 bis, cabe indicar la corriente BASE PARAFINICA ULTRALIVIANA tiene una temperatura de 220°F y una presión de 120 psi. Para la venta se utilizara la bomba SP-3142G y el brazo FY-31121 del llenadero.</p> <p>A continuación se indican las especificaciones de calidad de la BASE PARAFINICA ULTRALIVIANA Viscosidad 40°C: 9.0-11.0 ; Viscosidad 100°C típica: 2.61 ; Azufre: Max 300ppm</p>		
4. Objetivo del requerimiento		
<i>Para qué se hace el cambio</i>		
1. Aprovechar la corriente liviana valiosa a partir de del desarrollo, producción y comercialización de 0,36 KBPD de BASE PARAFINICA ULTRALIVIANA		
5. Beneficios esperados		
<i>Qué se espera ganar (o ahorrar) al ejecutar este cambio (tangibles o intangibles)</i>		
1. Incrementar el margen de utilidad a partir de la comercialización de la BASE PARAFINICA ULTRALIVIANA en el portafolio de Ecopetrol en +/- 10 USD/bi tratado (Ajustado a las especificaciones del cliente)		
6. Formulación y análisis de alternativas		
<i>Otras opciones que se identifican para cumplir el objetivo propuesto o solucionar el problema actual</i>		
<p>1. Alternativa 1 Realizar una desviación de la corriente liviana de la Batea (E-1114) por la línea existente de hidrotretamiento parafínico hacia el K-0751 con capacidad max del 1050 bis, en el cual se caracterizará para V.B y será enviado el producto con la SP-756B por la línea existente de GAQH a la línea existente de Aceite Industrial Nafténico ubicada en casa bombas 1, que se conecta al brazo de llenado FY-31121 (Brazo 21 Isla 5), que actualmente se encuentra fuera de servicio.</p> <p>2. Alternativa 2 Enviar la corriente liviana de la Batea (E-1114) por la línea existente de carga de SK-693 la cual se conecta a la línea existente de GAQH y esta a su vez desviada por la línea de Aceite Industrial Nafténico ubicada en casa bombas 1 hacia el K-656 con capacidad max de 695 bis, en el cual se caracterizará para V.B y será enviado con la SP-3142G al brazo de llenado FY-31121 (Brazo 21 Isla 5), que actualmente se encuentra fuera de servicio. Cabe indicar que las interconexiones mencionadas así como líneas de recibo, circulación, succión de tanque, así como líneas de llegada a deben ser asiladas con SAS para evitar contaminación del producto al cliente. El suministro de BASE LUBRICANTE ULTRALIVIANA será en promedio de 15 bis/h desde la U-1110 hacia el llenadero pasando por casa bombas 1, para este requerimiento se debe tener la medición volumétrica confiable, una evaluación hidráulica y metalúrgica de las líneas involucradas y del K-656 para ser recuperadas en caso que no cumplan los requerimientos, una inspección por parte de las especialidades rotativas y eléctricas para la SP-3142G la cual tiene más de 5 años fuera de servicio para definir el alcance de su mantenimiento.</p>		

	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA CONTROL DE CAMBIOS DE PLANTA		
	RESPONSABILIDAD INTEGRAL DIRECCIÓN DE HSE & GESTIÓN SOCIAL		
	ECP-DHS-F-177	Elaborado 26/10/10	Versión: 1

7. Criterios de aceptación

1. VALORACIÓN RAM (Impacto de No Realizar el Cambio)

	Calf ej: 3B	Explicación de la calificación
PERSONAS	OE:N	No representa impacto para las personas por incapacidad y restricciones de operadores
ECONOMÍA	2E:M	La refinera de Barrancabermeja dejaria de recibir ingresos correspondintes a 13KUS/mes por no realización de esta iniciativa
AMBIENTE	OE:N	No hay afectación al ambiente por ejecutar esta iniciativa
CLIENTES	OE:N	No hay afectación a clientes por ejecutar esta iniciativa
IMAGEN	1E:L	No hay afectación a la imagen por ejecutar esta iniciativa
RIESGO GLOBAL	2E:M	RIESGO GLOBAL: Se toma el más crítico de las 5 categorías anteriores

2. CALCULO FACTOR "J"

Valor riesgo antes del Cambio (calculado en matriz RAM secc.1)	R1 =	8	
Valor riesgo despues del Cambio	R2 =	0,3	
$j = \frac{\text{Valor riesgo antes} - \text{Valor riesgo despues}}{\text{Costo de la inversión}} = \frac{R1 - R2}{\text{Costo Inv.}} = \boxed{2,26}$			

3. ESTIMATIVO DE COSTOS

Costo materiales	3		
Montaje	0,3		
Ingenierias, estudios	0,1		
Otros	0		
TOTAL COSTOS	\$ 3	KUSD	\$ 3

Preparado por: <u>Wilber Carmona / Nestor Fernando Rojas</u>	Aprobado por: <u>Fabian Gomez</u>
--	-----------------------------------

Fecha de creación: 16/09/2022

AL APROBARSE ESTA SOLICITUD PUEDE INCLUIRSE EN LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA

COMENTARIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

--

Apéndice F. Resultados de la simulación del proceso de producción de base parafínica liviana.

<u>Index</u>	UOM	T1111A
Name		T1111A
Thermodynamic System		PRM01
Number of Stages		8
Pressure	psig	
STAGE1		-12,52653754
STAGE2		-12,4685274
STAGE3		-12,41051726
STAGE4		-12,35250712
STAGE5		-12,29449698
STAGE6		-12,23648684
STAGE7		-12,1784767
STAGE8		-12,12046656
Temperature	F	
STAGE1		279,9999986
STAGE2		347,8548749
STAGE3		405,9866174
STAGE4		434,9658097
STAGE5		450,985282
STAGE6		442,0498442
STAGE7		434,5412106
STAGE8		425,231605
Net Vap. Rate	lb-mol / hr	

STAGE1	80,96869143
STAGE2	107,7796203
STAGE3	115,598326
STAGE4	112,5914688
STAGE5	86,17775219
STAGE6	76,11991976
STAGE7	72,42014644
STAGE8	69,71261182
Net Liq. Rate	lb-mol / hr
STAGE1	72,71567231
STAGE2	10,00000002
STAGE3	16,17409139
STAGE4	12,25591608
STAGE5	59,29413667
STAGE6	55,59436335
STAGE7	52,88682874
STAGE8	0
Std. Liq Density of Vap. Phase	lb / ft3
STAGE1	52,43799314
STAGE2	51,44499732
STAGE3	52,0519512
STAGE4	52,4203382
STAGE5	53,92121853
STAGE6	55,14640383
STAGE7	55,95652941
STAGE8	56,90310575
Std. Liq Density of Liq. Phase	lb / bbl

STAGE1	289,2015446
STAGE2	291,2757055
STAGE3	296,8239949
STAGE4	300,3980407
STAGE5	304,7188666
STAGE6	305,2509189
STAGE7	305,6076363
STAGE8	306,1211387
Vap. Thermal Cond.	BTU/hr-ft-F
STAGE1	0,014113833
STAGE2	0,013915793
STAGE3	0,014791065
STAGE4	0,015583646
STAGE5	0,016981261
STAGE6	0,01785355
STAGE7	0,018307032
STAGE8	0,018666557
Vap. Viscosity	cP
STAGE1	0,010895091
STAGE2	0,009784673
STAGE3	0,009905781
STAGE4	0,010255182
STAGE5	0,0118693
STAGE6	0,013149137
STAGE7	0,013890634
STAGE8	0,01457576
Liq. Surface Tension	dyne/cm

STAGE1		20,64059633
STAGE2		18,36013808
STAGE3		17,39600534
STAGE4		17,13403429
STAGE5		17,53892171
STAGE6		18,03494603
STAGE7		18,41471667
STAGE8		18,89199782
Liq. Thermal Cond.	BTU/hr-ft-F	
STAGE1		0,040474818
STAGE2		0,037818407
STAGE3		0,035970359
STAGE4		0,035116679
STAGE5		0,03542625
STAGE6		0,035753997
STAGE7		0,036023921
STAGE8		0,036385853
Liq. Viscosity	cP	
STAGE1		0,752916698
STAGE2		0,570037083
STAGE3		0,566232635
STAGE4		0,595360838
STAGE5		0,711455093
STAGE6		0,774853999
STAGE7		0,829131819
STAGE8		0,908340494
Feed Molar Rate[S1]	lb-mol / hr	79,59159421

Feed Molar Rate[VAPORTOTALD]	lb-mol / hr	49,99286484
Feed Liquid Fraction[S1]	fraction	0,924407456
Feed Liquid Fraction[VAPORTOTALD]	fraction	0
Feed Enthalpy[S1]	BTU / hr	6047033,648
Feed Enthalpy[VAPORTOTALD]	BTU / hr	1173591,838
Product Molar Rate[CIMA]	lb-mol / hr	80,96869143
Product Molar Rate[ACPMHDA]	lb-mol / hr	15,44868586
Product Molar Rate[DESTPDTO]	lb-mol / hr	47,85366346
Product Enthalpy[CIMA]	BTU / hr	2078741,458
Product Enthalpy[ACPMHDA]	BTU / hr	609443,0876
Product Enthalpy[DESTPDTO]	BTU / hr	3378027,019
Heater Tray Location[PAROHC1]		1
Heater Duty[PAROHC1]	BTU / hr	-1499174,084
Pump Around draw phase[PA1]		LIQUID
Pump Around draw phase[PA2]		LIQUID
Pump Around From Tray[PA1]		2
Pump Around From Tray[PA2]		2
Pump Around To Tray[PA1]		1
Pump Around To Tray[PA2]		3
Pump Around From Tray	F	347,8548749
Temperature[PA1]		
Pump Around From Tray	F	347,8548749
Temperature[PA2]		
Pump Around Specification Type[PA1]		Rate and Return Condition
Pump Around Specification Type[PA2]		Rate and Duty
Pump Around Liquid Fraction[PA1]	fraction	1

Pump Around Liquid Fraction[PA2]	fraction	1
Pump Around Molar Rate[PA1]	lb-mol / hr	45,90474327
Pump Around Molar Rate[PA2]	lb-mol / hr	9,180948652
Pump Around Associated Heater Name[PA1]		PAROHC1
Pump Around Duty[PA1]	BTU / hr	-1499174,084
Compressor (Detailed)		
	UOM	C1
Name		C1
Description		
Thermodynamic System		PRM01
Feed Streams		H2
Product Streams		S28
Product Stream Phases		
S28		Vapor
Outlet Temperature	F	936,7255974
Outlet Pressure	psig	1600
Pressure Increase	psi	1540
Pressure ratio		21,61691623
Efficiency - adiabatic		100
Efficiency - polytropic		99,99999996
Mechanical Efficiency		100
Shaft Power	HP	2578,989622
Head - adiabatic	ft	2021091,156
Head - polytropic	ft	2021091,156
Head - actual	ft	2021091,156
Work - theoretical	HP	2578,989622

Work - polytropic	HP	2578,98962
Shaft Work	HP	2578,989622
Isentropic coefficient		1,411407682
Polytropic coefficient		1,411407681
Aftercooler Duty	BTU / hr	
Aftercooler Outlet Temperature	F	
Aftercooler Pressure drop	psi	
Inlet Temperature	F	124,755058
Inlet Pressure	psig	60
Inlet Enthalpy	BTU / hr	613261,633
Inlet Entropy	BTU / F lb	18,09441564
Inlet Vapor Frac	fraction	1
Inlet Liquid Frac	fraction	0
Inlet CP	BTU / lb-mol F	6,928790399
Inlet Cv	BTU / lb-mol F	4,938258527
Inlet CP/CV Ratio		1,403083772
Actual Vol Flow at Inlet	ft ³ / hr	95772,56851
Isentropic Temperature	F	936,7255983
Isentropic Pressure	psig	1600
Isentropic Enthalpy	BTU / hr	7175278,36
Isentropic Entropy	BTU / F lb	18,09441568
Isentropic Vapor Frac	fraction	1
Isentropic Liquid Frac	fraction	0
Outlet Temperature	F	936,7255974
Outlet Pressure	psig	1600
Outlet Enthalpy	BTU / hr	7175278,35
Outlet Entropy	BTU / F lb	18,09441568

Outlet Vapor Frac	fraction	1
Outlet Liquid Frac	fraction	0
Outlet CP	BTU / F lb-mol	7,088250851
Outlet Cv	BTU / F lb-mol	5,095686737
Outlet CP/CV Ratio		1,391029554
Feed Total Mass Rate	lb / hr	2526,548066
Feed Total Enthalpy	BTU / hr	613261,633
Product Total Mass Rate	lb / hr	2526,548066
Product Total Enthalpy	BTU / hr	7175278,35

Flash (Detailed)	UOM	D1106NEW	D1111	D1112	D1113	F2	R11AB	T1111B
Name		D1106NEW	D1111	D1112	D1113	F2	R11AB	T1111B
Description								
Thermodynamic System		PR01	PRM01	PR01	PRM01	PR01	PRM01	PRM01
Feed Streams		S16	S5	S30	CARGAD1113	S22	H2S , H2- CARGA , 101	DESTPDTO
Product Streams		AGCOMB , NAFTAD1106N , S21	H2AD1112 , S9	S17 , NAFTAD1112 , S4	CIMAD1113 , S13	NOCONDENSA , NAFTAPTO , S25	S8	S18 , BASEPTO
Product Stream								
Phases								
S18		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Vapor
BASEPTO		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Liquid
S8		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Mixed	N/A
		N/A	N/A	N/A	N/A	Vapor	N/A	N/A
NOCONDENSA								
NAFTAPTO		N/A	N/A	N/A	N/A	Liquid	N/A	N/A
S25		N/A	N/A	N/A	N/A	Water	N/A	N/A

CIMAD1113	N/A	N/A	N/A	Vapor	N/A	N/A	N/A
S13	N/A	N/A	N/A	Liquid	N/A	N/A	N/A
S17	N/A	N/A	Vapor	N/A	N/A	N/A	N/A
NAFTAD1112	N/A	N/A	Liquid	N/A	N/A	N/A	N/A
S4	N/A	N/A	Water	N/A	N/A	N/A	N/A
H2AD1112	N/A	Vapor	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
S9	N/A	Liquid	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
AGCOMB	Vapor	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
NAFTAD1106N	Liquid	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
S21		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Flash Type	Isentropic - P	Adiabatic - P	Isentropic - P	Adiabatic - P	Adiabatic - P	Isothermal	Isothermal
Temperature(User Input)	F					763	354
Pressure(User Input)	psig	60		60	-14		-14
Pressure Drop(User Input)	psi		2	0		0	

Duty(User Input)	BTU / hr	0	0	0	0	0	0	0
Vapor Mole								
Fraction(User Input)								
Pressure Estimate(User Input)	psig							
Temperature Estimate(User Input)	F							
Temperature	F	101,928956	462,5288838	127,3653876	458,0387299	88,6731629	763	354
Pressure	psig	60	1578	1578	60	-14	1600	-14
Duty	BTU / hr	1628,250905	0	-71525,03349	0	0	898438,7391	-763027,231
Pressure Drop	psi	0	2	0	1518	1,473462456	0	1,879533443
Liquid Fraction	fraction	0,086591517	0,071271912	0,150122418	0,84611215	0,194534666	0,041418086	0,999262906
Vapor Fraction	fraction	0,913408483	0,928728089	0,849877582	0,15388785	0,805465335	0,958581914	0,000737094

Mixed Feed	F	102	462,5210998	120	450,9312282	91,99999994	758,340498	425,231605
Temperature								
Mixed Feed	psig	60	1580	1578	1578	-12,52653754	1600	-12,12046656
Pressure								
Feed Total Mass	lb / hr	0	26665,65965	7075,044819	24042,0085	3991,33632	26665,82343	17249,18831
Rate								
Feed Total	BTU /	14686,50717	8991634,826	1129969,926	5353470,104	1356282,394	16338378,38	3378027,019
Enthalpy								
Mixed Feed		Mixed	Mixed	Mixed	Liquid	Mixed	Mixed	Liquid
Stream Phase								
Mixed Feed Vapor	fraction	0,913296042	0,928710618	0,854007257	0	0,813559674	0,935336909	0
Frac.								
Mixed Feed Vapor	BTU / lb	0	2,389347164	2,343507611		0,443216638	2,828412623	
CP								
Mixed Feed	BTU / lb	0	0,653095895	0,991699607	0,648804912	0,518439834	0,049309319	0,634974769
Liquid CP								
Mixed Product	F	101,928956	462,5288838	127,3653876	458,0387299	88,6731629	763	354
Temperature								

Mixed Product	psig	60	1578	1578	60	-14	1600	-14
Pressure								
Product Total	lb / hr	259,5396313	26665,65965	7075,044819	24042,0085	3991,33632	26665,82343	17249,18831
Mass Rate								
Product Total	BTU /	16314,75808	8991636,519	1058444,893	5353470,128	1356281,889	17236817,12	2614999,787
Enthalpy								
Mixed Product		Mixed	Mixed	Mixed	Mixed	Mixed	Mixed	Mixed
Stream Phase								
Mixed Product	fraction	0,913408483	0,928728089	0,849877582	0,15388785	0,805465335	0,958581914	0,000737094
Vapor Frac.								
Mixed Product	BTU / lb	1,964951004	2,388943234	3,024993939	0,827354238	0,444958149	1,154537477	0,488972427
Vapor CP								
Mixed Product	BTU / lb	0,469937449	0,6530974	0,883672733	0,651281859	0,468011722	0,772815917	0,60730987
Liquid CP								

