

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA DE PETROLEO, GAS NATURAL Y  
PETROQUIMICA**



**“MAXIMIZACIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO CAUSTICO  
AL TURBO CON DIFERENTES CONCENTRACIONES “**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO PETROQUÍMICA**

**ELABORADO POR:**

**JENNY HUANCAHUIRE QUISPE**

**PROMOCION: 2010-2**

**LIMA – PERU**

**2013**

## **DEDICATORIA**

A Dios por protegerme y a mis padres que dieron  
todo su sacrificio por sus hijos y supieron  
enseñarnos lo mejor de ellos

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, a mis padres y a mis profesores que me guiaron  
y condujeron para realizar un buen trabajo de tesis.

## RESUMEN

En los últimos años debido al mayor tráfico aéreo en el Perú, la producción del Turbo A-1 ha incrementado su importancia, por esta razón diversas empresas de refinación necesitan optimizar el tratamiento del turbo y mejorar su calidad para la producción del combustible mencionado.

En el proceso de Tratamiento de Soda Cáustica del turbo, podemos maximizar su procesamiento y mejorar la calidad con menores concentraciones de soda, logrando un producto de mejor calidad y generando un ahorro significativo, mediante pruebas de laboratorio y análisis.

Para tal caso, esta tesis se ha desarrollado de la siguiente manera:

En el capítulo I, se describe la problemática, formulación de la problemática, justificación, objetivos generales y específicos.

En el capítulo II, se mencionan los antecedentes, bases teóricas (descripción del proceso de soda cáustica, seguridad en el manejo de soda cáustica, impureza y contaminación en los combustibles, química del proceso aplicado, procesos industriales para el tratamiento de combustibles).

En el capítulo III, se describe la hipótesis específica, identificación de variables y matriz de consistencia.

En el capítulo IV, se describe el planteamiento de la investigación, tipo de Investigación, muestras y recolección de datos.

En el capítulo V, se describe los resultados del proceso experimental y el análisis de resultados.

En el capítulo VI, se describe la evaluación económica.

En el capítulo VII, se describe las conclusiones y recomendaciones.

En el capítulo VIII, se describe la bibliografía del trabajo.

## INDICE

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
RESUMEN .....	iii
<b>1. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes del problema .....	1
1.2. Justificación del problema .....	1
1.3. Formulación del problema .....	1
1.4. Objetivos .....	1
1.4.1. Objetivos generales .....	1
1.4.2. Objetivos específicos .....	2
<b>2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
2.1. Refinería Talara .....	3
2.1.1. Ubicación .....	3
2.1.2. Unidades operativas en la refinería Talara .....	3
2.2. Bases teóricas .....	9
2.2.1. Descripción del proceso de turbo .....	9
2.2.2. Descripción del proceso de Soda Cáustica .....	16
2.3. Impurezas, contaminantes en los combustibles .....	20
2.4. Química del proceso de tratamiento aplicado .....	20
2.5. Procesos industriales para el tratamiento de combustibles .....	22
2.5.1. Tratamiento químico con Acido Sulfúrico .....	22
2.5.2. Tratamiento químico con Hidróxido de Sodio .....	26
2.5.3. Proceso de tratamiento Merox .....	31
2.6. Descripción del proceso del tratamiento del turbo A-1 .....	33
2.6.1. Datos de diseño y operación .....	34
2.7. Métodos de ensayos y especificaciones para el turbo A-1 .....	37
2.7.1. Índice de Separación de Agua (SWIM) .....	42
2.7.2. Acidez Total en combustibles de aviación .....	43

2.7.3. Sulfuro de hidrogeno y mercaptanos en hidrocarburos líquidos por titulación potenciométrica.....	44
2.7.4. Prueba Doctor para destilados del petróleo .....	45
2.7.5. Azufre libre y corrosivo en los derivados del petróleo .....	45
2.7.6. Estabilidad a la oxidación en combustión de aviación: Método ASTM D873 .....	46
2.7.7. Gastado de Soda Cáustica – Método del doble indicador.....	47
<b>3. CAPITULO III. HIPÓTESIS Y VARIABLES .....</b>	<b>51</b>
3.1. Hipótesis.....	51
3.2. Hipótesis específica.....	51
3.3. Identificación de variables.....	51
3.4. Matriz de consistencia .....	51
3.5. Matriz de consistencia .....	52
<b>4. CAPITULO IV. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>53</b>
4.1. Procedimiento experimental del tratamiento del Turbo A-1 con soda de 6°Be.....	53
4.1.1. Escalamiento con soda diluida de 6 °Be .....	53
4.1.2. Descripción del procedimiento con soda diluida de 6 °Be.....	54
4.1.2.1. Etapa de mezclado .....	54
4.1.2.2. Etapa de separación.....	55
4.1.2.3. Etapa de lavado.....	55
4.1.2.4. Etapa de secado.....	56
4.1.3. Influencia de la variable de tiempo de reacción de mezclado ..	58
4.1.4. Pruebas realizadas en diferentes puntos del proceso experimental .....	58
4.2. Procedimiento experimental del tratamiento del Turbo A-1 con soda de 4 y 3°Be .....	59
4.2.1. Escalamiento con soda diluida de 4 y 3°Be.....	59
4.2.2. Descripción del procedimiento .....	60
4.2.2.1. Etapa de mezclado .....	60

4.2.2.2. Etapa de separación .....	61
4.2.2.3. Etapa de lavado.....	63
4.2.2.4. Etapa de secado.....	64
4.2.3. Pruebas realizadas en diferentes puntos del proceso experimental .....	65
4.2.3.1. Etapa de salida de la Unidad Destilación Primaria .....	65
4.2.3.2. Etapa de mezclado/separación.....	65
4.2.3.3. Etapa de lavado .....	65
4.2.3.4. Etapa de secado/Turbo tratado .....	66
<b>5. CAPITULO V. RESULTADOS DEL PROCESO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>67</b>
5.1. Resultados del proceso experimental .....	67
5.1.1. Resultados del turbo en diferentes puntos del proceso .....	67
5.1.2. Control de calidad del turbo tratado.....	79
5.1.3. Resultados del turbo en diferentes puntos del proceso con soda de 4 y 3 °Be .....	85
5.1.4. Control de calidad del turbo tratado.....	101
5.2. Análisis de los resultados comparativos con soda de 6, 4 y 3°Be .....	113
<b>6. CAPITULO VI. EVALUACION ECONOMICA .....</b>	<b>116</b>
6.1. Rentabilidad de la mejora del proceso.....	116
6.1.1. Evaluación económica del sistema actual .....	116
6.1.2. Evaluación económica de energía sistema actual .....	118
6.2. Evaluación económica del sistema de soda de 4°Be .....	118
6.2.1. Evaluación económica del sistema .....	118
6.2.2. Evaluación económica de energía sistema .....	119
6.3. Evaluación económica del sistema de soda de 3°Be .....	119
6.3.1. Evaluación económica del sistema .....	119
6.3.2. Evaluación económica de energía sistema .....	121
6.4. Cuadro comparativo de la evaluación económica .....	122

<b>7. CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>125</b>
7.1. Conclusiones .....	125
7.2. Recomendaciones .....	127
<b>8. CAPITULO VIII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>128</b>
<b>9. ANEXOS.....</b>	<b>129</b>

## **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Antecedentes del problema**

En el Perú, en los últimos años 2011 – 2012 la producción del Turbo A-1 se ha incrementando su importancia en mejorar la eficiencia del proceso y calidad, por tal razón la importancia de investigar nuevas mejoras en el turbo.

### **1.2 Justificación de la investigación**

Disminuir el gasto de hidróxido de sodio en el proceso de tratamiento cáustico del turbo, generando un ahorro significativo al proceso de tratamiento cáustico, con hidróxido de sodio como aditivo para optimizar el proceso.

### **1.3 Formulación del problema**

¿Se podrá maximizar el proceso de tratamiento cáustico del turbo, con menores concentraciones de hidróxido de sodio?

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo general**

- ❖ Generar ahorro económico al emplear menores concentraciones de hidróxido en el proceso de tratamiento caustico del Turbo A-1.

#### **1.4.2 Objetivo específico**

- ❖ Diseñar un procedimiento experimental que simule las condiciones del proceso real de tratamiento cáustico del turbo.
- ❖ Realizar corridas al procedimiento experimental con diferentes concentraciones de soda cáustica.
- ❖ Escalar los resultados del procedimiento experimental al proceso real en planta.
- ❖ Realizar la evaluación económica.

## CAPITULO II: MARCO TEORICO

### 2.1. Refinería Talara

#### 2.1.1. Ubicación

La Refinería Talara (RT) está ubicada en la ciudad de Talara, provincia de Talara, departamento de Piura. La ciudad de Talara está ubicada a 1150 Km al norte de la ciudad de Lima, a una altura entre 0 a 25 m.s.n.m. RT es la segunda refinería en cuanto a capacidad de procesamiento a nivel país.

#### 2.1.2. Unidades Operativas en la Refinería Talara

La Refinería Talara comprende las siguientes unidades de procesos:

- ❖ Unidad de Destilación Primaria
- ❖ Unidad de Destilación al Vacío
- ❖ Unidad de Craqueo Catalítico
- ❖ Planta de tratamiento para combustibles de Unidad de Destilación Primaria (UDP).
- ❖ Recuperación de gases.

Adicionalmente, la refinería cuenta con el área de servicios industriales para el suministro de vapor, mediante 4 calderos con una capacidad total instalada de 270 M lb/h.

#### ❖ Unidad de Destilación Primaria

La destilación es una operación física cuya finalidad es separar los compuestos líquidos miscibles de una mezcla inicial.

Cada compuesto en estado líquido tiene una temperatura de ebullición que lo caracteriza, esta propiedad se aprovecha para poder separar compuestos de una mezcla.

Los procesos físicos involucrados en la destilación son dos:

Evaporación y condensación; de esta forma la operación requiere de las etapas siguientes:



## Unidad de Destilación al Vacío

La Unidad de Destilación de Vacío (UDV) es una planta que destila gasóleos de crudo reducido de la Unidad de Destilación Primaria (UDP) a presiones mucho más bajas que la atmosférica, usualmente menor que 1.0 PSIA.

En nuestro caso, la columna está diseñada para operar a 35 mm de mercurio de presión absoluta en la zona flash y 10 mm de mercurio de presión absoluta en la sección superior de la columna de vacío y a temperaturas en que las fracciones de gasóleos y residuos no sufrirán descomposiciones térmicas, según el manual de operación de la Unidad Destilación del Vacío (UDV).

En las destilaciones al vacío la temperatura del punto de ebullición de una mezcla se hace disminuir hasta la temperatura donde los compuestos pesados pueden ser fraccionados sin craquearse.

Un gasóleo no craqueado es muy importante para la fabricación de aceites lubricantes, pero si el gasóleo se va a usar como carga para la Unidad de Craqueo Catalítico (FCC), una pequeña cantidad de producto craqueado no es dañina.

La previsión sería un asfalto no craqueado antes que un gasóleo no craqueado.

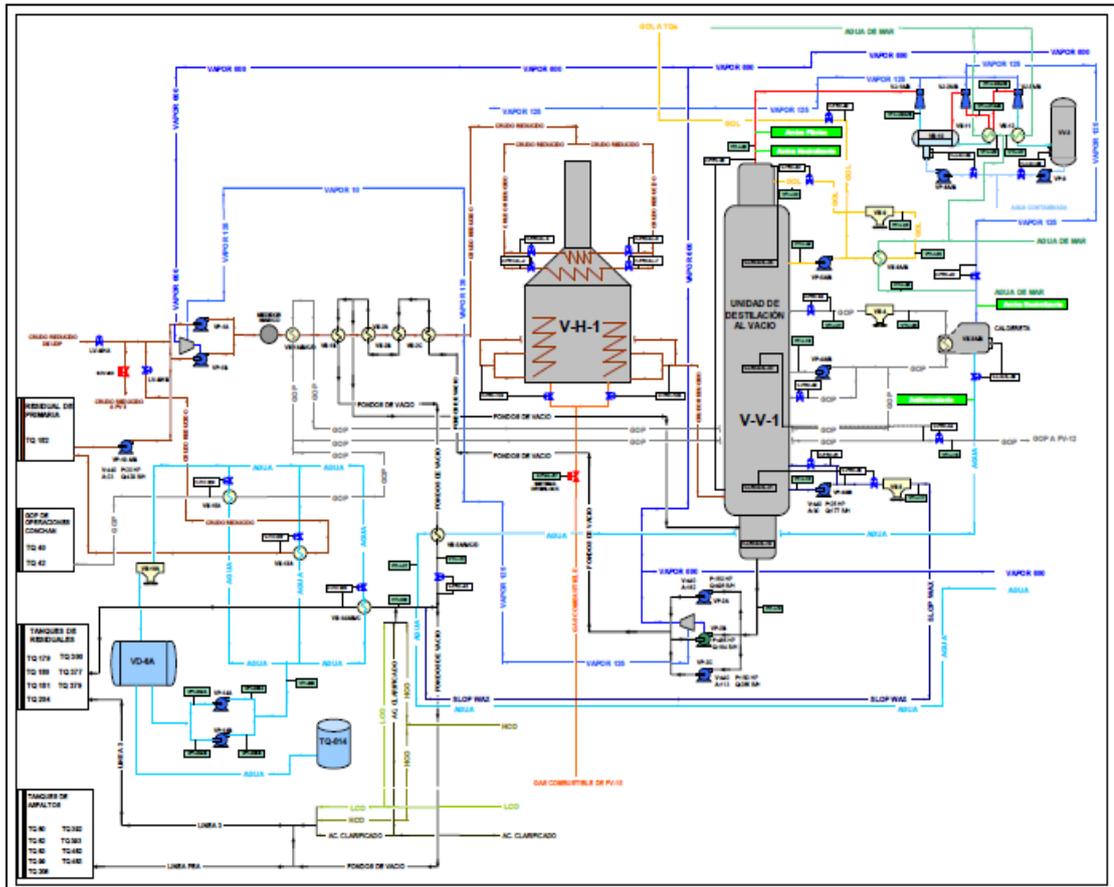
El principio básico sobre el cual opera una Unidad de Vacío es que el punto de ebullición de cualquier material desciende a medida que se reduce la presión.

Por ejemplo, si la presión barométrica es 14.7 PSIA, el agua hervirá a 212°F. Si la presión fuese reducida a 11.6 PSIA, el punto de ebullición sería 200°F y si fuera reducido aún mas a 1.0 PSIA (que es el margen de presión efectiva en una columna al vacío típica, explicado anteriormente) el agua hervirá a 102°F.

Si un crudo reducido fuese calentado a presión atmosférica hasta vaporizar una cantidad sustancial de gasóleo, la temperatura tendría que ser suficientemente alta que provocaría una buena cantidad de craqueo o descomposición térmica del aceite.

Reduciendo la presión, el destilado necesario puede lograrse a temperaturas inferiores al punto de craqueo.

GRAFICO 2-2: ESQUEMA DE LA UNIDAD DE DESTILACION DEL VACIO



Fuente: Manual de Unidad de destilación al vacío –Petroperú

## Unidad de Craqueo Catalítico

El proceso de desintegración catalítica necesita de altas temperaturas para convertir los hidrocarburos pesados en productos más ligeros de mayor valor. Esto se obtiene térmica o catalíticamente.

El proceso catalítico ha desplazado al proceso térmico. Por la ventaja de que la reacción de desintegración se efectúa a temperaturas y presiones menores produciendo al mismo tiempo, gasolina de mayor octano, gases más estables y menos productos residuales pesados.

El proceso fluido de desintegración catalítica, emplea un catalizador en forma de esferas muy pequeñas que se comporta como un fluido cuando se mueve con vapores de hidrocarburos.

El catalizador se circula continuamente de la zona de reacción a la de regeneración. Además de promover la acción catalítica el catalizador es el vehículo de transmisión de calor de una zona a la otra, esas dos zonas son dos recipientes separados: el reactor y el regenerador.

La Unidad de Craqueo Catalítico consta de dos secciones

- Catalítica y fraccionamiento, las cuales operan juntas, de una manera integrada.
- La sección catalítica consiste del reactor y el regenerador los que, junto con el tubo elevador y las bajantes forman el circuito de circulación de catalizador.

El catalizador circula ascendiendo por el tubo elevador al reactor, baja por el agotador al regenerador y por medio de las bajantes del regenerador regresa al tubo elevador.

La carga fresca, entra al tubo elevador a través de cuatro boquillas instaladas sobre la bajante de catalizador regenerado, las boquillas atomizan la carga que al ponerse en contacto con el catalizador caliente que asciende por el tubo elevador, se vaporizan y calientan a la temperatura del reactor, produciéndose las reacciones catalíticas.

La mezcla de vapores de aceite y catalizador sube por el tubo elevador y entra al reactor.

La desintegración del gasóleo comienza inmediatamente que entra en contacto con el catalizador caliente en el tubo elevador y continúa hasta que los vapores se separan del catalizador en el reactor.

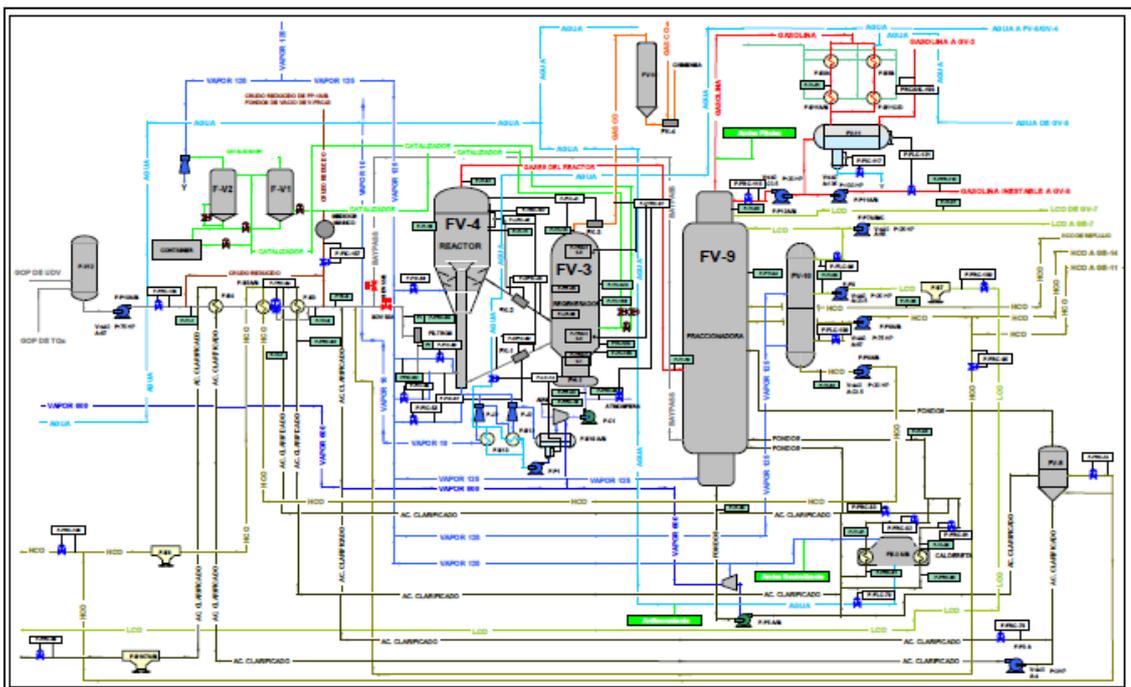
Los productos de desintegración, en fase vapor, continúan por la línea de vapores del reactor y van a la fraccionadora.

El carbón se deposita en el catalizador circulante en la zona de reacción. El catalizador ahora gastado fluye del reactor al regenerador donde se quema el carbón.

El calor de combustión eleva la temperatura del catalizador a 1300°F aproximadamente siendo la mayor parte de este calor transferido a la carga en el tubo elevador.

En la sección de fraccionamiento los vapores del reactor se destilan obteniéndose: aceite clarificado, aceite cíclico liviano y pesado de desintegración, gasolina estabilizada y gas húmedo.

GRAFICO 2-3: ESQUEMA DE LA UNIDAD CRAQUEO CATALITICO



Fuente: Manual de Unidad de craqueo catalítico - Petroperú

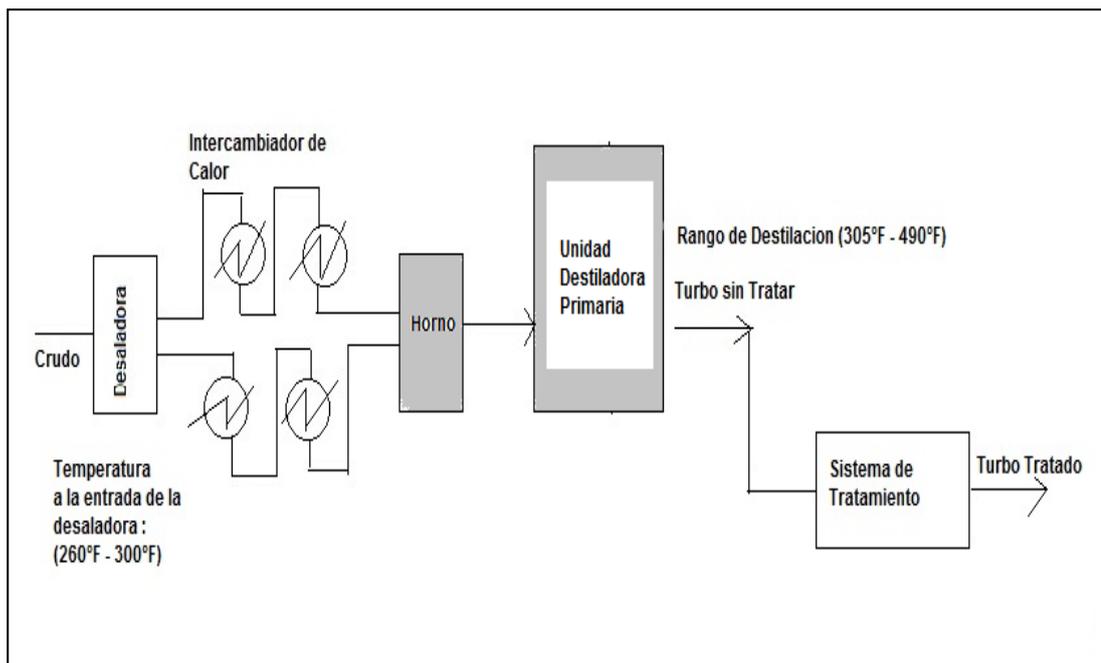
## 2.2. Bases Teóricas

### 2.2.1 Turbo A-1

El Turbo A-1 es un producto incoloro, se emplea en motores de turbina de aviación. El turbo A-1 se destila en el rango de ebullición de combustibles ligeros. Su curva de destilación está en el rango de 305°F a 490°F.

En el grafico 2-4 se muestra el esquema general del proceso de obtención del Turbo A-1, el cual esencialmente es un proceso de destilación a presión atmosférica que fracciona el crudo según sus diferentes rangos de ebullición, luego el corte denominado turbo (rango de ebullición 305°F a 490°F) se envía a la Unidad de Tratamiento Cáustico para eliminar los contaminantes y lograr estar en especificación.

GRAFICO 2-4: ESQUEMA DEL PROCESO DE OBTENCION DEL TURBO



Fuente: Elaboración propia

En el país las características del combustible de turbina de aviación están definidas en la Norma Técnica Peruana NTP 321.006.2001.

## Proceso de obtención del Turbo A-1

La primera etapa en cualquier refinería de petróleo es la separación del crudo en varias fracciones por el proceso de destilación. Estas fracciones pueden ser productos terminados o materia prima para otras unidades de procesamiento.

El petróleo es una mezcla de hidrocarburos, desde metano hasta compuestos con más de 70 átomos de carbono. El objeto de la destilación no es descomponer el petróleo en hidrocarburos puros, sino obtener fracciones de menor rango de ebullición. Generalmente se obtienen cinco fracciones destiladas y un líquido residual (fondos).

La fracción destilada más liviana no siempre es completamente condensada a las condiciones de presión y temperatura en el drum de reflujo, de esta forma puede ser producida como dos fracciones destiladas, una en estado vapor y otra en estado líquido.

En las refinerías se usan dos términos para discutir la composición de productos y el grado de separación entre fracciones adyacentes. Estos son:

- a) Rango de ebullición, define la composición general de la fracción y es usualmente una de las normas de especificación para la mayoría de los destilados.
- b) El grado relativo de separación entre dos fracciones adyacentes está determinado por la sustracción entre la temperatura del 95% de una fracción y la temperatura del 5% vol. de la fracción adyacente más pesada. Según se muestran en las gráficas 1 y 2 en el anexo 1.

Al salir del primer tren de intercambiadores el crudo alcanza una temperatura dentro del rango de 260°F y 300°F con la cual ingresa al sistema de desalado.

El crudo precalentado se mezcla con agua proveniente del tanque de agua para el desalado, la cual, ha sido precalentada en el intercambiador de agua para desalado-salmuera.

Para asegurar una mezcla homogénea crudo/agua y en algunos casos optimizar la eficiencia de desalado, parte del agua requerida se inyecta al crudo mediante la válvula de control asociada al controlador de flujo, antes de iniciar precalentamiento en el intercambiador.

El resto del agua es controlada mediante la válvula es mezclada con el crudo mediante la válvula. La emulsión formada (crudo-agua) entra a la desaladora por la parte inferior y se distribuye a través de todo el equipo.

El crudo y el agua se separan instantáneamente atendiendo a las diferencias de las densidades existente entre ambos fluidos. La sal, inicialmente mezclada con el crudo se disuelve en el agua dejando el crudo con un contenido mínimo de sales solubles.

Las gotas de agua que han quedado atrapadas en el crudo debido a la tensión superficial y al pequeño diámetro de partícula son removidas por acción del agente desemulsificante inyectado en la succión de las bombas de carga de crudo y al efecto electrostático generado por las parrillas eléctricas instaladas en el interior del equipo, dejando el crudo sin agua y desalado.

El nivel de la interfase salmuera y crudo es controlado permanentemente por una válvula de control asociada a un sensor-transmisor de nivel de tipo capacitivo, mientras que la presión interna del equipo es asegurada por la acción de una válvula de control de presión ubicada en la descarga de las bombas de crudo desalado y, asociada a un transmisor de presión, ubicado en la línea de salida de la desaladora.

La desaladora cuenta con un sistema de limpieza y remoción de sólidos, asociado aun bomba de recirculación de salmuera, la salmuera se inyecta a través de un cabezal distribuidor con boquillas orientadas hacia el fondo de la desaladora y su flujo es controlado con la válvula de control de flujo, asociada al control de flujo. Con esto se logra la flotación de los sólidos y su remoción en la salmuera a través del sistema de tratamiento.

Luego el crudo se dirige al horno. La temperatura del crudo que sale del horno es regulada por controladores de temperatura, que regulan el flujo de combustible (gas o combustible) a los quemadores.

La torre de destilación consta de 38 platos y de tres secciones de diferentes diámetros. La sección superior y la del centro fraccionan destilados y la sección inferior despoja el crudo reducido.

Por el tope de la torre, a través de la línea de vapores, fluyen la nafta liviana y los gases al acumulador de nafta liviana, pasando antes por los condensadores de tope.

Una torre de burbujeo típica usada en el fraccionamiento de petróleo en una refinería es un cilindro de acero en posición vertical, de 2 pies á 25 pies de diámetro y de 10 pies á 120 pies de altura.

En el interior de la torre se encuentran 60 bandejas colocadas en posición horizontal y generalmente puestas a intervalos equidistantes una de otra a todo lo largo de la torre.

Las bandejas son planchas de acero circulares de  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{3}{4}$  pulgada de espesor y tienen una circunferencia igual a la del interior de la torre misma y son soldadas o empernadas rígidamente a la pared, formando así secciones en número conforme al número de bandejas.

Cada bandeja tiene un gran número de huecos de 2 a 3 pulgadas de diámetro taladrados a través de la plancha. Colocados en estos huecos hay un tubo corto que se llama casquete de burbujeo, de 2 a 4 pulgadas de largo que son aprisionados o soldados firmemente.

Cada chimenea es cubierta y rodeada por un casquete de burbujeo. Este casquete no es otra cosa que una copa de acero sujeta en posición invertida sobre la chimenea. Tiene un perímetro dentado con una serie de ranuras.

Los vapores ascienden dentro de las chimeneas, chocan contra el techo del casquete forzando su bajada en el espacio anular entre la chimenea y el casquete para poder lograr su salida pasando por las ranuras o filetes del casquete.

Los vapores que ascienden en la torre encuentran que al pasar de bandeja en bandeja la temperatura de éstas, sucesivamente está disminuyendo.

Ciertos hidrocarburos a medida que avanzan, al encontrar menos calor alcanzan su punto de condensación y allí se licuan formando así un nivel de aceite líquido encima de esa bandeja. Para que la bandeja no se llene mucho de líquido hay un tubo de descenso que lo conduce a la bandeja inferior.

Los vapores, según donde encuentran su punto de condensación, se licuan en aceite que es también caliente pero de menos temperatura que los vapores ascendentes. Este aceite que desciende se llama: Reflujo Interno o auto reflujo.

La zona donde entra la carga, previamente calentada, a la torre de fraccionamiento se denomina zona flash.

En este punto los hidrocarburos que tienen temperatura de ebullición menor a esta temperatura, al entrar a la torre destellan al estado gaseoso formando así los vapores que ascienden.

Una torre de fraccionamiento puede recibir calor para efectuar la ebullición de ciertos hidrocarburos por medio o en combinación de las siguientes maneras:

- a) Por medio de la carga que entra caliente.
- b) Por un serpentín calentador en su fondo.
- c) Por circulación del aceite que desciende al fondo de la torre que es recalentado en un horno para reingresar a la torre otra vez con un aumento de temperatura.

Dado que el aceite en la torre puede recibir calor por cualquiera de los factores arriba mencionados, entonces tendríamos que el lugar donde estos factores actúan primero, viene a ser el lugar en la torre donde se encuentra la temperatura más alta.

De este lugar de máximo calor hacia arriba dentro de la torre se encuentra que cada bandeja sucesivamente es de menos temperatura.

Como cada bandeja es un poco más fría que la siguiente bandeja inferior, el reflujo descendente tiende a enfriar ésta y reducir el calor traído por los vapores ascendentes.

El efecto obtenido tiene por fin mantener la bandeja a su temperatura requerida, hay otra sección muy importante en el fraccionamiento, la cual tiende a producir en cada bandeja una mezcla de hidrocarburos más homogéneos.

Los hidrocarburos que se licuan en una bandeja se derraman a la bandeja inferior, o puede ser también hasta varias bandejas más abajo, pero al ir bajando encuentran su punto de ebullición nuevamente y vuelven a subir.

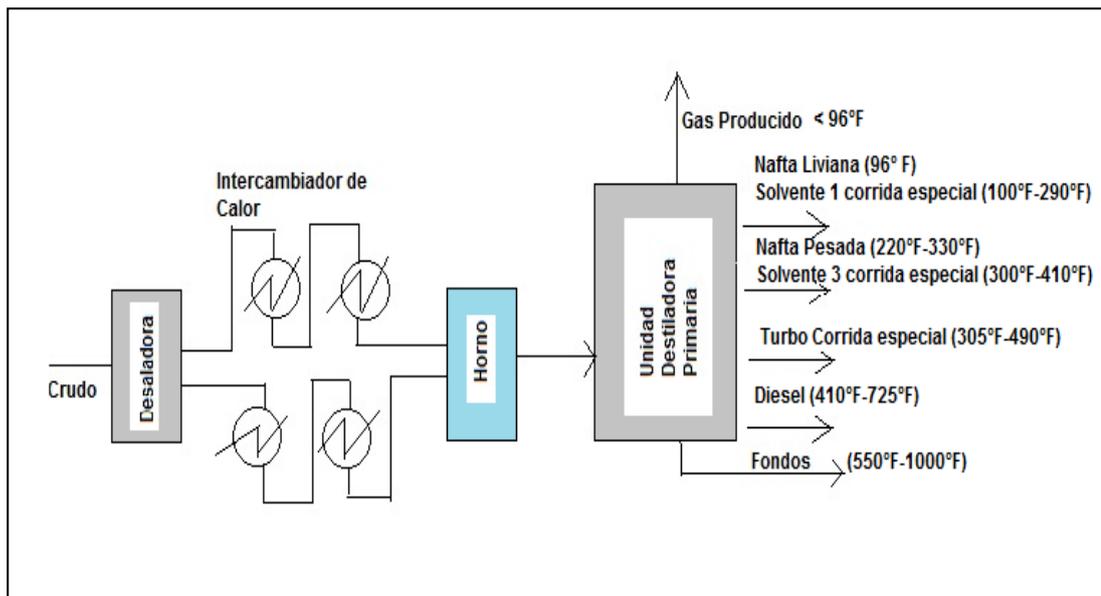
Al ascender por segunda vez, encuentran una vez más su punto de condensación, donde se licuan y se derraman otra vez hacia abajo.

Esta acción de ascender de los vapores, licuarse, descender y calentarse nuevamente, ebullición y ascender, puede repetirse 15 ó 20 veces hasta que logren salir por las salidas laterales de la torre.

Esta subida de vapores y descenso de reflujo en el interior de la torre es llamado una contracorriente. Según se muestran en los gráficos 3 y 4 del anexo 1.

A continuación se presentan las características de todos los productos que se obtienen en la unidad de destilación.

## GRAFICOS 2-5: PRODUCTOS OBTENIDOS EN LA UNIDAD DE DESTILACION



Fuente: Elaboración propia

### A) Gas producido:

Los hidrocarburos gaseosos del petróleo son separados en el drum decantador. El volumen total producido es enviado a la Unidad de recuperación de gases del complejo de Craqueo Catalítico para la obtención de gas licuado de petróleo (GLP).

La composición de esta corriente varía con la calidad del crudo; a continuación se presenta un análisis típico:

CUADRO N° 2.1: COMPOSICION DEL GAS PRODUCIDO

COMPONENTES	% VOL
Metano	14.8
Etano	7.2
Propano	16
I-Butano	10.3
N-Butano	17.9
I-Pentano	11.6
N-Pentano	8.7
Hexano	7.3
Gravedad Especifica a 60 °F	1.75

Fuente: Manual de Unidad de destilación primaria-Petroperú

B) Solvente N° 1:

Se produce en corridas especiales, y se extrae por la corriente de tope. Es el destilado más liviano que se obtiene en la unidad de destilación primaria (UDP), presenta alta volatilidad y es inflamable a la temperatura ambiente. Tiene un rango de destilación de 100°F á 290°F. Se utiliza como disolvente de pintura, agente de limpieza, en el lavado en seco, se le conoce también con el nombre de Flama.

C) Nafta liviana:

Se obtiene en la corriente de tope y está constituida por hidrocarburos comprendidos en el rango de C<sub>4</sub> (Butano) a C<sub>10</sub> (decanos).

Su curva de destilación está en el rango de 96°F a 220°F y sale de la planta con un octanaje en el rango de 60 octanos a 65 octanos. Se utiliza como base para la preparación de gasolina motor de 84 octanos.

D) Nafta pesada:

Se extrae por el primer corte lateral de la Unidad de destilación primaria. Presenta una curva de destilación en el rango de 220°F á 330°F.

La producción total de este corte (normalmente 2.0% vol. de la carga) se envía a tanques de diesel. Su principal especificación es el punto de inflamación (65°F mínimo).

E) Solvente N° 3:

Se obtiene en corridas especiales y se extrae por el primer corte lateral de la unidad. Su curva de destilación está en el rango de 300°F á 410°F. Es incoloro, ligeramente volátil y de olor parecido a una gasolina común.

Se usa como disolvente de pintura, grasas y aceites, se emplea en la fabricación de lacas. También se le conoce con el nombre de Varsol.

#### F) Turbo A-1:

Se obtiene en corridas especiales y se extrae por el segundo corte lateral. Su curva de destilación está en el rango de 305°F a 490°F.

Es un producto incoloro poco volátil, inflamable, de baja presión de vapor para evitar su vaporización a grandes alturas, exento de agua y con bajo punto de congelamiento. Se utiliza como combustible en los aviones de reacción.

Su gran poder calorífico le permite proveer la energía adecuada para el empuje. Su bajo punto de congelación (-57°C) y viscosidad ligera, 2,3 cst a -20°C, le permite un fácil bombeo en temperatura muy frías, lográndose así correcto flujo de combustible a grande alturas.

#### G) Diesel liviano:

Constituye el tercer corte lateral de la unidad. Es un producto de color verdoso amarillento, algo viscoso y libre de compuestos volátiles. Su curva de destilación está en el rango de 410°F a 725°F. Se utiliza en motores diesel de alta velocidad como los empleados en ómnibuses y camiones que requieren encendido casi instantáneo.

#### H) Residual primario:

Constituido por los fondos de la unidad. Es un producto oscuro, viscoso y de alto punto de inflamación. Su curva de destilación se ubica en el rango de 550°F a 1000°F.



### 2.2.2 Descripción del proceso de soda cáustica

El hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido sódico, también conocido como sosa cáustica es un hidróxido cáustico usado en la industria (principalmente como una base química).

A temperatura ambiente, el hidróxido de sodio es un sólido blanco cristalino sin olor que absorbe humedad del aire (higroscópico).

Es una sustancia manufacturada. Cuando se disuelve en agua o se neutraliza con un ácido libera una gran cantidad de calor que puede ser suficiente como para encender materiales combustibles. El hidróxido de sodio es muy corrosivo. Generalmente se usa en forma sólida o como una solución de 50%.

#### Formas de la soda cáustica

Soda cáustica líquida esta disponible como una solución al 50%, La soda cáustica anhidro se comercializa en cuatro formas; cuentas, copos, compuestos y sólidos. Estas formas tienen la misma composición química y difieren sólo en tamaño de partícula y forma.

#### Proceso para la obtención de la soda cáustica

La soda cáustica se produce comercialmente por celdas electrolítica que es una unidad donde se realiza la electrolisis de una solución por acción de la corriente continua. La salmuera se prepara a partir de cloruro de sodio, que es electrolizado donde los co-productos son el cloro y el hidrógeno.

##### ❖ Proceso Celda de Amalgama

Es el proceso de producción de soda Caustica liquida con celda electrolítica de amalgama de 12.452m de largo por 1.05m de ancho, cada celda está constituida por un cátodo que es un electrodo en el que tiene lugar la reducción en una celda electroquímica. Posee carga negativa y un ánodo que es un electrodo en el que tiene lugar la oxidación en una celda electroquímica. Posee carga positiva.

También se obtienen los gases cloro e hidrogeno como productos, empleando la tecnología de la celda de amalgama y un desamalgamador que es la unidad de separación del mercurio y el sodio, para reaccionar con el agua y producir hidróxido de sodio (NaOH) al 50%.

**-Materiales**

Grafito

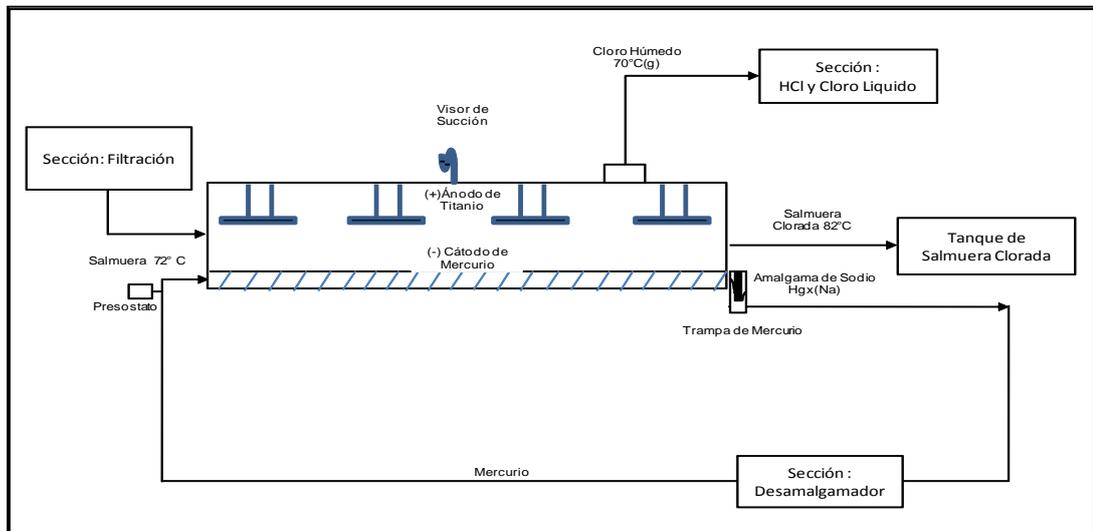
**-Equipos**

Desamalgamador

Ánodos

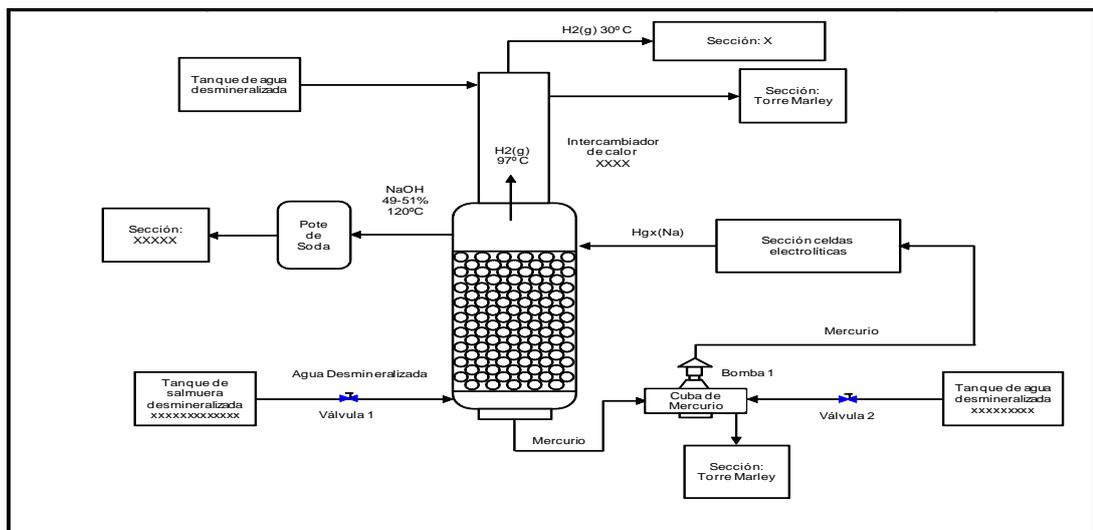
Set anódico, Línea de Retorno

GRAFICO 2-7: ESQUEMA DEL PROCESO DE CELDA ELECTROLITICA DE AMALGAMA.



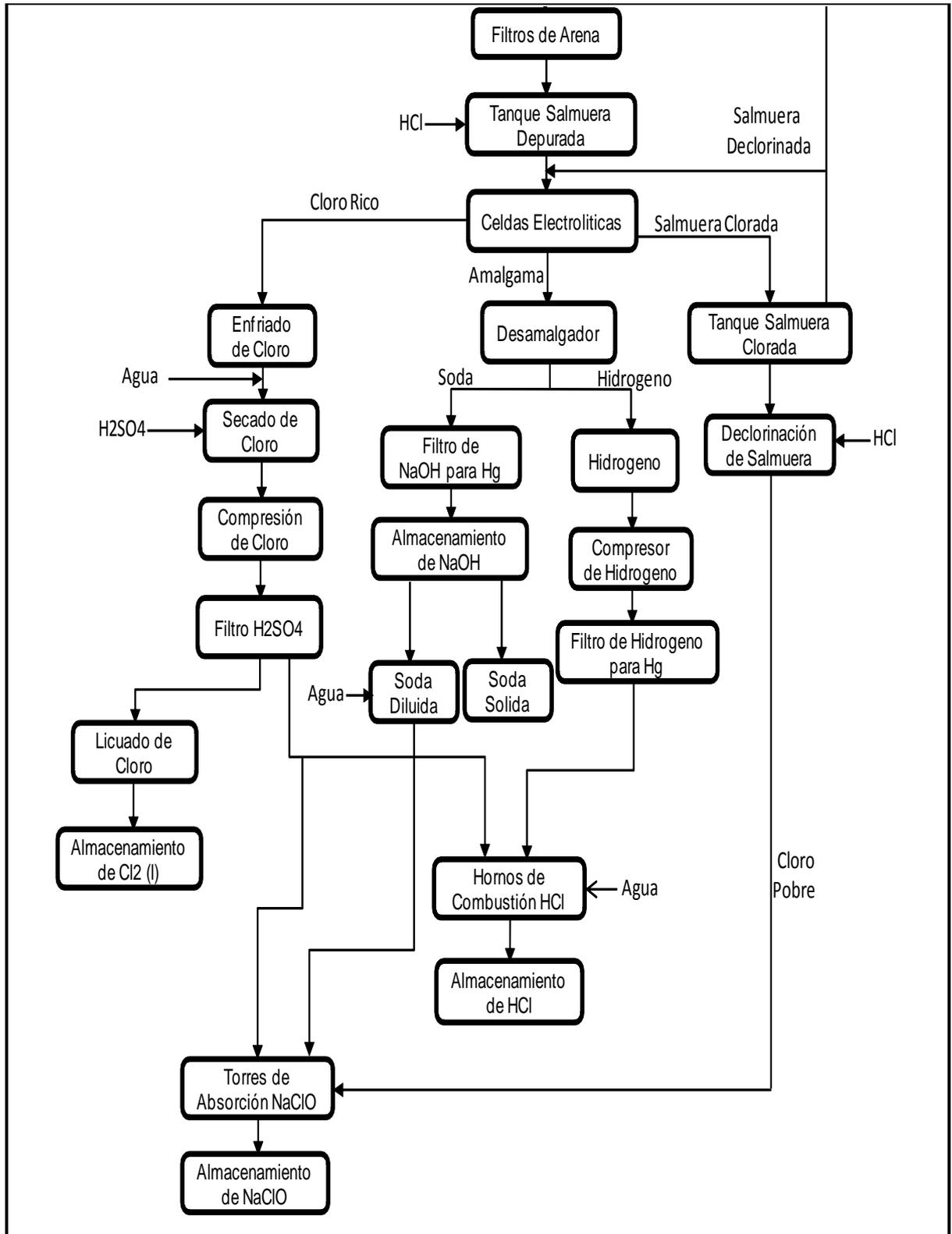
Fuente: Manual de Procesos Químicos del Perú

GRAFICO 2-8: ESQUEMA DEL PROCESO DE DESAMALGADOR



Fuente: Manual de procesos químicos del Perú

GRAFICO 2-9: DIAGRAMA GENERAL DE LA PRODUCCION DE SODA CAUSTICA



Fuente: Planta de Soda Cáustica -Quimpac

## Principales usos y consumo de soda cáustica

Productos principales o procesos en los que la sosa cáustica se utiliza:

- ❖ Neutralización de ácidos.
- ❖ Los productos químicos agrícolas.
- ❖ Industria del aluminio
- ❖ Compuestos de calderas
- ❖ Celulosa de cine
- ❖ Productos químicos: amoníaco, aminos de amilo, crisol, etilenaminos, ácido fórmico, glicerina, anhídrido maleico, fenol, óxido de propileo.

## Seguridad en el manejo de la soda cáustica

La soda cáustica en cualquiera de sus formas debe ser manipulada cuidadosamente por todos los que la manejan, se presenta la cartilla de seguridad en el anexo 2.

Antes de comenzar a trabajar con el hidróxido de sodio, el usuario debe ser consciente de sus propiedades, conocer las medidas de seguridad, las precauciones a seguir, y saber cómo reaccionar en caso de contacto accidental.

La exposición accidental a la sosa cáustica se puede producir bajo varias condiciones. Situaciones potencialmente peligrosas incluyen el manejo y operaciones de envasado, equipos de limpieza y reparación, Después de la descontaminación de derrames y fallas del equipo.

A los empleados que pueden ser objeto de dicha exposición se les debe proporcionar adecuado equipo de protección y entrenarlo en su uso. Algunas directrices generales a seguir son:

- ❖ Lea y entienda la Hoja de seguridad actualizada del material.
- ❖ Provea lavabos para ojos y duchas de seguridad en todas las áreas donde la sosa cáustica es utilizada o manipulada. Cualquier quemadura con sosa cáustica puede ser grave. No use ningún tipo de solución de neutralización, particularmente en los ojos, sin dirección médica.
- ❖ Traslade al paciente a la sala de emergencias de un hospital después que se aplique las medidas de primeros auxilios.

### 2.3. Impurezas y contaminantes en los combustibles

Los principales componentes indeseables pueden ser agrupados en:

- ❖ Iones metálicos, como el cobre
- ❖ Componentes sulfurados azufre elemental, sulfuro de hidrogeno, mercaptanos, sulfuro de carbonilo, etc.
- ❖ Compuestos nitrogenados los cuales incluye compuestos básicos. Como: La piridina y quinolina, neutros.
- ❖ Compuestos oxigenados, tales como fenoles, ácidos nafténico, ácidos alifáticos.

### 2.4. Química del proceso de tratamiento aplicado

El proceso de tratamiento químico mas difundido es el que utiliza una solución de NaOH, para eliminar compuestos indeseables, como sulfuro de hidrogeno (H<sub>2</sub>S), mercaptanos (RSH), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), alquilfenoles y ácidos orgánicos en general.

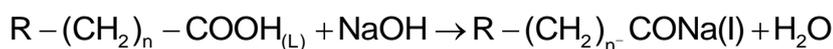
La soda cáustica es una solución básica por lo tanto reacciona fácilmente con los ácidos y no se mezcla con el hidrocarburo.

La química de las reacciones del tratamiento cáustico son ácido-base, entre las principales tenemos:

Reacción de neutralización de los mercaptanos con soda cáustica



Reacción de neutralización de los ácidos nafténicos con soda cáustica.



Donde: R, representa a los derivados del ciclohexano y ciclopentano

Balance de energía en sistema abierto en estado estacionario

$$\Delta H + \Delta E_k + \Delta E_p = Q - W_s$$

Para un sistema de proceso continuo.

Donde :

$$\Delta E_k = 0$$

$$\Delta E_p = 0$$

$W_s = 0$  (no hay partes móviles).

El balance de energía se resume así:

$$\Delta H = Q$$

## 2.5. Procesos industriales para el tratamiento de combustibles

Los combustibles son compuestos orgánicos que sufren degradación desde el momento de su producción hasta su uso. Los métodos orientados a mejorar la estabilidad de los combustibles, caen en dos categorías:

Métodos orientados a eliminar los precursores de las reacciones de oxidación, polimerización y esterificación, a través del hidrotreamiento, tratamiento con soda cáustica, etc.

Cambios en las condiciones de operación tendiente a eliminar los factores físicos que contribuyan a la formación de los precursores de la inestabilidad. Esto trae como consecuencia, menores rendimientos al disminuir las severidades de operación y/o tratamiento previo a la carga tendiente a eliminar básicamente los metales.

### 2.5.1 Tratamiento Químico con Ácido Sulfúrico

Aplicación: El tratamiento con ácido sulfúrico es el método más antiguo para eliminar impurezas indeseables en los productos derivados de petróleo.

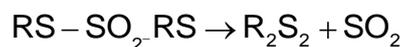
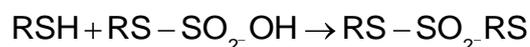
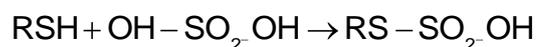
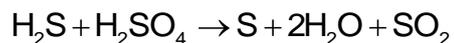
Es empleado para:

- Reducir el contenido de azufre,
- Oxidar los mercaptanos transformándolo parcialmente en di sulfuro poco olorosos,
- Remover compuestos nitrogenados y oxigenados,
- Para polimerizar,
- Remover o destruir las gomas extremadamente activas que están presentes en los destilados craqueados.

Acción Química: Es de acción múltiple pues va desde la extracción hasta la sulfonación, sulfatación, oxidación y polimerización. Como agente desulfurante en un proceso principalmente físico que se debe a la solubilidad preferencial de los compuestos azufrados en el ácido, aunque también se producen reacciones de oxidación y sulfonación.

El ácido sulfúrico no ejerce acción química alguna sobre el azufre elemental y el sulfuro de carbono, pero el sulfuro de hidrógeno es fácilmente oxidado por el ácido fumante mediante la siguiente reacción:

Con los mercaptanos es probable que se produzcan las siguientes reacciones:



Los disulfuros y tiofenos son disueltos en el ácido sulfúrico. La acción del ácido sulfúrico sobre los hidrocarburos es la siguiente:

- Parafinas: a condiciones de temperatura fría no ocurre reacción entre las parafinas y el ácido sulfúrico, a un 100% de concentración.
- Naftenos: Son más susceptibles al ácido sulfúrico que las parafinas pues a condiciones normales de refinación la acción ya es ligera. El ácido fumante es más reactivo y da lugar a reacciones de oxidación y sulfonación.
- Aromáticos: La sulfonación ocurre muy fácilmente comparado con las parafinas o naftenos y es acompañado por liberación de calor.
- Insaturados: La reacción de hidrocarburos altamente insaturados (olefinas y diolefinas) con el ácido sulfúrico concentrado es tan vigorosa que la polimerización es excesiva y muy compleja.

#### Condición de operación

La reacción no solamente es influenciada por la estructura del hidrocarburo sin también por condiciones operativas como: concentración, temperatura y tiempo de contacto.

a) Concentración del ácido: la solución con 93% de Ácido Sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) es de uso general. Sin embargo, si se desea mejorar el color de los destilados ligeros puede ser conveniente usar ácido más diluido, además que las pérdidas por formación de lodo ácido son elevadas con ácido concentrado.

El exceso de ácido puede originar una coloración deficiente y pérdida de hidrocarburos aromáticos e insaturados.

La concentración de ácido más apropiada para cada producto solo podrá estimarse con exactitud en base a experimentos de laboratorio y a escala industrial.

- b) Temperatura de Operación: A temperaturas elevadas son mayores las pérdidas por polimerización, lo cual obliga a operar a temperaturas moderadas entre 30 a 40°C para el caso del turbo.

Realizando el tratamiento a bajas temperaturas se obtiene una mejor coloración del producto y las condiciones son más favorables para la separación del azufre.

- c) Tiempo de Contacto: En la determinación del tiempo de contacto es necesario tener en cuenta dos factores: un contacto entre el lodo ácido y el hidrocarburo da como resultado una coloración deficiente y menos estabilidad, pero un periodo demasiado corto puede impedir la utilización completa del ácido.

El tiempo de contacto está íntimamente relacionado con el grado de dispersión del ácido en el hidrocarburo y el tiempo necesario para separar el lodo ácido.

El tratamiento ácido debe ser completado con la neutralización usando soda cáustica y lavado con agua a fin de remover las trazas de ácido y cuerpos acídicos presentes en el producto tratado, finalizando con un filtrado de lecho salino u otro agente filtrantes.

Los compuestos sulfonados de alto punto de ebullición y los polímeros se deben extraer por medio de una destilación, en la cual el producto tratado se obtiene por el tope y las impurezas por el fondo.

#### Ventajas y desventajas del tratamiento con Ácido Sulfúrico

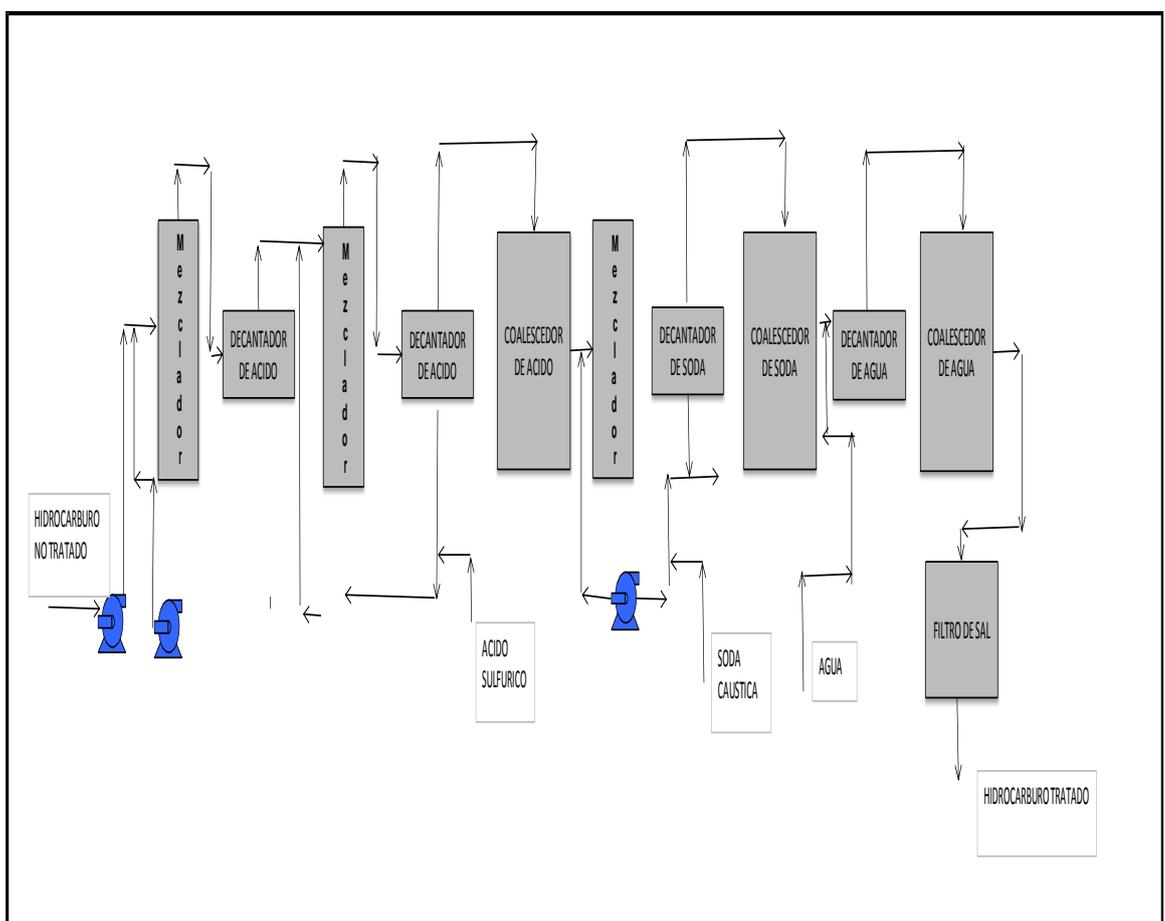
El tratamiento con ácido sulfúrico permite obtener un producto libre de gomas y razonablemente libre de constituyentes formados por gomas, sedimentos y compuestos de color.

Se producen pérdidas en los destilados craqueados que contienen olefinas y diolefinas los cuales son del orden de 8.2 a 28%. Muchos de estos hidrocarburos que son destruidos o polimerizados por el ácido son responsables de las características inestables de un destilado.

Ocurren dificultades en el manejo de los sedimentos y sobre todo las necesidades de efectuar operaciones adicionales, tales como: neutralización y re destilación para obtener el producto final.

Este método de refinación ha quedado en desuso y solo es utilizado por algunas refinerías para tratar fracciones de destilados lubricantes.

GRAFICO 2-10: ESQUEMA DEL TRATAMIENTO QUIMICO CON ÁCIDO SULFURICO.



Fuente: Elaboración propia

## 2.5.2 Tratamiento químico con hidróxido de sodio (NaOH)

Uno de los tratamientos químicos más difundidos es el que utiliza soluciones de Hidróxido de sodio (NaOH) para eliminar compuestos indeseables como alquilfenoles y ácidos orgánicos en general.

La soda Cáustica es una solución básica por lo tanto reacciona fácilmente con ácidos y no se mezcla con el hidrocarburo, es fácil bombearla y relativamente barata.

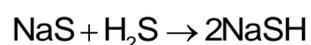
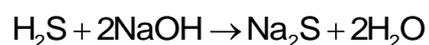
Otras impurezas que no son ácidos en naturaleza también reaccionan con la soda, como el carbonilo y el azufre elemental.

El tratamiento cáustico puede ser dividido en dos categorías:

- ❖ Lavado cáustico no regenerativo: Para la eliminación el sulfuro de hidrogeno ( $H_2S$ ), algunas veces para remover fenoles, ácidos orgánicos, ácidos inorgánicos, dióxido de carbono ( $CO_2$ ) o trazas de mercaptanos.
- ❖ Lavado cáustico regenerativo: Para la remoción de mercaptanos.

Tratamiento cáustico no regenerativo:

La remoción de  $H_2S$  se basa en las siguientes reacciones:



Estas reacciones pueden considerarse irreversibles bajo condiciones normales de operación y es muy difícil recuperar la soda cáustica gastada. Para altas concentraciones de sulfuro de hidrogeno ( $H_2S$ ) el lavado con soda cáustica es de alto costo, en estos casos es posible reducido mediante otros procesos reversibles alternos.

Estos procesos son útiles cuando es dificultoso eliminar la soda gastada. Si la solución y el producto a tratar tienen el suficiente tiempo de contacto, la concentración de sulfuro de hidrogeno ( $H_2S$ ) puede reducirse hasta 1 ppm que corresponde aproximadamente a una conversión de NaS a NaSH del 85%.

Durante el lavado cáustico también se realiza la neutralización de ácidos inorgánicos y ácidos orgánicos de bajo punto de ebullición y la remoción

incompleta de fenoles (debido a la reversibilidad de su reacción con la soda cáustica).

En todo caso, la remoción incompleta de estos fenoles trae como ventaja su propiedad de actuar como inhibidores débiles si su concentración no es muy alta, en concentraciones altas los fenoles son indeseables y además favorecen la formación de gomas durante el endulzamiento.

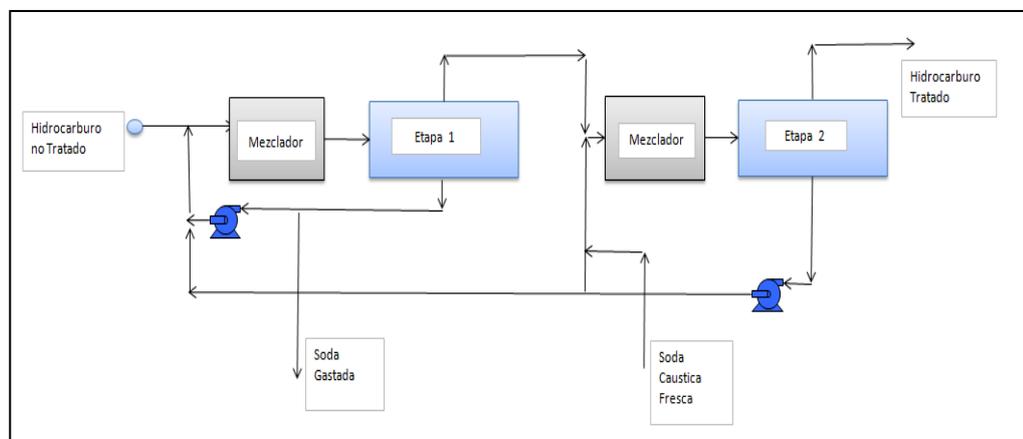
#### Descripción del proceso

La operación del lavado cáustico no regenerativo se lleva a cabo por lotes, el hidrocarburo a tratar se une con una disolución de soda en concentraciones que pueden ir de 1 a 20°Be e ingresan a las columnas o mezcladores en donde se produce la reacción de neutralización. El flujo sale por la parte superior de la columna hacia un recipiente decantador en donde se separa de la soda gastada.

El hidrocarburo continúa hacia el tope de una torre de lavado con agua donde se separa cualquier arrastre de soda cáustica, quedando finalmente el producto tratado.

Por el fondo del decantador sale la soda parcialmente gastada, recirculada para mezclarla nuevamente con el producto de carga hasta que la soda se gaste totalmente. En este caso es necesario adicionar soda fresca.

GRAFICO 2-11: ESQUEMA DEL TRATAMIENTO CAUSTICO NO REGENERATIVO



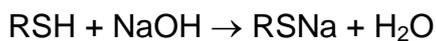
Fuente: Elaboración propia

## Balance de energía en sistema abierto en estado estacionario

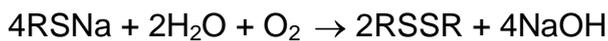
Estos procesos generalmente se usan cuando el producto a ser tratado tiene una concentración de mercaptanos menor a 0.05% peso.

En caso contrario se utilizan otros tipos de procesos denominados de conversión, como los endulzamiento Doctor o Merox.

Todos los procesos comerciales que se usan para la eliminación de mercaptanos están basados en el uso de una solución alcalina de hidróxido de sodio (NaOH), la que reacciona con los mercaptanos para formar mercaptidas de acuerdo a la siguiente reacción:



El agente alcalino usado en la eliminación de los mercaptanos puede ser separado del contaminante por medio de un agotamiento con vapor según la siguiente reacción:



Ambas ecuaciones no son completas sino que se establecen equilibrios caracterizados por coeficientes  $K_e$  (coeficiente de extracción) y  $K_a$  (coeficiente de agotamiento).

Estos coeficientes dependen de los factores:

- ❖ Tipos de mercaptano.- la eliminación de los mercaptanos es tanto más difícil cuanto mayor sea su peso molecular.
- ❖ Tipo de hidrocarburo.- los mercaptanos se extraen más fácilmente de los hidrocarburos parafínicos que de los aromáticos.
- ❖ Concentración de la soda.- con las soluciones diluidas el coeficiente tiene un valor máximo para concentraciones del orden del 10 – 15% peso.
- ❖ Temperatura.- bajas temperaturas favorecen la extracción.

Los mercaptanos que no pueden ser eliminados con NaOH se pueden convertir a bisulfuros las cuales son sustancias que no tienen mal olor, ni corrosivos mediante procesos de endulzamiento.

Por lo general, no se usa tratamiento cáustico regenerativo en productos con puntos de ebullición mayores a 93°C, porque la eliminación de mercaptanos para una carga con un rango de ebullición desde el pentano hasta 93°C solamente es del 50 – 75%

#### a.- Descripción del proceso.

En estas plantas se mantiene un nivel alto de solución cáustica en la torre de absorción de mercaptanos.

La solución cáustica es introducida continuamente por el tope de la torre y sale por el fondo a través de una válvula de control de nivel. La corriente de hidrocarburos entra por el fondo de la torre través de un distribuidor en contracorriente con la solución cáustica.

Este tipo de operación a contracorriente tiene una gran eficiencia equivalente a varias etapas de equilibrio dependiendo del tamaño de empaque, grado de dispersión y otros factores.

Desde el fondo de la torre, la solución que contiene los mercaptanos es forzada a salir por la presión del sistema a un intercambio de calor y un precalentador, entrado por el tope de la torre de regeneración donde debe estar en su punto de ebullición.

La torre de regeneración tiene una sección empacada de despojamiento donde los mercaptanos son despojados de la solución cáustica gastada mediante vapor, el cual entra a la columna por el fondo.

El fondo de la columna de regeneración sirve como un reservorio para dar suficiente capacidad extra de soda.

La solución cáustica regenerada es removida del fondo de la columna a través de un intercambiador, enfriador y bombeada al tope de la sección empacada de la columna de absorción de mercaptano completando el ciclo.

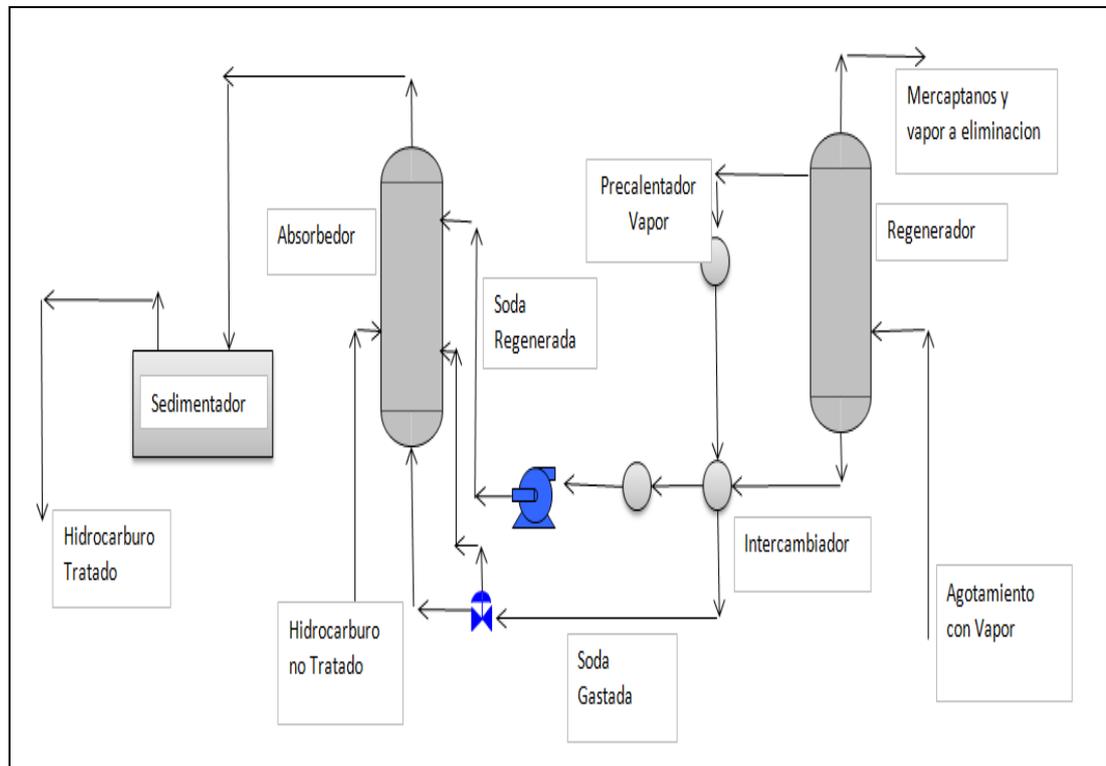
#### Condiciones de operación

Las variables a controlarse para una operación eficiente son:

- ❖ Flujo recirculado varía entre 10-25% del flujo de hidrocarburo dependiendo de la cantidad y tipo de mercaptanos presentes.
- ❖ Densidad de la solución cáustica, debe oscilar entre 15-30°Be, la concentración de la solución cáustica normalmente varia en relación directa al peso molecular de los mercaptanos a eliminarse.
- ❖ Temperatura de salida del precalentador, es ajustada por debajo del punto de ebullición de la solución cáustica para evitar que la vaporización de la misma pueda causar efectos muy severos por corrosión.

- ❖ En el lavado cáustico también se realiza la neutralización de algunos ácidos inorgánicos y otros ácidos orgánicos de bajo punto de ebullición, por ejemplo: para los ácidos nafténico se usa una solución concentradas de soda porque incrementan la solución de los naftenos formados en el hidrocarburo, originando emulsiones permanentes también, se logra la remoción parcial de fenoles, dióxidos de carbonos, etc.

GRAFICO 2-12: ESQUEMA DE TRATAMIENTO CAUSTICO REGENERATIVO



Fuente: Elaboración propia

### 2.5.3 Proceso de tratamiento Merox

La unidad Merox comprende: una torre de lavado con soda, un filtro de arena, un reactor Merox, un sedimentador de soda, una torre de lavado con agua, filtros de sal y arcilla.

El objetivo de esta unidad es la remoción del sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), mercaptanos, compuestos surfactantes solubles en agua y compuestos surfactantes solubles en hidrocarburo; de forma tal que se alcance las especificaciones del turbo.

La remoción de sulfuro de hidrogeno ( $H_2S$ ) se efectúa en la torre de lavado con soda, los mercaptanos se oxidan a disulfuros en el reactor Merox, los compuestos surfactantes solubles en agua se remueven en la torre de lavado con agua y los solubles en aceite en el filtro de arcilla.

El filtro de sal sirve para deshidratar al hidrocarburo antes de su ingreso al filtro de arcilla.

Es usado para el tratamiento de destilados con puntos de ebullición hasta de  $343^{\circ}C$ , a fin de mejorar su calidad, removiendo a los mercaptanos o convertirlos a disulfuros.

El proceso de extracción Merox, para la extracción de los mercaptanos de bajo peso molecular que son solubles en soluciones cáusticas, son usadas para extraer parte de estos mercaptanos en el rango de la ebullición del Turbo.

La extracción es favorable por baja temperatura y alta concentración de la solución cáustica y bajo peso molecular del mercaptano.

Los mercaptanos entran a la solución cáustica y químicamente se combinan con la soda.

#### Descripción del proceso

En estas unidades la carga fresca es alimentada a la columna de extracción en flujo a contracorriente con una solución cáustica que contiene el catalizador Merox, a través de una bandeja de diseño especial.

El material tratado sale por el tope de la columna hacia un sedimentador donde se separa la solución cáustica que haya sido arrastrada. El cáustico rico en mercaptanos sale por el fondo de la columna y para a un calentador de vapor para mantener la temperatura en caso de tener climas fríos.

A esta corriente se le inyecta aire y en el recipiente oxidador los mercaptanos se convierten a disulfuros. Luego la corriente ingresa a un separador para eliminarle el aire remanente y que los disulfuros sean decantados y eliminados de manera conveniente.

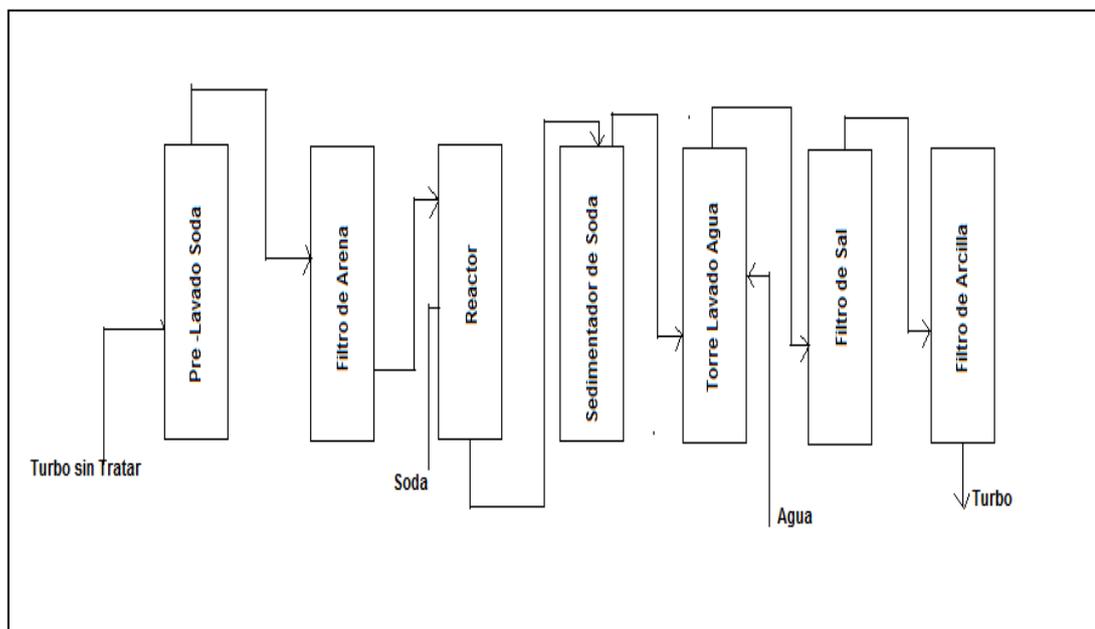
En seguida la solución cáustica retorna a la columna de extracción. El catalizador Merox de reposición es agregado a la unidad desde un recipiente dosificador.

En la unidad de extracción, la reducción del azufre total de la carga está directamente relacionada a los contenidos de mercaptanos extraíbles de la carga ya que esta carga no remueve los sulfuros orgánicos.

Cuando se utiliza la combinación de las unidades de extracción y endulzamiento, la corriente de salida de la sección de extracción pasa directamente a la sección de endulzamiento, todos los mercaptanos no extractables se convierten en disulfuros.

El producto de estas unidades combinadas tiene un bajo contenido de azufre y mercaptanos.

GRAFICO 2-13. ESQUEMA DEL PROCESO MEROX



Fuente: Elaboración Propia

## 2.6 Descripción del proceso de tratamiento del Turbo A-1

El turbo es bombeado desde la Unidad Destilación Primaria (UDP), es transportado por una línea de 6"Ø y cuantificado por el registrador, luego se distribuye a las plantas de tratamiento, al ingresar a las plantas recibe la solución de soda de 6°Be que es bombeado, cuyo flujo se controla con el registrador y controlando la temperatura de mezcla en 52°C la caída de presión en los mezcladores se controla en 6 Psig. (22 Psig ~ 16 Psig).

La mezcla hidrocarburo–soda ingresa a los separadores gravimétricos por un extremo superior, la soda que se decanta al fondo es evacuada con las bombas, regulándose el flujo en forma manual para controlar un lecho de soda de 12" respecto al fondo de cada separador.

La inyección de soda se mantiene en forma continua. El gastado de soda que se tolera en el sistema es de 20%, alcanzando este nivel de saturación es renovado con otro lote de soda fresca preparada en el drum.

De tenerse en el sistema una solución cáustica con gastado mayor a 20%, correremos el riesgo de tener altas concentraciones de emulsiones (producto de mezcla de fenoles–soda) y jabones (producto de reacción de soda–ácidos nafténicos) recirculando en contacto con el hidrocarburo y que serán difíciles de separarse en los separadores gravimétricos produciendo con ello el respectivo arrastre de impurezas en la corriente de Turbo.

El turbo con pequeños trazas de soda sale de los separadores por el extremo superior opuesto a su ingreso y se juntan en una tubería de 6"Ø donde recibe una inyección continua de agua destilada por una línea de 2"Ø que es suministrada desde el área de servicios.

El objetivo de inyectar agua es la de remover todas las impurezas que arrastra la soda presente en el Turbo A-1 y que sean solubles en agua.

En el separador se viene a separar el Turbo A-1 del agua, además en este recipiente se controla una remoción constante de la interfase Turbo A-1, agua que es rica en naftenatos manteniendo constantemente un nivel de lecho de agua de 14" referente al fondo.

El pH del agua removida del sistema es de 10 ~ 11 y la cantidad consumida es de 20 MGPD.

El Turbo A-1 saliendo del decantador ingresa a los filtros de sal, donde se completa la remoción de todas las impurezas arrastradas por el agua y humedad remanente que acompaña al producto.

Las condiciones de operación de los filtros de sal recomendadas son: temperatura de filtrado 105° ~ 110°F y caída de presión 3 ~ 4 psig.

La evacuación del agua retenida es por el fondo del recipiente en forma manual e intermitente (Cada 2 ~ 3 horas).

### 2.6.1 Datos de diseño y operación

CUADRO N°2.2: COLUMNAS MEZCLADORAS

DISEÑO	UNIDAD	MC-2A	MC-2B
SERVICIO		SODA-NAFTA	SODA-NAFTA
MAXIMO FLUJO GPH A 60 ° F		6230	11100
NUMEROS DE ORIFICIOS		6	6
DIAMETRO DE ORIFICIO	PULG	1 7/8	2 1/2
DIAMETRO NOMINAL DE TUBERIA	PULG	4.00	4.00
DISTANCIA ENTRE ORIFICIO	PULG	12	12
CAIDA DE PRESION POR ORIFICIO	PSI	1.67	1.67
CAIDA DE PRESION TOTAL	PSI	10	10
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	°F	90	90
TEMPERATURA DE DISEÑO	°F	150	150
PRESION DE OPERACIÓN	PSI	43	43
PRESION DE DISEÑO	PSI	60	60
MATERIAL		ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO

Fuente: Manual de Unidad de destilación primaria-Petroperu

CUADRO N° 2.3: SEPARADORES DRUM

SERVICIO		SEPARADOR DE SODA
DIMENSIONES	PIES	10* 42
CAPACIDAD	BARRILES	510
CAIDA DE PRESION DISEÑO	PSIG	6
TEMPERATURA OPERACIÓN	°F	105
SETEO VALVULA SEGUR	PSIG	50
MATERIAL		ACERO AL CARBONO
ESPESOR	PULG	7/16

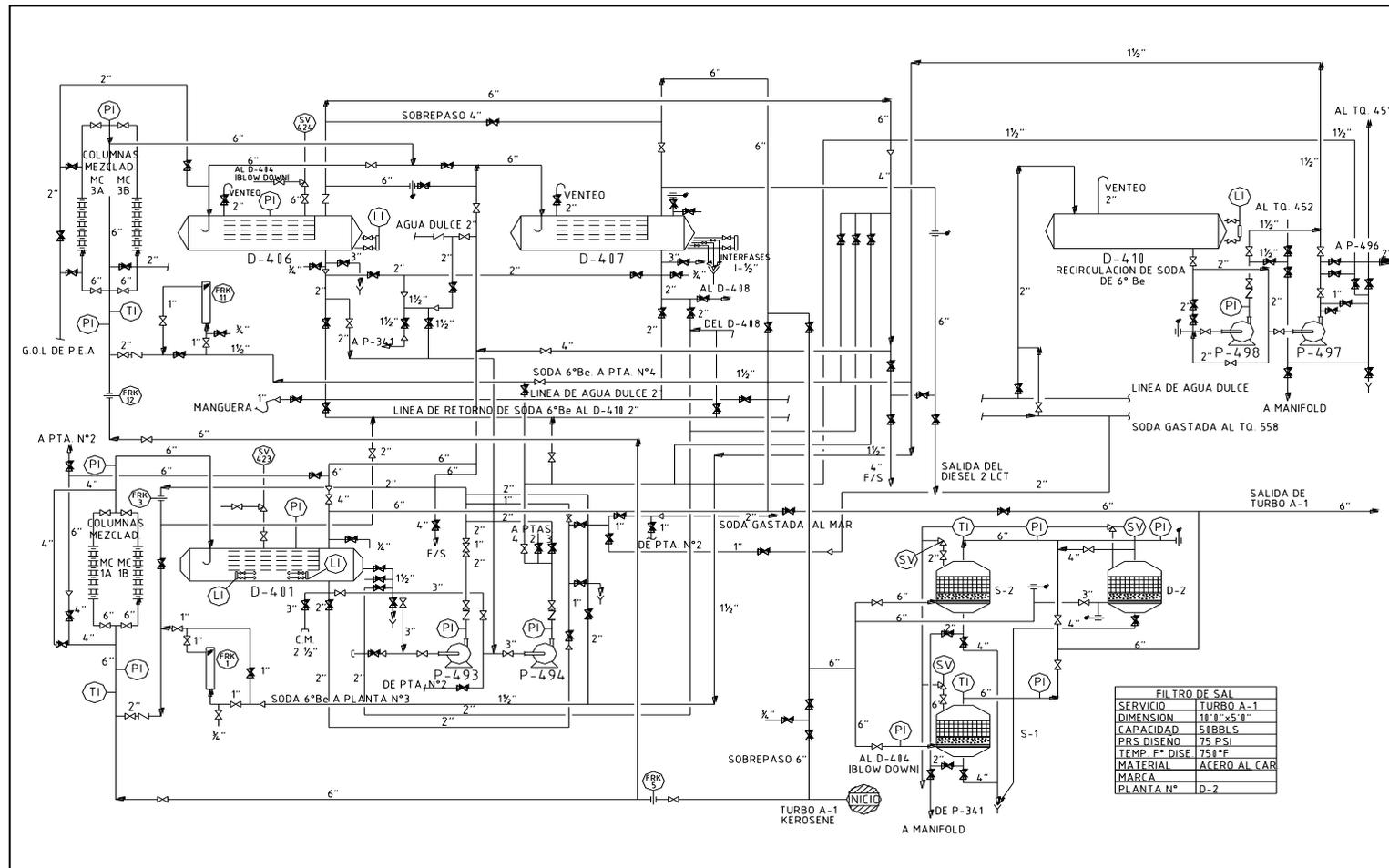
Fuente: Manual de Unidad de destilación primaria -Petroperu

CUADRO N°2.4: FILTROS DE SAL

		S1/S2
SERVICIO		TURBO /KEROSENE
DIMENCIONES DIAMETRO	PIES	10
DIMENCIONES DE ALTURA	PIES	1
CAPACIDAD	BARRILES	50
PRESION DISEÑO	PSIG	15
TEMPERATURA	°F	150
MATERIAL		ACERO AL CARBONO

Fuente: Manual de Unidad de destilación primaria-Petroperu

GRAFICO 2-14: DIAGRAMA DEL PROCESO DE TRATAMIENTO AL TURBO A-1



Fuente: Manual de Unidad destilación primaria -Petroperú

## 2.7 Métodos de ensayo y especificaciones para el Turbo A-1

Los productos de aviación, tales como: Los turbo combustibles, gasolinas y lubricantes de aviación están entre los productos más críticos que PETROPERÚ, elabora y/o comercializa, desde el punto de vista de los requerimientos de calidad.

Deben tomarse precauciones estrictas para asegurar que estos productos sean manufacturados de acuerdo con las especificaciones vigentes y que luego sean entregados en forma segura a los aviones de los consumidores en las mismas condiciones que cuando fueron manufacturados.

A través de los años y con la experiencia adquirida en los motores de las aeronaves, se han podido establecer las propiedades necesarias de estos combustibles para un funcionamiento con máxima eficiencia y un mínimo de mantenimiento, bajo todas las condiciones previstas en su operación.

Estas propiedades se verifican realizando ensayos de laboratorio uniformes y aprobados internacionalmente, en normas de "Control de Calidad", que en la práctica han demostrado ser vitales para llevar a cabo la tarea, de asegurar que el combustibles además se mantenga en las mismas condiciones de calidad durante su manejo y distribución.

Los valores máximos y mínimos exigidos, dentro de los cuales el combustible es producido se conocen como "Especificaciones" sin embargo, el "Certificado de calidad", muestra los resultados específicos del laboratorio dentro de la especificación.

### Tipos de combustibles

Normalmente hay en uso dos tipos de combustibles .Estos están divididos en productos que poseen diversos grados y que tienen un uso más específico.

Los aviones con motores a pistón utilizan el AVGAS y los de turbina usan combustibles como el Turbo.

- Tipo de Turbo

Este tipo de combustible es un tubo elaborado a fin de cumplir con los requerimientos de los motores a chorro que utilizan las aeronaves .Se producen en los siguientes grados:

Jet A-1: Es un combustible utilizado en las turbinas de los motores a reacción en aviación civil .Es un kerosene que procede de la destilación del crudo de petróleo, que es la materia prima de la industria del refino.

Su función principal es suministrar potencia al avión, siendo parámetros claves el contenido energético y la calidad de combustión.

Las principales características de este combustible son:

- Combustible para motores o turbinas.
- Incoloro o ligeramente amarillo.
- Densidad media 0,8 kg/l aprox.
- Inflamable a temperaturas superiores a 38°C en presencia de llama o chispa.
- Gran estabilidad del producto, con el objetivo de que no se vea afectado por procesos de oxidación, así como un alto grado de estabilidad térmica.

JP-8: Es un queroseno aditivado con el fin de mejorar sus propiedades para uso militar. Cumple con las especificaciones militares requeridas en EE.UU., por lo cual varía ligeramente en relación de Jet A-1.

Las principales características de este combustible son:

- Combustible para aviación militar.
- Incoloro o ligeramente amarillo.
- Densidad dentro del rango 0,775 – 0,840 kg/l.
- Inflamable a temperaturas superiores a 38°C en presencia de llama o chispa.

JP-5: Es te tipo de combustible posee casi las mismas características del Jet A-1, la única diferencia principalmente del Jet A-1 es su punto de inflamación .este combustible es usado casi exclusivamente en los buques de guerra donde operan aeronaves a chorro a bordo.

- Tipo AVGAS

Es un tipo de gasolina de aviación .Existen los siguientes grados:

Avgas 100: Es una gasolina de aviación de grado 100, conocida igualmente como "Avigas", es un combustible de alto índice antidetonante (alto octanaje), producida a partir de gases de refinería (butilenos e isobutanos) que se hacen reaccionar con un catalizador (acido sulfúrico) en un proceso denominado alquilación para obtener un componente denominado "alquilato" Al alquilato se le adicionan compuestos aromáticos (tiene mayor octanaje) de tal manera que se alcance un octanaje motor (MON) de 100 como mínimo.

Su principal característica:

- Para uso general en aviones con motores a pistón
- Color verde.

Avgas 100 II: Es una gasolina de aviación especialmente indicada para los motores de explosión.

Su principal características son:

- Combustibles para motores de pistón.
- Color azul
- Densidad media 0.7 Kg/L aprox.
- Inflamable a temperatura ambiente a presencia de llama o chispa.

Avgas 115: De uso muy limitado (algunos aviones militares la utilizan)

Su principal característica

- Color morado.

## Pruebas de laboratorio y su significado

### Propiedades químicas

Se exige que el Turbo A-1 sea estable, de combustión limpia y no corrosivo para los materiales del motor en contacto con el combustible.

Los hidrocarburos están ligados a otros componentes en pequeñas cantidades, como: azufre, nitrógeno, oxígeno, oxígeno, trazas de sólidos y agua como otros contaminantes. Estos hidrocarburos se pueden dividir en: parafinas, olefinas, nafténico y aromáticos.

El total de azufre normalmente posee un máximo de 0.3% peso. Este límite tiene como finalidad reducir el nivel de componentes corrosivos, dióxido de azufre y ácido sulfúrico en la cámara de combustión y en la sección de las turbinas del motor.

Con la presencia de compuestos de azufre, aun los combustibles más estables pueden absorber oxígeno al calentarse. Al continuar calentándose se puede producir oxidación.

Esta reacción se acelera con el aumento de la temperatura y el tiempo, resultando en una precipitación no soluble en el combustible. Para evitar esto se limita el nivel de azufre total y de mercaptano, así como también la estabilidad térmica y el contenido de goma.

El mercaptano está controlado en un máximo de 0.003% peso debido a su corrosividad con el cobre, el cadmio y a su olor desagradable.

Estos y otros compuestos corrosivos se controlan con la prueba de la lámina de cobre y para evitar problemas con los componentes del motor que contengan plata (bombas de combustibles), se estipula la prueba de la lámina de plata.

Estos dos ensayos se complementan entre sí. El contenido de azufre es controlado de esta forma y el oxígeno solo se regula con la prueba de acidez, aun cuando formen parte de los fenoles y nafténico.

### Propiedades físicas

Estas propiedades son altamente importantes en relación al diseño de la aeronave y a su sistema de combustible.

También afectan el almacenamiento, el manejo y equipos, representan un medio relativamente fácil para el “Control de calidad”.

- a) Gravedad específica: Sus límites 0.775 a 0.830 y es el resultado de acuerdo entre los requerimientos ideales del motor, la disponibilidad y el costo del producto.
- b) Viscosidad: Esta propiedad ocasiona pérdidas de presión aceptable a bajas temperaturas.
- c) Volatilidad: Asegura el fácil arranque y rápido quemado sin carbonización. Se controla a través del rango de destilación y el punto de inflamación, aunque, este último sea principalmente un factor de seguridad, los dos están bien interrelacionados.

Para asegurar una mezcla adecuada de componentes y reducir la posible inclusión de los mismos con mucha variación en los rangos de ebullición y volatilidad, se estipula una máxima temperatura, a fin de recuperar el 20% y 90% del volumen.

El 20% controla la volatilidad de los componentes livianos haciendo un arranque seguro a temperaturas bajas, sin tener que ocasionar pérdidas en los vapores al llegar a alturas y a velocidades extremas.

El 90% controlara la eficiencia del motor.

La destilación se controla por la necesidad de mantener un punto de inflamación alto y un punto de congelación bajo.

#### Propiedades térmicas

- a) Bajas temperaturas: El criterio de esta propiedad es poder ser bombeado y circular en el sistema de combustibles sin dificultad.

La mayoría de los combustibles pueden ser bombeados por debajo de su punto de congelación, pero siempre existe el riesgo de que los cristales de cera y de hielo decanten y obstruyan el filtro, aunque la mayoría de los aviones civiles ya poseen calentamiento en sus filtros.

- b) Estabilidad térmica (propiedad de alta temperatura); hoy en día, se requiere que el combustible no forme óxidos, gomas, barnices, ni depósitos que puedan obstruir los filtros e intercambiadores de calor.

#### Propiedades de combustión

- a) Punto de humo: Es una prueba que indica que la proporción de parafínicos y aromáticos en la muestra es aceptable. Un número bajo significa que el combustible tenderá a crear humo, resultando reducción de la potencia disponible.
- b) Poder calorífico: Es la cantidad de energía ocasionada en la combinación del combustible y el oxígeno. Mientras más alta sea esa cifra mejor será el combustible.

#### 2.7.1 Índice de separación de agua (SWIM), (ASTM D2550)

##### Aplicación

Este método es usado para determinar la facilidad con que un combustible se separa del agua atrapada o emulsificada que contiene cuando pasa a través de un medio coalescente. El método trata de medir las características de separación del agua de un combustible producido.

##### Resumen del método

El SWIN de un combustible es medido con un separador de agua ASTM-CRC que es un aparato donde se prepara una emulsión agua –combustible y el cual pasa a través de una celda que contiene un coalescente, debido a la emulsión con agua, se mide por la transmisión de luz a través del combustible en una fotocelda.

La salida de la fotocelda se alimenta a un medidor que tiene una escala de 0 al 100 donde se lee la clasificación numérica del combustible, cuando más alto sea el número, el combustible desprenderá el agua más rápidamente.

##### Significado y uso

La prueba proporciona una medida de la presencia de agentes surfactantes en el combustible. Trata de detener arrastres de trazas de residuos de la refinación en el combustible una vez producido, particularmente sulfonatos y naftenatos.

## GRAFICO 2-15: EQUIPO PARA LA DETERMINACION SWIN



Fuente: Norma Índice de Separación ASTM D-2550

### 2.7.2. Acidez total en combustibles de aviación (ASTM D-3242)

#### Aplicación

Determinar la acidez total en combustibles para turbinas de aviación en el rango de 0.000 a 0.100 mg KOH/g.

#### Resumen del Método

La muestra se disuelve en una mezcla de tolueno y alcohol isopropílico conteniendo una pequeña cantidad de agua. La solución mono fase se cubre con nitrógeno que burbujea en ella y se titula con solución alcohólica de KOH hasta el punto final, el cual es evidenciado por el cambio de color de la solución indicadora p-naftolbenceina, anaranjado en solución acida y verde en solución básica.

## GRAFICO 2-16: PROCEDIMIENTO DEL METODO (ASTM D-3242)



Fuente: Elaboración Propia

### 2.7.3. Sulfuro de hidrogeno y mercaptanos en hidrocarburos líquidos por titulación potenciométrica (UOP 163-67)

#### Aplicación

Este método es para la determinación de ácido sulfhídrico y mercaptano en hidrogeno líquido, como: gasolina, nafta, aceite cíclico ligero y combustible de aviación.

Es aplicable a muestra que contienen cantidades tan pequeñas como 1,0 ppm y 1,0 ppm sulfuro de hidrogeno.

#### Resumen

La muestra liquida de hidrocarburo es titulada potenciométricamente en alcohol isopropílico amoniacal utilizando nitrato de plata en solución alcohólica como titulante.

Se utiliza un electrodo de referencia de vidrio y un sistema de electrodo indicador de plata–sulfuro de plata.

La estimación del sulfuro de hidrógeno y el contenido de mercaptanos es calculada de la curvas de titulación, pudiendo utilizarse un instrumento de registro de titulación automático u operado manualmente.

El azufre libre es una posible interferencia y se dan instrucciones para analizar muestra que contienen azufre libre.

GRAFICO 2-17: PROCEDIMIENTO DEL METODO DEL (UOP 163-67)

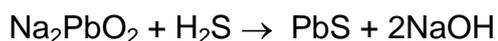


Fuente: Elaboración Propia

#### 2.7.4. Prueba Doctor destilados de petróleo (UOP 41-74)

Aplicación: Esta es una prueba cualitativa para determinar a presencia de sulfuro de hidrogeno y mercaptanos en la gasolina, combustibles de aviación kerosene y productos similares.

Resumen del método: La muestra es agitada con una solución de plumbito de sodio en un tubo de prueba. Si está presente el sulfuro, ocurre la siguiente reacción:



El sulfuro de plomo es negro y prontamente visible.

Si esta reacción no aparece, se añade azufre al tubo de prueba y la mezcla sufre una serie de reacciones coloreándoles la capa de hidrocarburos, primero naranja, luego rojo y gris oscuro y finalmente aparece un precipitado negro de sulfuro de plomo.

#### 2.7.5. Azufre libre y corrosivo en derivados del petróleo (ASTM D-130)

Aplicación:

Este método describe el procedimiento para reconocer la presencia de azufre elemental y otros componentes corrosivos de azufre en productos de petróleo.

##### Descripción del Método

Una tira de cobre pulida se sumerge en una cantidad determinada de muestra, la cual es calentada a 100 °F y 122°F, por un periodo de 1 hora y 3 horas respectivamente. Al final de dichos periodos se saca la tira de cobre, se lava y se compara con tiras preparadas o con tiras de referencia previamente aprobadas.



Fuente: Elaboración Propia

### 2.7.6. Estabilidad a la oxidación en combustible de aviación (ASTM D-873)

#### Aplicación

El método cubre la determinación de la tendencia del combustible de aviación a formar gomas y depósitos bajo condiciones aceleradas de envejecimiento.

#### Resumen del método

El combustible es oxidado bajo condiciones prescrita en una bomba llena de oxígeno. Los contenidos de goma solubles, goma insoluble y precipitado formado son pesados.

#### Significado

Los resultados de estas pruebas pueden utilizar para indicar la estabilidad al almacenamiento de estos combustibles. La tendencia de estos combustibles a formar gomas y depósitos en estas pruebas no ha sido correlacionada en pruebas de campo y pueden variar marcadamente con la forma de goma y depósito bajo diferentes condiciones de almacenamiento.

### 2.7.7. Gastado de soda cáustica (Método del doble indicador). Método (UOP 210-76T)

#### Aplicación

Este método es conveniente, aunque no riguroso, para el control de soluciones de soda cáustica en refinerías, aplicable para el análisis de la soda cáustica en las unidades de tratamiento. Los resultados son significativos únicamente con la experiencia en la planta.

#### Resumen del método

Este método usa dos muestras. Las bases fuertes de la muestra son tituladas con ácido estándar hasta el punto final del azul de bromofenol.

La titulación de la base fuerte hasta el punto final del azul de bromotimol incluye, hidróxido de sodio,  $\frac{1}{2}$  de carbonato de sodio,  $\frac{1}{2}$  de sulfuro de sodio, alquil mercaptidas de sodio y fenolatos de sodio.

La titulación de la segunda muestra de soda cáustica hasta el punto final de azul de bromofenol, es usado para estimar la alcalinidad total.

Esta incluyen todas las bases fuertes incluidas en la primera titulación más las siguientes bases débiles: bicarbonato de sodio, bisulfuro de sodio, naftenatos de sodio y tiofenolatos de sodio (aril mercaptidas de sodio).

El tiosulfato de sodio interfiere con el punto final del azul de bromo fenol, este no es un serio inconveniente, puesto que este método se entiende simplemente como un control o procedimiento aproximado.

Las sales de los ácidos fuertes, tales como: cloruro de sodio, sulfato de sodio, tiosulfato de sodio, alquisulfonatos de sodio, no son básicos y no se titulan.

La diferencia entre la alcalinidad total por titulación y aquel aproximado por gravedad específica es una indicación de que están presentes sales neutras no titulables.

#### Aparato

Bureta de 50 y 100 ml, cilindros graduados, matraz Erlenmeyer de 250 ml, hidrómetro y pipetas de 5 y 10 ml.

#### Reactivos

Todos los reactivos estarán conforme a las especificaciones establecidas por “The Committe on Analytical Reagents of the American Chemical Society”, cuando existen tales especificaciones, a menos que se especifique lo contrario.

- Agua des ionizada o agua destilada.
- Solución indicadora de azul de bromotimol: Disolver 0.1 g de azul de bromotimol en 7.5 ml en hidróxido de sodio 0.02 N y diluirlo con agua hasta 250ml.
- Solución indicadora de azul de bromofenol: Disolver 0.1 g de azul de bromofenol en 7.5 ml de hidróxido de sodio 0.02 N y diluirlo con agua hasta 250 ml.
- Acido clorhídrico acuoso 0.1N estandarizado.
- Alcohol isopropílico 98-99% de pureza.

#### Procedimiento

Obtener una muestra de solución de soda cáustica y determinar la gravedad específica a la temperatura del laboratorio por medio de un hidrómetro apropiado.

Pipetear o pesar dos muestras idénticas de soda cáustica en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, usando la tabla como guía.

CUADRO N° 2.5: RELACION DE PESO Y VOLUMEN DE SODA CAUSTICA

Soda Cáustica , % peso de NaOH	Tamaño de la muestra
0--2	Pipetear 10 ml +/- 0.1 ml
2--4	Pipetear 10 ml +/- 0.1 ml
4--8	Pesar 2 g +/- 0.01 g
8 a más	Pesar 1 g +/- 0.01 g

Fuente: Manual de Unidad de destilación primaria -Petroperu

Añadir 50 ml de agua en 50 ml de alcohol isopropilico en cada uno de los matraces. Añadir unas pocas gotas de indicador de azul de bromotimol a

uno de los matraces, titular con ácido clorhídrico 0.1 N hasta que aparezca un color amarillo (punto final) en la solución.

Registrar el volumen de ácido usado hasta este punto final como el punto final del azul de bromotimol. Esta titulación representa la base fuerte en la muestra.

Al segundo matraz Erlenmeyer añadir unas pocas gotas de solución indicadora de azul de bromofenol y titular hasta que aparezca un color amarillo-verde en la solución. Registrar el total de ácido 0.1 N usado hasta este punto, como punto final de azul de bromofenol. Esta titulación representada la alcalinidad total de la muestra.

### Cálculos

Los términos usados en este método son breves y ampliamente aceptados y usados en los laboratorios de las refinerías de petróleo. La expresión del gastado, es una aproximada pero conveniente medida de la condición de la soda cáustica en una refinería, usado para remover los ácidos débiles.

En el caso donde la solución de soda cáustica es usada como un lavado, para remover los ácidos nafténicos, es útil tener una medida de la base fuerte disponible para remover ácido nafténico, y ácidos débiles. La base fuerte disponible está calculada como porcentaje en peso de hidróxido de sodio libre.

$$a = \text{alcalinidad total, \% peso de NaOH} = 4(A)(N) / (V)(S)$$

Donde A, volumen total de ácido hasta el punto final del azul de bromo fenol, ml.

N= normalidad des ácido.

V=volumen de muestra, ml.

S=Gravedad específica.

b=Base fuerte,

$$\% \text{ pesodeNaOH} = 4(B)(N) / (V)(S)$$

Donde:

B, volumen total de ácido hasta el punto final del azul de bromo fenol, ml.

N= normalidad des ácido.

V=volumen de muestra, ml.

S=Gravedad específica.

Gastado de soda, % =  $100(a - b) / a$

Donde:

a, alcalinidad total, %peso de NaOH

b, base fuerte, % peso de NaOH.

#### 2.7.8. Método de arrastre de Naftenatos

El método del procedimiento de determinación de arrastre de naftenatos, que es un método propio de la Refinería Talara -Petroperú, se basa en la determinación de la alcalinidad.

Se toma un volumen determinado de turbo (aproximadamente un litro), se le añade 80 ml de agua, se agita y se transfiere a un embudo separador, se deja reposar y se separa el agua que tiene ya los naftenatos.

A esta muestra se le titula con HCl 0.01N con indicador fenolftaleína.

El arrastre se calcula multiplicando el gasto por el factor 0.023 y se divide por el volumen original del turbo

## Capítulo III: HIPOTESIS Y VARIABLES

### 3.1 Hipótesis general

Lograr maximizar el proceso de tratamiento cáustico con menores concentraciones de soda cáustica diluida.

### 3.2 Hipótesis específica

- ❖ Optimizar el proceso con una disminución de la solubilidad de las sales de sodio de los ácidos nafténico con los hidrocarburos.
- ❖ Generar ahorro económico al proceso de tratamiento cáustico.

### 3.3 Identificación de variables

- ❖ Variable independiente:  
X= Acidez total.
- ❖ Variable dependiente:  
Y1 = Disminución de contaminante.  
Y2 = Mejoras de calidad de los productos.  
Y3 = Menores volúmenes de soda concentrada utilizadas.  
Y4= Concentración de soda concentradas.

### 3.4 Operacionalizacion de variables

CUADRO N °3.1: OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

	<b>INDICADOR</b>	<b>UNIDADES O CATEGORIAS</b>	<b>ESCALA</b>
Acidez Total	Contaminantes	ppm	Razon
<b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>UNIDADES O CATEGORIAS</b>	<b>ESCALA</b>
Concentracion de soda Caustica	conctracion	Kg/l	Razon
Calidad del producto	confiabilidad	pruebas de laboratorio	Intervalo
volumen de soda Caustica concentrada utilizada	volumen	galones	Razon
Contaminantes del Turbo	contaminantes	ppm	Razon

Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Matriz de consistencias

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS GENERALES	HIPOTESIS	METODOLOGIA
<p>¿Se podrá realizar mejoras al sistema de Tratamiento Causítico con menores concentraciones de soda caustica diluida?</p> <p><b>PROBLEMAS SECUNDARIOS</b></p> <p>¿Se podra obtener mejoras economicas al maximizar el proceso de tratamiento Causítico?</p> <p>¿Se obtendrá data importante para las siguiente investigaciones?</p>	<p>Generar ahorro económico por el uso de soda Causítica en el proceso de tratamiento para el Turbo A-1 con diferentes *Be de soda caustica</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b></p> <p>*Realizar un escalamiento del proceso real para realizar el procedimiento experimental, obteniendo los mismos resultados con las mismas condiciones de proceso real.</p> <p>*Realizar corridas al procedimiento experimental con diferentes concentracionesde soda Causítica.</p> <p>* Realizar evaluación económica.</p>	<p>Lograr maximizar el proceso de Tratamiento Causítico con menores concentraciones de soda Causítica Diluida.</p> <p><b>HIPOTESIS SECUNDARIAS</b></p> <p>* Optimizar el proceso con una disminución de la solubilidad de las sales de sodio de los ácidos nafténico con los hidrocarburos.</p> <p>*Generando ahorro económico al proceso de tratamiento Causítico.</p>	<p><b>Tipo de Investigación:</b> De acuerdo al proposito de la investigación , naturaleza de los problemas y objetivos formulados en el trabajo , el presente estudio reúne las condiciones suficientes para calificado como una investigación aplicada.</p> <p><b>Nivel de la Investigación:</b> Sera una investigación descriptiva en un primer momento , luego explicativa de acuerdo a la finalidad de la misma.</p> <p><b>Metodología de la Investigación:</b>En la presente investigación se empleara el metodo descriptivo , el mismo que se complementara con el analisis.</p> <p><b>Poblacion:</b>El estudio sera en base de la planta de tratamiento caustico.</p> <p><b>Técnicas :</b> Se realizara mediante corridas experimentales y pruebas de laboratorio.</p>

## CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL TRATAMIENTO CÁUSTICO AL TURBO A-1

### 4.1. Procedimiento experimental del tratamiento del Turbo A-1

#### 4.1.1. Escalamiento

En la Unidad Destilación Primaria (UPD), se tiene una carga de crudo de 65000 barriles/día, la producción del turbo tiene un rendimiento del 15%, dicha unidad produce 9750 barriles/día de turbo que va a la planta de tratamiento.

De acuerdo al reporte de inventario de la planta de tratamiento, de soda cáustica se consume alrededor de 3000 galones de soda de 6°Be por lote de turbo.

Realizando el escalamiento para la evaluación experimental:

CUADRO N° 4.1: VOLUMENES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO CAUSTICO

	<b>Volumen Real (Barriles)</b>	<b>Escalamiento en Volumen</b>	<b>Volumen de experimento (ml)</b>
<b>Turbo</b>	45000	630 K	4000 ml
<b>Soda Caustica 6 ° Be</b>	71.42	1K	6.5 ml

Fuente: Elaboración propia a partir del Reporte de inventario mensual – Talara

De acuerdo al reporte de inventario de agua suministrada por el área de servicios industriales se consume alrededor de 2190 barriles por cada lote de turbo aproximado 45000 Barriles.

Realizando el escalamiento para la evaluación experimental:

CUADRO N°4.2: ESCALAMIENTOS DE VOLUMENES

	<b>Volumen Real (Barriles)</b>	<b>Escalamiento en Volumen</b>	<b>Volumen de experimento (ml)</b>
<b>Turbo</b>	45000	20.5K	4000 ml
<b>Agua</b>	2190	1K	196 ml

Fuente: Elaboración propia a partir Reporte de inventario servicios industriales

#### 4.1.2. Descripción del procedimiento con soda de 6°Be

##### 4.1.2.1 Etapa de mezclado

###### ❖ Equipos/ Materiales

- Vaso de precipitado 2000 ml
- Embudo de separación
- Erlenmeyer
- Mezclador magnético
- Cronómetro
- Termómetro

###### ❖ Condiciones del proceso experimental

- Temperatura: 45 °C
- Tiempo de mezclado: 1 min 20 seg, tiempo real de planta.

###### ❖ Procedimiento

Es importante que el material de laboratorio esté perfectamente limpio para que los análisis no sufran interferencias por impurezas, suciedad o incluso por reactivos de distinto tipo.

Se agrega 4000 ml de turbo sin tratar al vaso de precipitados, luego se coloca en el mezclador magnético, porciones de 1000ml, se mide la temperatura al inicio del experimento al turbo  $T = 45\text{ °C}$  a continuación se agrega 6.5 ml de soda cáustica diluida a 6°Be, a un  $T_1 =$  de 1 min 20 seg, se produce el mezclado generando la reacción de neutralización de los ácidos contaminantes y la solución de soda cáustica.

Se realizó el mezclado con diferentes tiempos de mezclado en cada corrida de turbo, tomando como base el tiempo de mezclado de la planta.

CUADRO N° 4.3 TIEMPO DE MEZCLADO

Tiempos de Operación en la simulación	Tiempo(s)
T1	80
T2	100
T3	120

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2.2 Etapa de separación

❖ Equipos/ Materiales:

- Embudo de separación
- Erlenmeyer
- Cronómetro
- Termómetro
- Parante metálico

❖ Condiciones del proceso

- Temperatura: 45 °C

❖ Procedimiento

Se vierte el turbo con soda cáustica diluida al embudo separador, por gravedad se realiza la separación del turbo con la soda cáustica diluida, se realiza la separación de la soda gastada al Erlenmeyer.

La soda gastada se vuelve a recircular con el nuevo lote de turbo sin tratar hasta que la soda gastada alcance un 20% de gastado, luego será retirado del proceso experimental.

Cada vez que la soda gastada es utilizada en el lote de turbo sin tratar se mide el porcentaje de gastado de soda con el método del doble Indicador, se analiza cómo va avanzando el gastado con el volumen de turbo hasta un límite de 20%, luego se retira la soda gastada y se utiliza otro lote de soda fresca

#### 4.1.2.3 Etapa de lavado

❖ Equipos/ Materiales:

- Embudo de separación
- Erlenmeyer
- Cronómetro
- Parante metálico

❖ Condiciones del proceso

- Temperatura: 45 °C

❖ Procedimiento:

Se vierte el turbo procedente del proceso de mezclado y el agua procedente del servicios industriales se toma como muestra luego en el embudo separador, se realiza la agitación manual aproximadamente por 1 min, luego por gravedad se realiza la separación del turbo y el agua, con el objetivo de remover todas las impurezas que arrastra la soda presente en el Turbo A-1 y que sean solubles en agua.

#### 4.1.2.4 Etapa de secado

❖ Equipos/ Materiales:

- Embudo
- Erlenmeyer
- Papel filtro
- Parante Metálico
- Sal

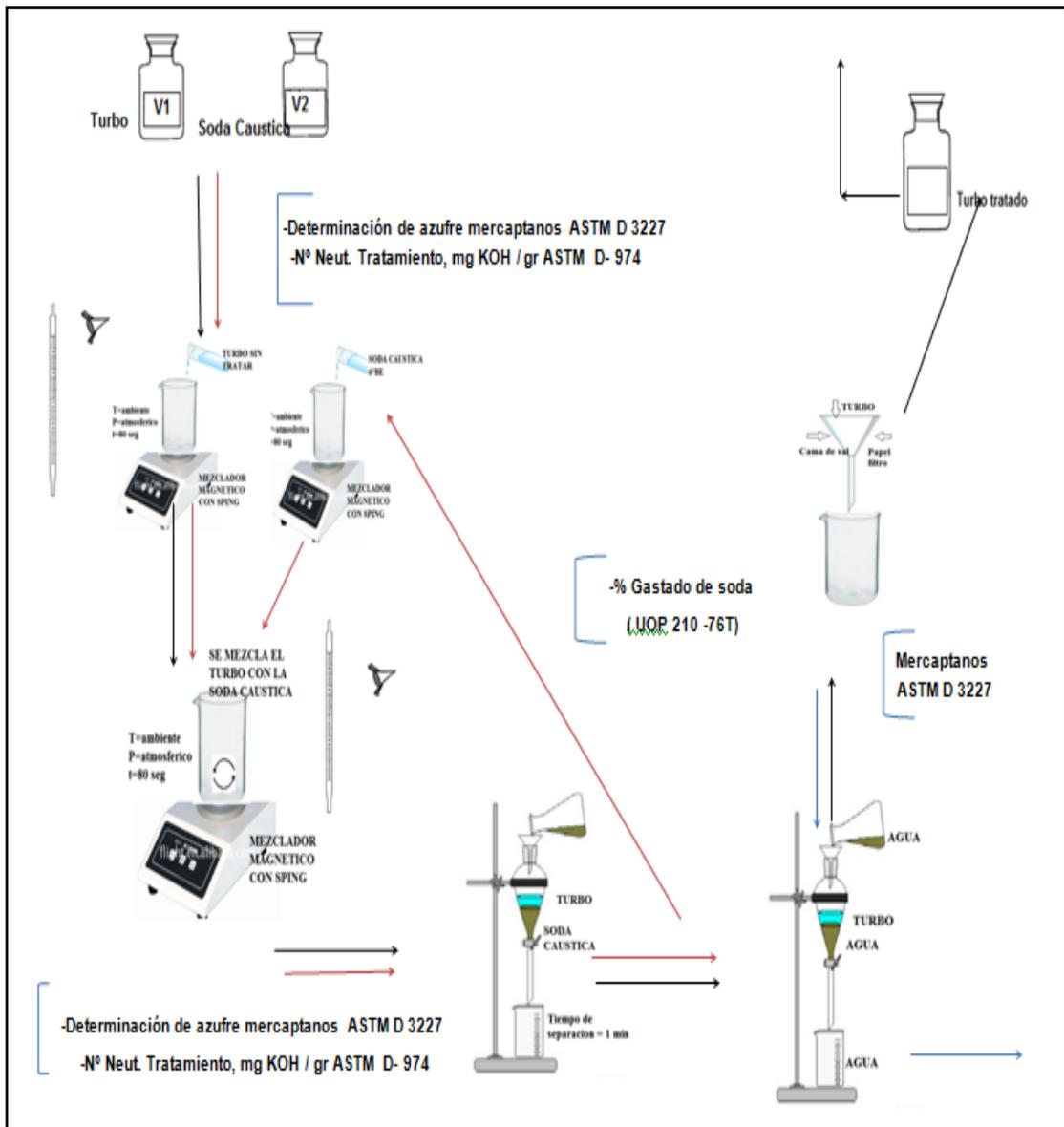
❖ Condiciones del proceso

- Temperatura: 45 °C

❖ Procedimiento:

Se vierte el turbo procedente del proceso de lavado al embudo acondicionado con papel filtro y una cama de sal luego se filtra el turbo donde se completa la remoción de todas las impurezas arrastradas por el agua y humedad remanente que acompaña al producto.

GRAFICO 4-1 : DIAGRAMA DEL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL



Fuente : Elaboración propia

#### 4.1.3. Influencia de la las variable de tiempo de reacción de mezclado

Se realizó la simulación con diferentes tiempos: T= 80, 100 y 120 segundos, tomando como base el tiempo de la planta de tratamiento cáustica de 80 segundos.

#### 4.1.4. Pruebas realizadas en diferentes puntos del proceso experimental

##### 4.1.4.1. Etapa de salida de Unidad Destilación Primaria

- ❖ Determinación de azufre mercaptanos (ASTM D3227-96).
- ❖ N° Neutralización antes tratamiento, mg KOH/gr (ASTM D974).

##### 4.1.4.2. Etapa de finalización del mezclado/separación

- ❖ Determinación de azufre mercaptanos (ASTM D3227-96).
- ❖ N° Neutralización antes tratamiento, mg KOH/gr (ASTM D974).
- ❖ Gastado de soda cáustica, método del doble indicador para la soda gastada (UOP 210-76T).

##### 4.1.4.3. Etapa de finalización del lavado

- ❖ Determinación de azufre mercaptanos (ASTM D3227-96).
- ❖ pH, para el agua del lavado.

##### 4.1.4.4. Etapa de finalización secado –turbo tratado

- ❖ Índice de separación de agua (ASTM D3948-07).
- ❖ N° Neut. después tratamiento, mg KOH/gr (ASTM D974).
- ❖ Determinación de azufre mercaptanos (ASTM D3227-96).
- ❖ Gravedad API, á 15,6 °C (ASTM D1298).
- ❖ Punto de inflamación, °C (ASTM D56).
- ❖ Punto de congelamiento (ASTM D5972).
- ❖ Punto de humo, mm (ASTM D1322-97).
- ❖ Destilación (ASTM D86).

## 4.2. Procedimiento experimental del tratamiento con soda de 4 y 3°Be

### 4.2.1. Escalamiento con soda diluida de 4 y 3°Be

Para determinar el escalamiento de soda diluida de 4 y 3°Be, debemos primero tener como base que el consumo de soda caustica de 6°Be es 198 lb.

Luego llevarlo a un 30% de gastado, que seria la soda requerida con un valor de 660 lb , por medio de la tabla 1 del anexo 3, lo transformamos a 71.3 bbl que es equivalente a 2997.9 galones de soda de 4°Be.

El consumo de soda cáustica de 6°Be es 198 lb.

❖ Para soda Cáustica 4°Be

Soda neta = 198 lb

% Gastado = 30%

Soda requerida = 660 lb, 9.24 lb/bbl de soda en solución (de tabla)

Volumen requerido = 71.3 bbl = 2997.9 galones de soda diluida de 4°Be.

Volumen de turbo = 45000 bbl.

CUADRO N° 4.4: ESCALAMIENTO DE VOLUMENES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE 4°Be

	<b>Volumen Real (Barriles)</b>	<b>Escalamiento en Volumen</b>	<b>Volumen de experimento (ml)</b>
<b>Turbo</b>	45000	631 K	4000 ml
<b>Soda Caustica 4 ° Be</b>	71.3	1K	6.2 ml

Fuente : Elaboración propia

CUADRO N° 4.5: ESCALAMIENTO DE VOLUMENES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE 4°Be

	<b>Volumen Real (Barriles)</b>	<b>Escalamiento en Volumen</b>	<b>Volumen de experimento (ml)</b>
<b>Turbo</b>	45000	20.5K	4000 ml
<b>Agua</b>	2190	1K	196 ml

Fuente : Elaboración propia

❖ Para soda cáustica 3°Be

Soda neta = 198 lb

% Gastado = 30%

Soda requerida = 660 lb, 6.71 lb/bbl de soda en solución (de tabla)

Volumen requerido = 98.2 bbl = 4128 galones de soda diluida de 3°Be.

Volumen de Turbo = 45000 bbl.

CUADRO N°4.6: ESCALAMIENTO DE VOLUMENES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE 3°Be

	<b>Volumen Real (Barriles)</b>	<b>Escalamiento en Volumen</b>	<b>Volumen de experimento (ml)</b>
<b>Turbo</b>	45000	458.2 K	4000 ml
<b>Soda Caustica 3° Be</b>	98.2	1K	8.8 ml

Fuente : Elaboración propia

CUADRO N° 4.7: ESCALAMIENTO DE VOLUMENES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE 3°Be

	<b>Volumen Real (Barriles)</b>	<b>Escalamiento en Volumen</b>	<b>Volumen de experimento (ml)</b>
<b>Turbo</b>	45000	20.5K	4000 ml
<b>Agua</b>	2190	1K	196 ml

Fuente : Elaboración propia

#### 4.2.2. Descripción del procedimiento

##### 4.2.2.1. Etapa de mezclado

❖ Equipos/ Materiales:

- Vaso de precipitados 2000 ml
- Embudo de separación
- Erlenmeyer
- Mezclador magnético
- Cronómetro
- Termómetro

- ❖ Condiciones del proceso experimental
  - Temperatura: 45 °C
  - Tiempo de mezclado: 1 min 20 seg, tiempo real de planta.

GRAFICO 4-3 : EQUIPO DE MEZCLADO DE LA SIMULACION



Fuente : Elaboración propia

- ❖ Procedimiento

Es importante que el material de laboratorio esté perfectamente limpio para que los análisis no sufran interferencias por impurezas, suciedad o incluso por reactivos de distinto tipo.

Se agrega 4000 ml de turbo sin tratar al vaso de precipitados, en porciones de 1000 ml, luego se coloca en el mezclador magnético, se midió la temperatura al inicio del experimento al turbo  $T = 45\text{ °C}$  a continuación se agrega 6.2 ml de soda cáustica diluida a 4°Be y se agrega 8.8 ml de soda cáustica diluida de 3°Be, a un  $T_1 =$  de 1 min 20 s.

Se produce el mezclado generando la reacción de neutralización de los ácidos contaminantes y la solución de soda cáustica.

#### 4.2.2.2. Etapa de separación

- ❖ Equipos/ Materiales:

- Embudo de separación
- Erlenmeyer

- Cronómetro
  - Termómetro
  - Parante metálico
- ❖ Condiciones del proceso
- Temperatura: 45 °C
- ❖ Procedimiento:

Se vierte el turbo con soda cáustica diluida al embudo separador, por gravedad se realiza la separación del turbo con la soda cáustica diluida, se realiza la separación de la soda gastada al Erlenmeyer.

La soda gastada se vuelve a recircular con el nuevo lote de turbo sin tratar hasta que la soda gastada alcance un 30% de gastado, luego será retirada del proceso experimental.

Cada vez que la soda gastada es utilizada en el lote de turbo sin tratar se mide el porcentaje de gastado de soda con el método del doble Indicador, se analiza cómo va avanzando el gastado con el volumen de turbo hasta un límite de 30%, luego se retira la soda gastada y se utiliza otro lote de soda fresca.

GRAFICO 4-4: EQUIPO DE SEPARACION



Fuente : Elaboración propia

#### 4.2.2.3. Etapa de lavado

❖ Equipos/ Materiales:

- Embudo de separación
- Erlenmeyer
- Cronómetro
- Parante metálico

❖ Condiciones del proceso

- Temperatura: 45 °C

❖ Procedimiento:

Se vierte el turbo procedente del proceso de mezclado y el agua procedente de servicios industriales se toma como muestra luego en el embudo separador, se realiza la agitación manual aproximadamente tiempo de 1 min.

Por gravedad se realiza la separación del turbo y el agua, con el objetivo de remover todas las impurezas que arrastra la soda presente en el Turbo A-1 y que sean solubles en agua.

GRAFICO 4-5: EQUIPO DE LAVADO



Fuente : Elaboración propia

#### 4.2.2.4. Etapa de secado

❖ Equipos/ Materiales:

- Embudo
- Erlenmeyer
- Papel filtro
- Parante metálico
- Sal

❖ Condiciones del proceso

- Temperatura: 45 °C

❖ Procedimiento:

Se vierte el turbo procedente del proceso de lavado al embudo acondicionado con papel filtro y una cama de sal, ego se filtra el turbo donde se completa la remoción de todas las impurezas arrastradas por el agua y humedad remanente que acompaña al producto.

GRAFICO 4-5 : EQUIPO DE SECADO



Fuente : Elaboración propia

## GRAFICO 4-6 : EQUIPO DE SIMULACION COMPLETO



Fuente : Elaboración propia

### 4.2.3. Pruebas realizadas en diferentes puntos del proceso experimental

#### 4.2.3.1. Etapa de salida de Unidad Destilación Primaria

- ❖ Determinación de azufre mercaptanos (ASTM D3227-96).
- ❖ N° Neutralización antes tratamiento, mg KOH/gr (ASTM D974).

#### 4.2.3.2. Etapa de finalización del mezclado/separación

- ❖ Determinación de azufre mercaptanos (ASTM D3227-96).
- ❖ N° Neutralización antes tratamiento, mg KOH/gr (ASTM D974).
- ❖ Gastado de soda cáustica, método del doble indicador para la soda gastada (UOP 210-76T).

#### 4.2.3.3. Etapa de finalización del lavado

- ❖ Determinación de azufre mercaptanos (ASTM D3227-96).
- ❖ pH, para el agua del lavado.

#### 4.2.3.4. Etapa de finalización secado –turbo tratado

- ❖ Índice de separación de agua (ASTM D3948-07).
- ❖ N° Neut. después tratamiento, mg KOH/gr (ASTM D974).
- ❖ Determinación de azufre mercaptanos (ASTM D3227-96).
- ❖ Gravedad API, a 15,6 °C (ASTM D1298).
- ❖ Punto de inflamación, °C (ASTM D56).
- ❖ Punto de congelamiento (ASTM D5972).
- ❖ Punto de humo, mm (ASTM D1322-97).
- ❖ Destilación (ASTM D86).

## **CAPÍTULO V: RESULTADOS DEL PROCESO EXPERIMENTAL**

### 5.1. Resultados del proceso experimental

#### 5.1.1. Resultados del Turbo en diferentes puntos del proceso

En el cuadro 5.1 , se observan los resultados del método: determinación de azufre mercaptano ASTM D3227-96 (ppm), para un tiempo T1= 80 segundos, dicha prueba se realizó en cuatro puntos diferentes que son, salida de la unidad primaria, proceso de mezclado, proceso de lavado y en el proceso de secado.

Observamos cómo los valores han disminuido notoriamente en el proceso de mezclado y separación, generando menor cantidad de contaminantes.

CUADRO N° 5.1: RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Corridas	Turbo A-1 (6°Be)	Salida UDP	Mezclado separación	Lavado	Secado
Corrida -1	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.98	4	4	4
Corrida -2	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4	4	4
Corrida -3	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.95	4.5	4.5	4.5
Corrida -4	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -5	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.98	4	4	4
Corrida -6	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4	4	4
Corrida -7	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.95	4.5	4.5	4.5
Corrida -8	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -9	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4	4	4
Corrida -10	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -11	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -12	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.95	4.5	4.5	4.5

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.2, se realizó la prueba del N° de neutralización ASTM D974, para un tiempo T1=80 segundos, dicha prueba se realizó en cuatro puntos diferentes: salida de la unidad primaria, proceso de mezclado, proceso de lavado, y en el proceso de secado.

Podemos observar que se produce una gran disminución en el proceso de mezclado, lo cual indica la disminución de ácidos en el turbo A-1.

CUADRO N° 5.2: RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Corridas	Turbo A-1 (6°Be)	Salida UDP	Mezclado separación	Lavado	Secado
Corrida -1	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.004	0.004	0.004
Corrida -2	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.150	0.005	0.005	0.005
Corrida -3	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.155	0.005	0.005	0.005
Corrida -4	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.160	0.005	0.005	0.005
Corrida -5	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.004	0.004	0.004
Corrida -6	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.150	0.005	0.005	0.005
Corrida -7	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.150	0.005	0.005	0.005
Corrida -8	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.154	0.005	0.005	0.005
Corrida -9	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.156	0.005	0.005	0.005
Corrida -10	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.154	0.005	0.005	0.005
Corrida -11	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.156	0.005	0.005	0.005
Corrida -12	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.005	0.005	0.005

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.3, se realizó la prueba: arrastre de naftenatos, esta prueba se tomó en cuatro diferentes puntos a un tiempo T1= 80 segundos, en la salida de unidad primaria, proceso de mezclado, proceso de lavado y en el proceso de secado.

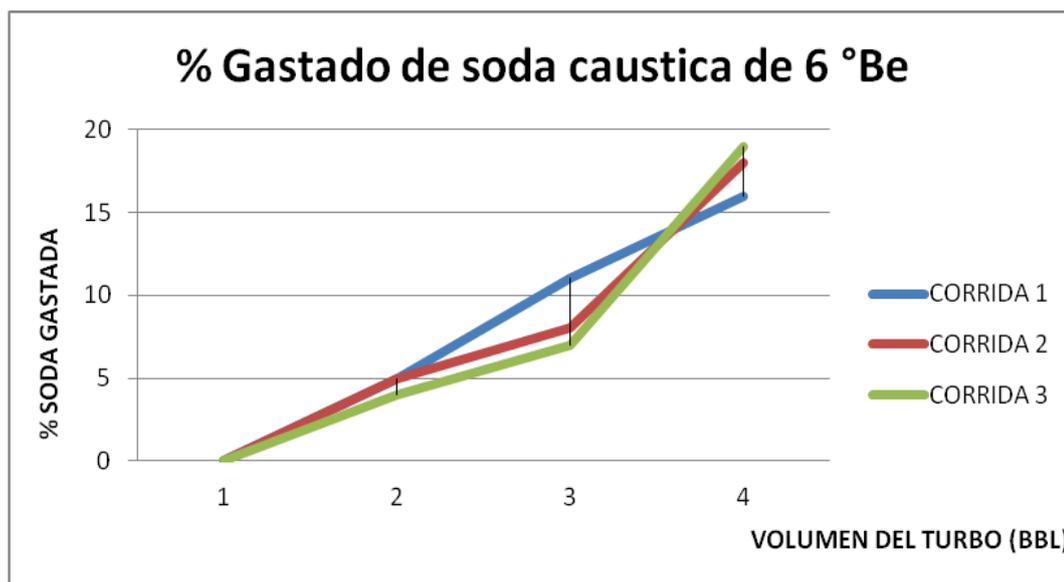
Observamos que el valor se incrementa más en el proceso de lavado.

<b>Corridas</b>	<b>Turbo A-1 (6°Be)</b>	<b>Salida UDP</b>	<b>Mezclado separacion</b>	<b>Lavado</b>	<b>Secado</b>
Corrida -1	Arrastre Naftenatos (mg Na /L)	0	0.25	0.048	0.020
Corrida -2	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.251	0.046	0.020
Corrida -3	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.252	0.045	0.021
Corrida -4	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.253	0.045	0.022
Corrida -5	Arrastre Naftenatos (mg Na /L)	0	0.252	0.048	0.023
Corrida -6	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.25	0.047	0.020
Corrida -7	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.26	0.044	0.024
Corrida -8	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.254	0.045	0.021
Corrida -9	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.25	0.048	0.023
Corrida -10	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.251	0.046	0.023
Corrida -11	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.252	0.045	0.024
Corrida -12	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.253	0.045	0.02

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 5-1, se muestran los resultados de la prueba: de Gastado de Soda Cáustica –Método del doble indicador Método UPO 210 -76T, donde se observa que el gastado de soda va incrementado conforme se van neutralizando los mercaptanos (contaminantes) en sales, hasta un límite de 20% de gastado, luego es cambiado por otro lote nuevo de soda fresca.

GRAFICO 5-1 : PORCENTAJE DE GASTADO



Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°5.4 : VALORES DE PORCENTAJE DE GASTADO

Volumen de turbo acumulado	% Gastado 1	% Gastado 2	% Gastado3
1	0	0	0
2	4	5	4
3	6	8	7
4	18	17	19

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.5 , se observa los resultados del método: determinación de azufre mercaptano ASTM D3227-96 (ppm), para un tiempo T2= 100 segundos, dicha prueba se realizó en cuatro puntos diferentes que son, salida de la unidad primaria, proceso de mezclado, proceso de lavado y en el proceso de secado.

Observamos cómo los valores han disminuido notoriamente en el proceso de mezclado y separación, generando menor cantidad de contaminantes.

CUADRO N° 5.5: RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Corridas	Turbo A-1 (6°Be)	Salida UDP	Mezclado separacion	Lavado	Secado
Corrida -1	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.98	4	4	4
Corrida -2	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4	4	4
Corrida -3	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.95	4	4	4
Corrida -4	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -5	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.98	4	4	4
Corrida -6	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -7	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.95	4.5	4.5	4.5
Corrida -8	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -9	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -10	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4	4	4
Corrida -11	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -12	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.95	4.5	4.5	4.5

Fuente: Elaboración propia

En este cuadro 5.6 , se realizó la prueba de N° de neutralización ASTM D974, para un tiempo T2=100 segundos, dicha prueba se realizó en cuatro puntos diferentes :salida de la unidad primaria , proceso de mezclado, proceso de lavado , y en el proceso de secado.

Podemos observar que se produce una gran disminución en el proceso de mezclado, lo cual indica la disminución de ácidos en el turbo A-1.

CUADRO N° 5.6: RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Corridas	Turbo A-1 (6°Be)	Salida UDP	Mezclado separacion	Lavado	Secado
Corrida -1	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.160	0.004	0.004	0.004
Corrida -2	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.156	0.005	0.005	0.005
Corrida -3	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.150	0.005	0.005	0.005
Corrida -4	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.154	0.005	0.005	0.005
Corrida -5	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.156	0.004	0.004	0.004
Corrida -6	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.005	0.005	0.005
Corrida -7	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.005	0.005	0.005
Corrida -8	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.005	0.005	0.005
Corrida -9	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.16	0.005	0.005	0.005
Corrida -10	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.154	0.005	0.005	0.005
Corrida -11	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.154	0.005	0.005	0.005
Corrida -12	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.005	0.005	0.005

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.7, se muestra los resultados de la prueba: arrastre de naftenatos, para un tiempo T2=100 segundos, esta prueba se tomó en cuatro diferentes puntos, en la salida de unidad primaria, proceso de mezclado, proceso de lavado y en el proceso de secado.

Observamos que el valor se incrementa más es en el proceso de lavado.

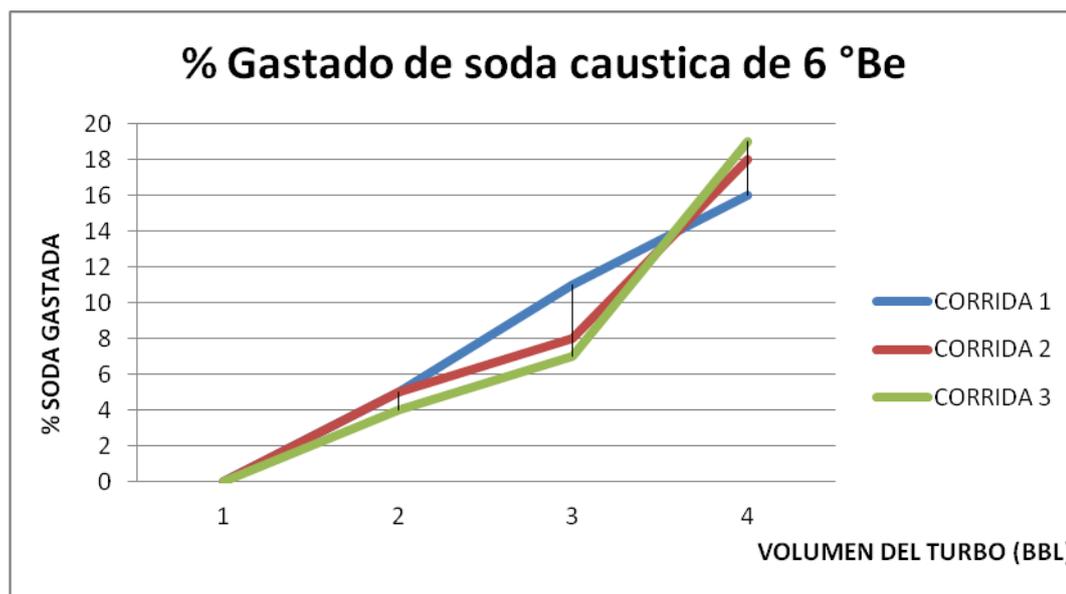
CUADRO N° 5.7: RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Corridas	Turbo A-1 (6°Be)	Salida UDP	Mezclado separacion	Lavado	Secado
Corrida -1	Arrastre Naftenatos (mg Na /L)	0	0.25	0.048	0.023
Corrida -2	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.251	0.046	0.023
Corrida -3	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.252	0.045	0.024
Corrida -4	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.253	0.045	0.022
Corrida -5	Arrastre Naftenatos (mg Na /L)	0	0.252	0.048	0.023
Corrida -6	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.25	0.047	0.020
Corrida -7	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.26	0.044	0.024
Corrida -8	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.254	0.045	0.021
Corrida -9	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.25	0.048	0.023
Corrida -10	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.251	0.046	0.023
Corrida -11	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.252	0.045	0.024
Corrida -12	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.253	0.045	0.02

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 5.-2, muestran los resultados de la prueba de Gastado de Soda Cáustica –Método del doble indicador Método UPO 210 -76T, donde se observa que el gastado de soda va incrementado conforme se van neutralizando los mercaptanos (contaminantes ) en sales, hasta un límite de 20 % de gastado, luego es cambiado por otro lote nuevo de soda fresca.

GRAFICO 5-2 : PORCENTAJE DE GASTADO



Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°5.8: VALORES DE PORCENTAJE DE GASTADO

Volumen de turbo acumulado	% Gastado 1	% Gastado 2	% Gastado3
1	0	0	0
2	4	5	4
3	6	8	7
4	18	17	19

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.9, se observan los resultados del método: determinación de azufre mercaptano ASTM D3227-96 (ppm), para un tiempo T3= 120 segundos, dicha prueba se realizó en cuatro puntos diferentes que son, salida de la unidad primaria, proceso de mezclado, proceso de lavado y en el proceso de secado.

Observamos cómo los valores han disminuido notoriamente en el proceso de mezclado y separación, generando menor cantidad de contaminantes.

**CUADRO N° 5.9: RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO**

Corridas	Turbo A-1 (6°Be)	Salida UDP	Mezclado separacion	Lavado	Secado
Corrida -1	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.98	4	4	4
Corrida -2	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4	4	4
Corrida -3	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.95	4	4	4
Corrida -4	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -5	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.98	4	4	4
Corrida -6	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -7	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.95	4.5	4.5	4.5
Corrida -8	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -9	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -10	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4	4	4
Corrida -11	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -12	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.95	4.5	4.5	4.5

Fuente: Elaboración propia

En este cuadro 5.10, se realizó la prueba de N° de neutralización ASTM D974, para un tiempo T3= 120 segundos, dicha prueba se realizó en cuatro puntos diferentes: salida de la unidad primaria, proceso de mezclado, proceso de lavado, y en el proceso de secado.

Podemos observar que se produce una gran disminución en el proceso de mezclado, lo cual indica la disminución de ácidos en el turbo A-1.

CUADRO N° 5.10: RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Corridas	Turbo A-1 (6°Be)	Salida UDP	Mezclado separacion	Lavado	Secado
Corrida -1	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.160	0.004	0.004	0.004
Corrida -2	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.156	0.004	0.004	0.004
Corrida -3	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.150	0.004	0.004	0.004
Corrida -4	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.154	0.005	0.005	0.005
Corrida -5	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.156	0.004	0.004	0.004
Corrida -6	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.005	0.005	0.005
Corrida -7	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.005	0.005	0.005
Corrida -8	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.005	0.005	0.005
Corrida -9	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.16	0.005	0.005	0.005
Corrida -10	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.154	0.005	0.005	0.005
Corrida -11	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.154	0.005	0.005	0.005
Corrida -12	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.005	0.005	0.005

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.11, se muestran los resultados obtenidos en la prueba arrastre de naftenatos, para un tiempo de T3= 120 segundos, esta prueba se tomó en cuatro diferentes puntos, en la salida de unidad primaria, proceso de mezclado, proceso de lavado y en el proceso de secado.

Observamos que el valor se incrementa más es en el proceso de lavado.

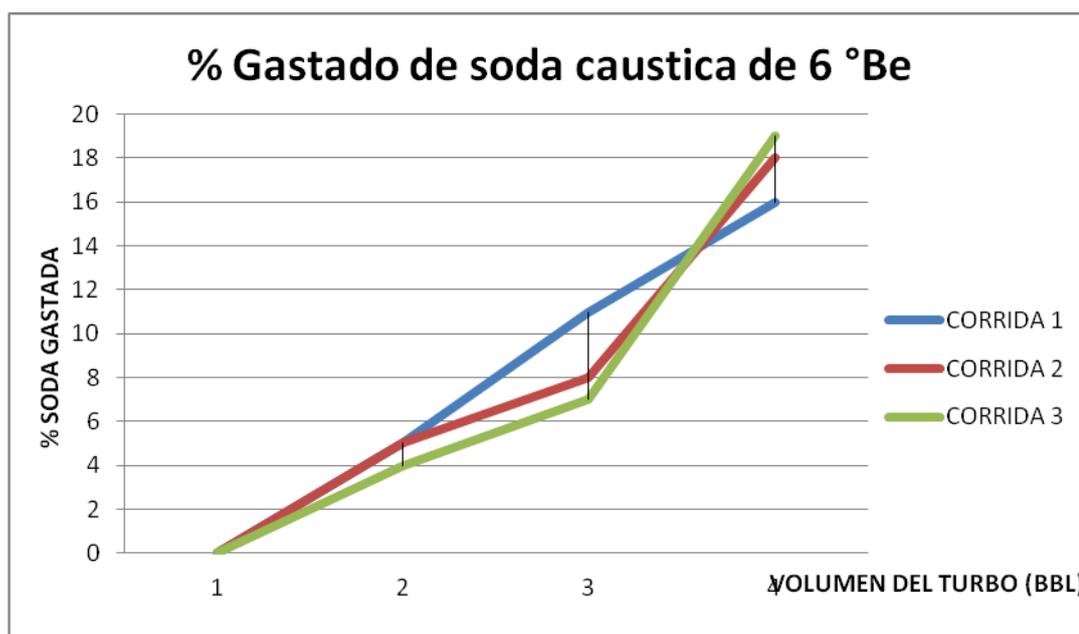
CUADRO N° 5.11: RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Corridas	Turbo A-1 (6°Be)	Salida UDP	Mezclado separacion	Lavado	Secado
Corrida -1	Arrastre Naftenatos (mg Na /L)	0	0.25	0.048	0.023
Corrida -2	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.251	0.04	0.023
Corrida -3	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.252	0.045	0.024
Corrida -4	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.253	0.045	0.022
Corrida -5	Arrastre Naftenatos (mg Na /L)	0	0.252	0.048	0.023
Corrida -6	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.25	0.047	0.020
Corrida -7	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.26	0.044	0.024
Corrida -8	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.254	0.045	0.021
Corrida -9	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.25	0.048	0.023
Corrida -10	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.251	0.046	0.023
Corrida -11	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.252	0.045	0.024
Corrida -12	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.253	0.045	0.02

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 5-3, se muestran los resultados de la prueba de Gastado de Soda Cáustica –Método del doble indicador Método UPO 210 -76T, donde se observa que el gastado de soda va incrementado conforme se van neutralizando los mercaptanos (contaminantes ) en sales, hasta un límite de 20 % de gastado, luego es cambiado por otro lote nuevo de soda fresca.

GRAFICO 5-3: PORCENTAJE DE GASTADO



Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 5.12 : VALORES DE PORCENTAJE DE GASTADO

Volumen de turbo acumulado	% Gastado 1	% Gastado 2	% Gastado3
1	0	0	0
2	5	5	4
3	11	8	7
4	16	18	19

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2. Control de calidad del turbo tratado

En el cuadro 5.13, se muestran los resultados obtenidos en los controles de calidad del turbo tratado con soda de 6 °Be.

CUADRO N° 5.13 : RESULTADO DE CONTROL DE CALIDAD

CORRIDAS	PRODUCTO	Indice de separación de agua ASTM D- 3948-07	Nº Neut. después Trat., mg KOH / gr ASTM D- 974	Determinación de azufre mercaptanos en gasolinas, Kerosenes y Turbo ASTM D 3227-96.	Gravedad API, á 15,6 °C ASTM D-1298	Punto de Inflamación, °C ASTM D-56	Punto de Congelamiento ASTM D-5972	Punto de Humo, mm ASTM D-1322-97
Corrida -1	TURBO	97	0.004	4	43.4	39	-53.5	38.0
Corrida -2	TURBO		0.005	4	43	38	-53.0	37.0
Corrida -3	TURBO		0.005	4.5	42	39	-52.5	39.0
Corrida -4	TURBO		0.005	4.5	44	37	-53.5	37.0
Corrida -5	TURBO	98	0.004	4	42.5	38	-53.0	38.0
Corrida -6	TURBO		0.005	4	43.5	39	-53.5	37.0
Corrida -7	TURBO		0.005	4.5	43	39	-53.0	38.0
Corrida -8	TURBO		0.005	4.5	42	38	-52.5	38.0
Corrida -9	TURBO	98	0.005	4	42	39	-52.0	37.0
Corrida -10	TURBO		0.005	4.5	43.5	37	-52.5	38.0
Corrida -11	TURBO		0.005	4.5	43	98	-53.5	37.0
Corrida -12	TURBO		0.005	4.5	42	39	-53.5	38.0

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.14, se muestran los resultados obtenidos en la prueba de destilación ASTM D-86, al turbo tratado .

CUADRO N°5.14: RESULTADO DE CONTROL DE CALIDAD

Destilación ASTM D-86									
CORRIDAS	PRODUCTO	Punto Inicial de Ebullicion	5% Rec.	10% Rec.	50% Rec.	70% Rec.	90% Rec.	95% Rec.	Punto Final Ebullición
Corrida -1	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	250.0
Corrida -2	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	247.0
Corrida -3	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	243.0
Corrida -4	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	250.0
Corrida -5	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	248.0
Corrida -6	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	253.0
Corrida -7	TURBO	147.0	163.0	170.0	204.0	217.0	234.0	241.0	249.0
Corrida -8	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	250.0
Corrida -9	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	249.0
Corrida -10	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	248.0
Corrida -11	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	253.0
Corrida -12	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	248.0

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.15, se muestran los resultados obtenidos en los controles de calidad del turbo tratado con soda de 6 °Be.

CUADRO N°5.15 : RESULTADO DE CONTROL DE CALIDAD

CORRIDAS	PRODUCTO	Indice de separación de agua ASTM D- 3948-07	Nº Neut. después Trat., mg KOH/ gr ASTM D- 974	Determinación de azufre mercaptanos en gasolinas, Kerosenes y Turbo ASTM D 3227-96.	Gravedad API, á 15,6 °C ASTM D-1298	Punto de Inflamación, °C ASTM D-56	Punto de Congelamiento ASTM D-5972	Punto de Humo, mm ASTM D-1322-97
Corrida -1	TURBO	97	0.004	4	43.4	39	-53.5	38.0
Corrida -2	TURBO		0.005	4	43	38	-53.0	37.0
Corrida -3	TURBO		0.005	4	42	39	-52.5	39.0
Corrida -4	TURBO		0.005	4.5	44	37	-53.5	37.0
Corrida -5	TURBO	98	0.004	4	42.5	38	-53.0	38.0
Corrida -6	TURBO		0.005	4.5	43.5	39	-53.5	37.0
Corrida -7	TURBO		0.005	4.5	43	39	-53.0	38.0
Corrida -8	TURBO		0.005	4.5	42	38	-52.5	38.0
Corrida -9	TURBO	98	0.005	4.5	42	39	-52.0	37.0
Corrida -10	TURBO		0.005	4	43.5	37	-52.5	38.0
Corrida -11	TURBO		0.005	4.5	43	98	-53.5	37.0
Corrida -12	TURBO		0.005	4.5	42	39	-53.5	38.0

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.16, se muestran los resultados obtenidos en la prueba de destilación ASTM D-86, al turbo tratado.

CUADRO N°5.16 : RESULTADO DE CONTROL DE CALIDAD

Destilación ASTM D-86									
CORRIDAS	PRODUCTO	Punto Inicial de Ebullición	5% Rec.	10% Rec.	50% Rec.	70% Rec.	90% Rec.	95% Rec.	Punto Final Ebullición
Corrida -1	TURBO	142.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	250.0
Corrida -2	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	247.0
Corrida -3	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	243.0
Corrida -4	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	250.0
Corrida -5	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	248.0
Corrida -6	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	253.0
Corrida -7	TURBO	147.0	163.0	170.0	204.0	217.0	234.0	241.0	249.0
Corrida -8	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	250.0
Corrida -9	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	249.0
Corrida -10	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	248.0
Corrida -11	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	253.0
Corrida -12	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	248.0

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.17, se muestran los resultados obtenidos en los controles de calidad del turbo tratado con soda de 6 °Be.

CUADRO N°5.17 : RESULTADO DE CONTROL DE CALIDAD

CORRIDAS	PRODUCTO	Indice de separación de agua ASTM D- 3948-07	Nº Neut. después Trat., mg KOH / gr ASTM D- 974	Determinación de azufre mercaptanos en gasolinas, Kerosenes y Turbo ASTM D 3227-96.	Gravedad API, á 15,6 °C ASTM D-1298	Punto de Inflamación, °C ASTM D-56	Punto de Congelamiento ASTM D-5972	Punto de Humo, mm ASTM D-1322-97
Corrida -1	TURBO	97	0.004	4	44	39	-53.5	37.0
Corrida -2	TURBO		0.004	4	43	38	-53.0	39.0
Corrida -3	TURBO		0.005	4	42	39	-52.5	39.0
Corrida -4	TURBO		0.005	4.5	44	37	-53.5	37.0
Corrida -5	TURBO	98	0.005	4	42.5	38	-53.0	38.0
Corrida -6	TURBO		0.005	4.5	43.5	39	-53.5	37.0
Corrida -7	TURBO		0.005	4.5	43	39	-53.0	38.0
Corrida -8	TURBO		0.005	4.5	42	38	-52.5	38.0
Corrida -9	TURBO	98	0.005	4.5	42	39	-52.0	37.0
Corrida -10	TURBO		0.005	4	43.5	37	-52.5	38.0
Corrida -11	TURBO		0.005	4.5	43	98	-53.5	37.0
Corrida -12	TURBO		0.005	4.5	42	39	-53.5	38.0

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.18, se muestran los resultados obtenidos en la prueba de destilación ASTM D86, al turbo tratado.

CUADRO N°5.18: RESULTADO DE CONTROL DE CALIDAD

Destilación ASTM D-86									
CORRIDAS	PRODUCTO	Punto Inicial de Ebullicion	5% Rec.	10% Rec.	50% Rec.	70% Rec.	90% Rec.	95% Rec.	Punto Final Ebullición
Corrida -1	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	250.0
Corrida -2	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	247.0
Corrida -3	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	243.0
Corrida -4	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	250.0
Corrida -5	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	248.0
Corrida -6	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	253.0
Corrida -7	TURBO	147.0	163.0	170.0	204.0	217.0	234.0	241.0	249.0
Corrida -8	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	250.0
Corrida -9	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	249.0
Corrida -10	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	248.0
Corrida -11	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	253.0
Corrida -12	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	248.0

Fuente: Elaboración propia

5.1.3. Resultados del Turbo en diferentes puntos del proceso con soda de 4 y 3°Be.

En el cuadro 5.19, se observan los resultados del método: determinación de azufre mercaptano ASTM D3227-96 (ppm), dicha prueba se realizó en cuatro puntos diferentes que son, salida de la unidad primaria, proceso de mezclado, proceso de lavado y en el proceso de secado.

Observamos cómo los valores han disminuido notoriamente en el proceso de mezclado y separación, generando menor cantidad de contaminantes

CUADRO N° 5.19: RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Corridas	Turbo A-1 (4°Be)	Salida UDP	Mezclado separacion	Lavado	Secado
Corrida -1	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.98	3	3	3
Corrida -2	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4	4	4
Corrida -3	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.95	4	4	4
Corrida -4	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -5	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.98	4	4	4
Corrida -6	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4	4	4
Corrida -7	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.95	4.5	4.5	4.5
Corrida -8	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -9	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	3	3	3
Corrida -10	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4	4	4
Corrida -11	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -12	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.95	4.5	4.5	4.5

Fuente: Elaboración propia

En este cuadro 5.20, se muestran los resultados de la prueba: N° de neutralización ASTM D974, dicha prueba se realizó en cuatro puntos diferentes: salida de la unidad primaria, proceso de mezclado, proceso de lavado, y en el proceso de secado.

Podemos observar que se produce una gran disminución en el proceso de mezclado, lo cual indica la disminución de ácidos en el turbo A-1.

CUADRO N° 5.20: RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Corridas	Turbo A-1 (4°Be)	Salida UDP	Mezclado separacion	Lavado	Secado
Corrida -1	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.150	0.004	0.004	0.004
Corrida -2	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.15	0.004	0.004	0.004
Corrida -3	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.150	0.004	0.004	0.004
Corrida -4	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.150	0.005	0.005	0.005
Corrida -5	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.004	0.004	0.004
Corrida -6	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.005	0.005	0.005
Corrida -7	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.005	0.005	0.005
Corrida -8	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.005	0.005	0.005
Corrida -9	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.004	0.004	0.004
Corrida -10	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.005	0.005	0.005
Corrida -11	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.005	0.005	0.005
Corrida -12	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.005	0.005	0.005

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.21, se observan los resultados de la prueba: arrastre de naftenatos, esta prueba se tomó en cuatro diferentes puntos, en la salida de unidad primaria, proceso de mezclado, proceso de lavado y en el proceso de secado.

Observamos que el valor se incrementa más es en el proceso de lavado.

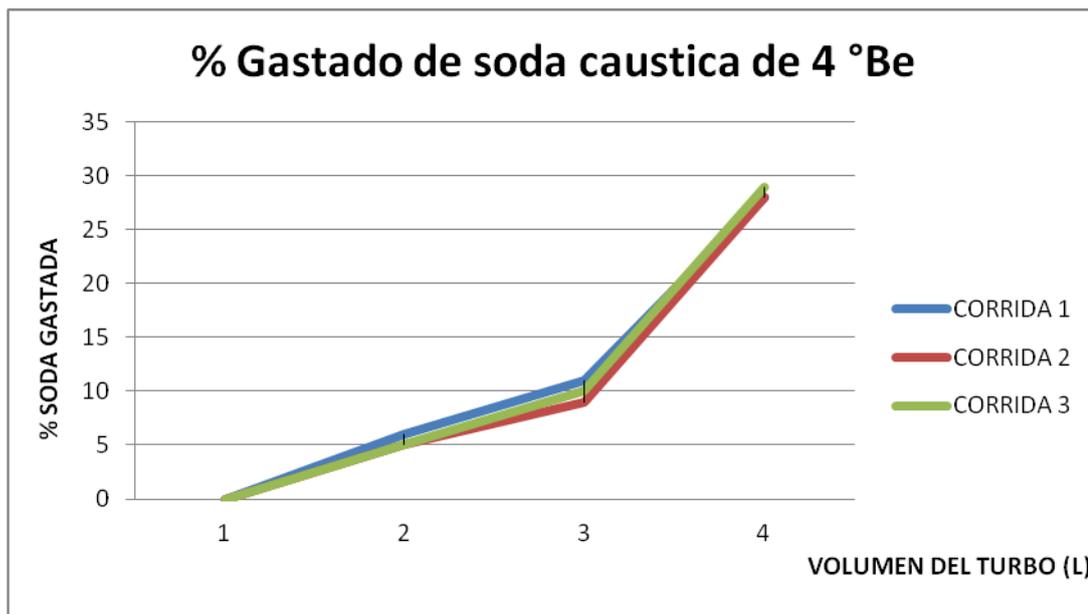
CUADRO N° 5.21: RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Corridas	Turbo A-1 (4 <sup>o</sup> Be)	Salida UDP	Mezclado separacion	Lavado	Secado
Corrida -1	Arrastre Naftenatos (mg Na /L)	0	0.350	0.098	0.026
Corrida -2	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.351	0.095	0.025
Corrida -3	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.350	0.095	0.027
Corrida -4	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.35	0.09	0.024
Corrida -5	Arrastre Naftenatos (mg Na /L)	0	0.351	0.098	0.023
Corrida -6	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.352	0.095	0.025
Corrida -7	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.352	0.095	0.026
Corrida -8	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.351	0.090	0.027
Corrida -9	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.351	0.095	0.024
Corrida -10	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.352	0.09	0.025
Corrida -11	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.352	0.09	0.026
Corrida -12	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.351	0.09	0.027

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 5-4, se muestran los resultados de la prueba: Gastado de Soda Cáustica –Método del doble indicador Método UPO 210 -76T, donde se observa que el gastado de soda va incrementándose conforme se van neutralizando los mercaptanos (contaminantes) en sales, hasta un límite de 30 % de gastado, luego es cambiado por otro lote nuevo de soda fresca.

GRAFICO 5-4: PORCENTAJE DE GASTADO



Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°5.22: VALORES DE PORCENTAJE DE GASTADO

Volumen de turbo acumulado	% Gastado 1	% Gastado 2	% Gastado3
1	0	0	0
2	4	5	4
3	10	9	11
4	28	29	29

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 5.23, se observan los resultados del método: determinación de azufre mercaptano ASTM D3227-96 (ppm), dicha prueba se realizó en cuatro puntos diferentes que son, salida de la unidad primaria, proceso de mezclado, proceso de lavado y en el proceso de secado.

Observamos cómo los valores han disminuido notoriamente en el proceso de mezclado y separación, generando menor cantidad de contaminantes.

CUADRO N° 5.23: RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Corridas	Turbo A-1 (4 <sup>o</sup> Be)	Salida UDP	Mezclado separacion	Lavado	Secado
Corrida -1	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.90	4	4	4
Corrida -2	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.94	4	4	4
Corrida -3	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.95	4	4	4
Corrida -4	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -5	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4	4	4
Corrida -6	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.98	4	4	4
Corrida -7	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.95	4	4	4
Corrida -8	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -9	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.92	4.5	4.5	4.5
Corrida -10	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.92	4	4	4
Corrida -11	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.92	4.5	4.5	4.5
Corrida -12	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.95	4	4	4

Fuente: Elaboración propia

En este cuadro 5.24, se muestran los resultados de la prueba: N° de neutralización ASTM D974, dicha prueba se realizó en cuatro puntos diferentes: salida de la unidad primaria, proceso de mezclado, proceso de lavado, y en el proceso de secado.

Podemos observar que se produce una gran disminución en el proceso de mezclado, lo cual indica la disminución de ácidos en el turbo A-1.

CUADRO N° 5.24: RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Corridas	Turbo A-1 (4°Be)	Salida UDP	Mezclado separacion	Lavado	Secado
Corrida -1	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.150	0.004	0.004	0.004
Corrida -2	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.150	0.004	0.004	0.004
Corrida -3	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.150	0.004	0.004	0.004
Corrida -4	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.150	0.005	0.005	0.005
Corrida -5	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.154	0.004	0.004	0.004
Corrida -6	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.154	0.005	0.005	0.005
Corrida -7	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.154	0.005	0.005	0.005
Corrida -8	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.154	0.005	0.005	0.005
Corrida -9	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.156	0.005	0.005	0.005
Corrida -10	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.156	0.005	0.005	0.005
Corrida -11	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.156	0.005	0.005	0.005
Corrida -12	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.156	0.005	0.005	0.005

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 5.25, se realizó la prueba arrastre de naftenatos, esta prueba se tomó en cuatro diferentes puntos, en la salida de unidad primaria, proceso de mezclado, proceso de lavado y en el proceso de secado.

Observamos que el valor se incrementa más en el proceso de lavado.

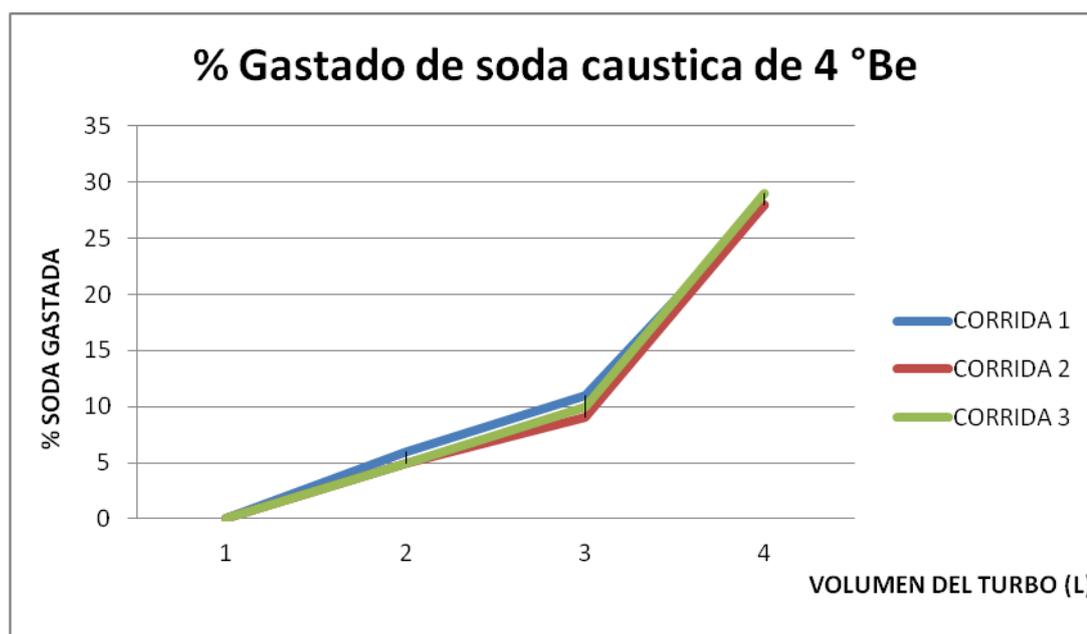
CUADRO N° 5.25: RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Corridas	Turbo A-1 (4°Be)	Salida UDP	Mezclado separacion	Lavado	Secado
Corrida -1	Arrastre Naftenatos (mg Na /L)	0	0.351	0.098	0.023
Corrida -2	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.352	0.095	0.025
Corrida -3	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.352	0.095	0.026
Corrida -4	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.351	0.090	0.022
Corrida -5	Arrastre Naftenatos (mg Na /L)	0	0.351	0.098	0.024
Corrida -6	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.352	0.095	0.025
Corrida -7	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.352	0.095	0.026
Corrida -8	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.351	0.090	0.027
Corrida -9	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.351	0.095	0.024
Corrida -10	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.352	0.09	0.025
Corrida -11	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.352	0.09	0.026
Corrida -12	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.351	0.09	0.027

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 5-5, se muestran los resultados de la prueba: Gastado de Soda Cáustica –Método del doble indicador Método UPO 210 -76T, donde se observa que el gastado de soda va incrementándose conforme se van neutralizando los mercaptanos (contaminantes) en sales, hasta un límite de 30% de gastado, luego es cambiado por otro lote nuevo de soda fresca.

GRAFICO 5-5: PORCENTAJE DE GASTADO



Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°5.26 : VALORES DE PORCENTAJE DE GASTADO

Volumen de turbo acumulado	% Gastado 1	% Gastado 2	% Gastado3
1	0	0	0
2	6	5	5
3	11	9	10
4	28	28	29

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.27, se observan los resultados del método: determinación de azufre mercaptano ASTM D3227-96 (ppm), dicha prueba se realizó en cuatro puntos diferentes que son, salida de la unidad primaria, proceso de mezclado, proceso de lavado y en el proceso de secado.

Observamos cómo los valores han disminuido notoriamente en el proceso de mezclado y separación, generando menor cantidad de contaminantes.

CUADRO N° 5.27: RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Corridas	Turbo A-1 (3 <sup>o</sup> Be)	Salida UDP	Mezclado separacion	Lavado	Secado
Corrida -1	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.98	3	3	3
Corrida -2	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.98	4	4	4
Corrida -3	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.98	4	4	4
Corrida -4	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.98	4.5	4.5	4.5
Corrida -5	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.95	4	4	4
Corrida -6	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.95	4	4	4
Corrida -7	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.95	4.5	4.5	4.5
Corrida -8	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.95	4.5	4.5	4.5
Corrida -9	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4	4	4
Corrida -10	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4	4	4
Corrida -11	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4	4	4
Corrida -12	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5

Fuente: Elaboración propia

En este cuadro 5.28, se muestran los resultados de la prueba: N° de neutralización ASTM D974, dicha prueba se realizó en cuatro puntos diferentes :salida de la unidad primaria, proceso de mezclado, proceso de lavado, y en el proceso de secado.

Podemos observar que se produce una gran disminución en el proceso de mezclado , lo cual indica la disminución de ácidos en el turbo A-1.

CUADRO N° 5.28: RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Corridas	Turbo A-1 (3ºBe)	Salida UDP	Mezclado separacion	Lavado	Secado
Corrida -1	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.004	0.004	0.004
Corrida -2	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.005	0.005	0.005
Corrida -3	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.005	0.005	0.005
Corrida -4	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.005	0.005	0.005
Corrida -5	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.150	0.004	0.004	0.004
Corrida -6	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.150	0.005	0.005	0.005
Corrida -7	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.150	0.005	0.005	0.005
Corrida -8	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.150	0.005	0.005	0.005
Corrida -9	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.154	0.005	0.005	0.005
Corrida -10	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.154	0.005	0.005	0.005
Corrida -11	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.154	0.005	0.005	0.005
Corrida -12	Nº de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.154	0.005	0.005	0.005

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.29, se se muestran los resultados de la prueba: arrastre de naftenatos, esta prueba se tomó en cuatro diferentes puntos, en la salida de unidad primaria, proceso de mezclado, proceso de lavado y en el proceso de secado.

Observamos que el valor se incrementa más en el proceso de lavado.

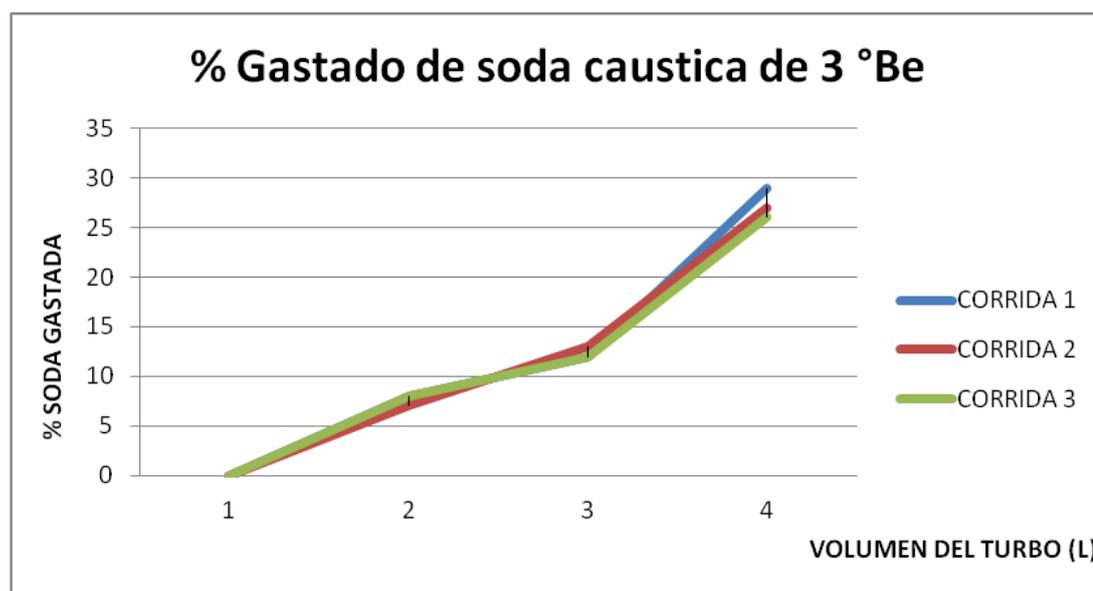
CUADRO N° 5.29: RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Corridas	Turbo A-1 (3°Be)	Salida UDP	Mezclado separacion	Lavado	Secado
Corrida -1	Arrastre Naftenatos (mg Na /L)	0	0.35	0.098	0.023
Corrida -2	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.351	0.095	0.025
Corrida -3	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.35	0.095	0.026
Corrida -4	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.352	0.090	0.022
Corrida -5	Arrastre Naftenatos (mg Na /L)	0	0.29	0.098	0.024
Corrida -6	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.296	0.095	0.025
Corrida -7	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.296	0.095	0.026
Corrida -8	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.298	0.09	0.027
Corrida -9	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.296	0.095	0.024
Corrida -10	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.298	0.09	0.025
Corrida -11	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.296	0.095	0.026
Corrida -12	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.298	0.09	0.027

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 5-6, se muestran los resultados de la prueba: Gastado de Soda Cáustica –Método del doble indicador Método UPO 210 -76T, donde se observa que el gastado de soda va incrementándose conforme se van neutralizando los mercaptanos (contaminantes) en sales, hasta un límite de 30 % de gastado, luego es cambiado por otro lote nuevo de soda fresca.

GRAFICO 5-6: PORCENTAJE DE GASTADO



Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°5.30 : VALORES DE PORCENTAJE DE GASTADO

Volumen de turbo acumulado	% Gastado 1	% Gastado 2	% Gastado3
1	0	0	0
2	6	7	8
3	11	13	12
4	28	27	26

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.31, se observan los resultados del método: determinación de azufre mercaptano ASTM D3227-96 (ppm), dicha prueba se realizó en cuatro puntos diferentes que son, salida de la unidad primaria, proceso de mezclado, proceso de lavado y en el proceso de secado.

Observamos cómo los valores han disminuido notoriamente en el proceso de mezclado y separación, generando menor cantidad de contaminantes.

CUADRO N° 5.31: RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Corridas	Turbo A-1 (3°Be)	Salida UDP	Mezclado separacion	Lavado	Secado
Corrida -1	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4	4	4
Corrida -2	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4	4	4
Corrida -3	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4	4	4
Corrida -4	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -5	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.98	4	4	4
Corrida -6	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.98	4.5	4.5	4.5
Corrida -7	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.98	4.5	4.5	4.5
Corrida -8	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.98	4.5	4.5	4.5
Corrida -9	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -10	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4	4	4
Corrida -11	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5
Corrida -12	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4.5	4.5	4.5

Fuente: Elaboración propia

En este cuadro 5.32, se muestran los resultados de la prueba: N° de neutralización ASTM D974, dicha prueba se realizó en cuatro puntos diferentes: salida de la unidad primaria, proceso de mezclado, proceso de lavado, y en el proceso de secado.

Podemos observar que se produce una gran disminución en el proceso de mezclado, lo cual indica la disminución de ácidos en el turbo A-1.

CUADRO N° 5.32: RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Corridas	Turbo A-1 (3°Be)	Salida UDP	Mezclado separacion	Lavado	Secado
Corrida -1	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.156	0.004	0.004	0.004
Corrida -2	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.156	0.004	0.004	0.004
Corrida -3	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.156	0.004	0.004	0.004
Corrida -4	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.156	0.005	0.005	0.005
Corrida -5	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.156	0.004	0.004	0.004
Corrida -6	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.152	0.005	0.005	0.005
Corrida -7	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.150	0.005	0.005	0.005
Corrida -8	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.154	0.005	0.005	0.005
Corrida -9	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.160	0.004	0.004	0.004
Corrida -10	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.16	0.005	0.005	0.005
Corrida -11	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.16	0.005	0.005	0.005
Corrida -12	N° de neutralizacion mg KOH/g D- 974	0.16	0.005	0.005	0.005

Fuente: Elaboración propia

En e cuadro 5.33, se muestran los resultados de la prueba: arrastre de naftenatos , esta prueba se tomó en cuatro diferentes puntos, en la salida de unidad primaria, proceso de mezclado, proceso de lavado y en el proceso de secado.

Observamos que el valor se incrementa mas en el proceso de lavado.

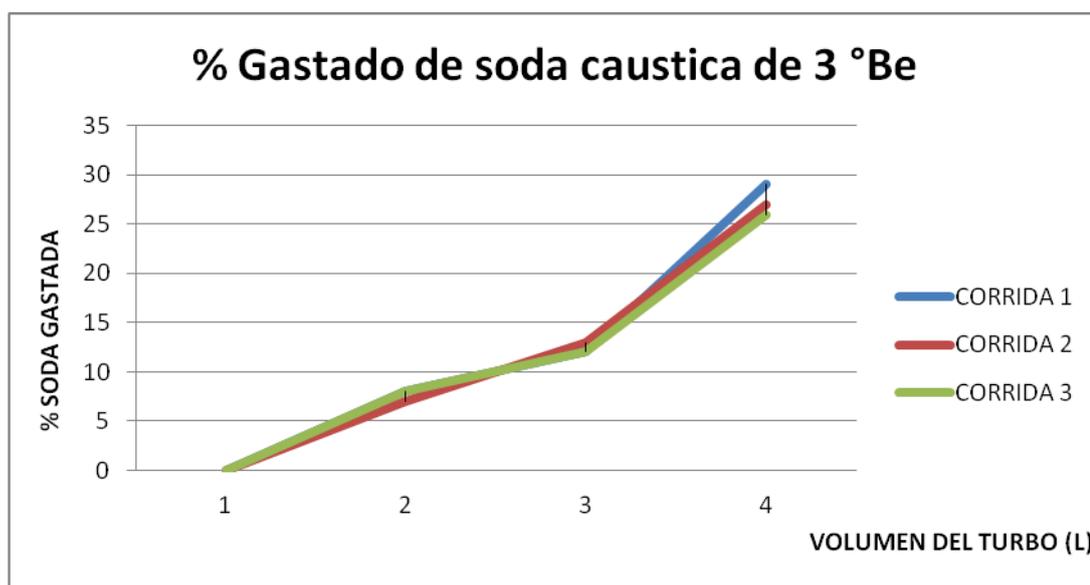
CUADRO N° 5.33: RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

<b>Corridas</b>	<b>Turbo A-1 (3°Be)</b>	<b>Salida UDP</b>	<b>Mezclado separacion</b>	<b>Lavado</b>	<b>Secado</b>
Corrida -1	Arrastre Naftenatos (mg Na /L)	0	0.32	0.098	0.048
Corrida -2	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.31	0.095	0.095
Corrida -3	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.35	0.095	0.055
Corrida -4	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.29	0.090	0.07
Corrida -5	Arrastre Naftenatos (mg Na /L)	0	0.32	0.098	0.048
Corrida -6	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.30	0.095	0.095
Corrida -7	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.34	0.095	0.055
Corrida -8	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.32	0.09	0.07
Corrida -9	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.31	0.095	0.055
Corrida -10	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.30	0.09	0.07
Corrida -11	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.32	0.095	0.07
Corrida -12	Arrastre Nasfenatos (mg Na /L)	0	0.31	0.09	0.07

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 5-7, se muestran los resultados de la prueba: Gastado de Soda Cáustica –Método del doble indicador Método UPO 210 -76T, donde se observa que el gastado de soda va incrementándose conforme se van neutralizando los mercaptanos (contaminantes) en sales, hasta un límite de 30 % de gastado, luego es cambiado por otro lote nuevo de soda fresca.

GRAFICO 5-7: PORCENTAJE DE GASTADO



Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°5.34 : VALORES DE PORCENTAJE DE GASTADO

Volumen de turbo acumulado	% Gastado 1	% Gastado 2	% Gastado 3
1	0	0	0
2	8	7	8
3	12	13	12
4	29	27	26

Fuente: Elaboración propia

#### 5.1.4. Control de calidad del turbo tratado

En el cuadro 5.35, se muestran los resultados de los controles de calidad del turbo tratado con soda de 4 °Be.

CUADRO N°5.35 : RESULTADO DE CONTROL DE CALIDAD

CORRIDAS	PRODUCTO	Indice de separación de agua ASTM D- 3948-07	Nº Neut. después Trat., mg KOH / gr ASTM D- 974	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96.	Gravedad API, á 15,6 °C ASTM D- 1298	Punto de Inflamación, °C ASTM D-56	Punto de Congelamiento ASTM D-5972	Punto de Humo, mm ASTM D-1322-97
Corrida -1	TURBO	97	0.004	3	43.4	39	-53.5	38.0
Corrida -2	TURBO		0.004	4	43	38	-53.0	37.0
Corrida -3	TURBO		0.004	4	42	39	-52.5	39.0
Corrida -4	TURBO		0.005	4.5	44	37	-53.5	37.0
Corrida -5	TURBO	98	0.004	4	42.5	38	-53.0	38.0
Corrida -6	TURBO		0.005	4	43.5	39	-53.5	37.0
Corrida -7	TURBO		0.005	4.5	43	39	-53.0	38.0
Corrida -8	TURBO		0.005	4.5	42	38	-52.5	38.0
Corrida -9	TURBO	98	0.004	3	42	39	-52.0	37.0
Corrida -10	TURBO		0.005	4	43.5	37	-52.5	38.0
Corrida -11	TURBO		0.005	4.5	43	98	-53.5	37.0
Corrida -12	TURBO		0.005	4.5	42	39	-53.5	38.0

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 5.36, se muestran los resultados de la prueba de destilación ASTM D86, al turbo tratado

CUADRO N°5.36 : RESULTADO DE CONTROL DE CALIDAD

Destilación ASTM D-86									
CORRIDAS	PRODUCTO	Punto Inicial de Ebullicion	5% Rec.	10% Rec.	50% Rec.	70% Rec.	90% Rec.	95% Rec.	Punto Final Ebullición
Corrida -1	TURBO	145.0	160.0	172.0	204.0	217.0	235.0	241.0	250.0
Corrida -2	TURBO	155.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	247.0
Corrida -3	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	243.0
Corrida -4	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	250.0
Corrida -5	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	248.0
Corrida -6	TURBO	145.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	253.0
Corrida -7	TURBO	147.0	163.0	170.0	204.0	217.0	234.0	241.0	249.0
Corrida -8	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	250.0
Corrida -9	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	249.0
Corrida -10	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	248.0
Corrida -11	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	253.0
Corrida -12	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	248.0

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.37, se muestran los resultados de los controles de calidad del turbo tratado con soda de 4 °Be.

CUADRO N°5.37 : RESULTADO DE CONTROL DE CALID

CORRIDAS	PRODUCTO	Indice de separación de agua ASTM D- 3948-07	Nº Neut. después Trat., mg KOH / gr ASTM D- 974	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96.	Gravedad API, á 15,6 °C ASTM D- 1298	Punto de Inflamación, °C ASTM D-56	Punto de Congelamiento ASTM D-5972	Punto de Humo, mm ASTM D-1322-97
Corrida -1	TURBO	98	0.004	4	43.4	39	-53.5	37.0
Corrida -2	TURBO		0.004	4	43	38	-53.0	37.0
Corrida -3	TURBO		0.004	4	42	39	-52.5	39.0
Corrida -4	TURBO		0.005	4.5	44	37	-53.5	37.0
Corrida -5	TURBO	99	0.004	4	42.5	38	-53.0	38.0
Corrida -6	TURBO		0.005	4	43.5	39	-53.5	37.0
Corrida -7	TURBO		0.005	4.5	43	39	-53.0	38.0
Corrida -8	TURBO		0.005	4.5	42	38	-52.5	38.0
Corrida -9	TURBO	98	0.005	4.5	42	39	-52.0	37.0
Corrida -10	TURBO		0.005	4	43.5	37	-52.5	38.0
Corrida -11	TURBO		0.005	4.5	43	98	-53.5	37.0
Corrida -12	TURBO		0.005	4.5	42	39	-53.5	38.0

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.38, se muestran los resultados de la prueba de destilación ASTM D86, al turbo tratado

CUADRO N°5.38 : RESULTADO DE CONTROL DE CALIDAD

Destilación ASTM D-86									
CORRIDAS	PRODUCTO	Punto Inicial de Ebullición	5% Rec.	10% Rec.	50% Rec.	70% Rec.	90% Rec.	95% Rec.	Punto Final Ebullición
Corrida -1	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	250.0
Corrida -2	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	247.0
Corrida -3	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	243.0
Corrida -4	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	250.0
Corrida -5	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	248.0
Corrida -6	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	253.0
Corrida -7	TURBO	147.0	163.0	170.0	204.0	217.0	234.0	241.0	249.0
Corrida -8	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	250.0
Corrida -9	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	249.0
Corrida -10	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	248.0
Corrida -11	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	253.0
Corrida -12	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	248.0

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.39, se muestran los resultados de los controles de calidad del turbo tratado con soda de 4 °Be.

CUADRO N°5.39 : RESULTADO DE CONTROL DE CALID

CORRIDAS	PRODUCTO	Indice de separación de agua ASTM D- 3948-07	Nº Neut. después Trat., mg KOH / gr ASTM D- 974	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96.	Gravedad API, á 15,6 °C ASTM D- 1298	Punto de Inflamación, °C ASTM D-56	Punto de Congelamiento ASTM D-5972	Punto de Humo, mm ASTM D-1322-97
Corrida -1	TURBO	97	0.004	4	43.4	39	-53.5	38.0
Corrida -2	TURBO		0.004	4	43	38	-53.0	37.0
Corrida -3	TURBO		0.004	4	42	39	-52.5	39.0
Corrida -4	TURBO		0.005	4.5	44	37	-53.5	37.0
Corrida -5	TURBO	98	0.004	4	42.5	38	-53.0	38.0
Corrida -6	TURBO		0.005	4	43.5	39	-53.5	37.0
Corrida -7	TURBO		0.005	4	43	39	-53.0	38.0
Corrida -8	TURBO		0.005	4.5	42	38	-52.5	38.0
Corrida -9	TURBO	98	0.005	4.5	42	39	-52.0	37.0
Corrida -10	TURBO		0.005	4	43.5	37	-52.5	38.0
Corrida -11	TURBO		0.005	4.5	43	98	-53.5	37.0
Corrida -12	TURBO		0.005	4.5	42	39	-53.5	38.0

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.40, se muestran los resultados de la prueba de destilación ASTM D86, al turbo tratado

CUADRO N°5.40 : RESULTADO DE CONTROL DE CALIDAD

Destilación ASTM D-86									
CORRIDAS	PRODUCTO	Punto Inicial de Ebullición	5% Rec.	10% Rec.	50% Rec.	70% Rec.	90% Rec.	95% Rec.	Punto Final Ebullición
Corrida -1	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	250.0
Corrida -2	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	247.0
Corrida -3	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	243.0
Corrida -4	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	250.0
Corrida -5	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	248.0
Corrida -6	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	253.0
Corrida -7	TURBO	147.0	163.0	170.0	204.0	217.0	234.0	241.0	249.0
Corrida -8	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	250.0
Corrida -9	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	249.0
Corrida -10	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	248.0
Corrida -11	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	253.0
Corrida -12	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	248.0

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 5.41, se muestran los resultados de los controles de calidad del turbo tratado con soda de 3 °Be.

CUADRO N°5.41 : RESULTADO DE CONTROL DE CALID

CORRIDAS	PRODUCTO	Indice de separación de agua ASTM D-3948-07	Nº Neut. después Trat., mg KOH / gr ASTM D- 974	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96.	Gravedad API, á 15,6 °C ASTM D-1298	Punto de Inflamación, °C ASTM D-56	Punto de Congelamiento ASTM D-5972	Punto de Humo, mm ASTM D-1322-97
Corrida -1	TURBO	97	0.004	3	43.4	39	-53.5	38.0
Corrida -2	TURBO		0.005	4	43	38	-53.0	37.0
Corrida -3	TURBO		0.005	4	42	39	-52.5	39.0
Corrida -4	TURBO		0.005	4.5	44	37	-53.5	37.0
Corrida -5	TURBO	98	0.004	4	42.5	38	-53.0	38.0
Corrida -6	TURBO		0.005	4	43.5	39	-53.5	37.0
Corrida -7	TURBO		0.005	4.5	43	39	-53.0	38.0
Corrida -8	TURBO		0.005	4.5	42	38	-52.5	38.0
Corrida -9	TURBO	98	0.005	4	42	39	-52.0	37.0
Corrida -10	TURBO		0.005	4	43.5	37	-52.5	38.0
Corrida -11	TURBO		0.005	4	43	98	-53.5	37.0
Corrida -12	TURBO		0.005	4.5	42	39	-53.5	38.0

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.42, se muestran los resultados de la prueba de destilación ASTM D86, al turbo tratado

CUADRO N°5.42 : RESULTADO DE CONTROL DE CALIDAD

Destilación ASTM D-86									
CORRIDAS	PRODUCTO	Punto Inicial de Ebullición	5% Rec.	10% Rec.	50% Rec.	70% Rec.	90% Rec.	95% Rec.	Punto Final Ebullición
Corrida -1	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	250.0
Corrida -2	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	247.0
Corrida -3	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	243.0
Corrida -4	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	250.0
Corrida -5	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	248.0
Corrida -6	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	253.0
Corrida -7	TURBO	147.0	163.0	170.0	204.0	217.0	234.0	241.0	249.0
Corrida -8	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	250.0
Corrida -9	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	249.0
Corrida -10	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	248.0
Corrida -11	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	253.0
Corrida -12	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	248.0

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.43, se muestran los resultados de los controles de calidad del turbo tratado con soda de 3 °Be.

CUADRO N°5.43 : RESULTADO DE CONTROL DE CALIDAD

CORRIDAS	PRODUCTO	Indice de separación de agua ASTM D- 3948-07	Nº Neut. después Trat., mg KOH/ gr ASTM D- 974	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96.	Gravedad API, á 15,6 °C ASTM D- 1298	Punto de Inflamación, °C ASTM D-56	Punto de Congelamiento ASTM D-5972	Punto de Humo, mm ASTM D-1322-97
Corrida -1	TURBO	97	0.004	4	43.4	39	-53.5	38.0
Corrida -2	TURBO		0.004	4	43	38	-53.0	37.0
Corrida -3	TURBO		0.004	4	42	39	-52.5	39.0
Corrida -4	TURBO		0.005	4.5	44	37	-53.5	37.0
Corrida -5	TURBO	98	0.004	4	42.5	38	-53.0	38.0
Corrida -6	TURBO		0.005	4.5	43.5	39	-53.5	37.0
Corrida -7	TURBO		0.005	4.5	43	39	-53.0	38.0
Corrida -8	TURBO		0.005	4.5	42	38	-52.5	38.0
Corrida -9	TURBO	98	0.004	4.5	42	39	-52.0	37.0
Corrida -10	TURBO		0.005	4	43.5	37	-52.5	38.0
Corrida -11	TURBO		0.005	4.5	43	98	-53.5	37.0
Corrida -12	TURBO		0.005	4.5	42	39	-53.5	38.0

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.44, se muestran los resultados de la prueba de destilación ASTM D86, al turbo tratado.

CUADRO N°5.44 : RESULTADO DE CONTROL DE CALIDAD

Destilación ASTM D-86									
CORRIDAS	PRODUCTO	Punto Inicial de Ebullición	5% Rec.	10% Rec.	50% Rec.	70% Rec.	90% Rec.	95% Rec.	Punto Final Ebullición
Corrida -1	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	250.0
Corrida -2	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	247.0
Corrida -3	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	243.0
Corrida -4	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	250.0
Corrida -5	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	248.0
Corrida -6	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	253.0
Corrida -7	TURBO	147.0	163.0	170.0	204.0	217.0	234.0	241.0	249.0
Corrida -8	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	250.0
Corrida -9	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	249.0
Corrida -10	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	248.0
Corrida -11	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	253.0
Corrida -12	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	248.0

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.45, se muestran los resultados de los controles de calidad del turbo tratado con soda de 3 °Be.

CUADRO N°5.45 : RESULTADO DE CONTROL DE CALIDAD

CORRIDAS	PRODUCTO	Indice de separación de agua ASTM D- 3948-07	Nº Neut. después Trat., mg KOH / gr ASTM D- 974	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96.	Gravedad API, á 15,6 °C ASTM D- 1298	Punto de Inflamación, °C ASTM D-56	Punto de Congelamiento ASTM D-5972	Punto de Humo, mm ASTM D-1322-97
Corrida -1	TURBO	97	0.004	4	43.4	39	-53.5	38.0
Corrida -2	TURBO		0.004	4	43	38	-53.0	37.0
Corrida -3	TURBO		0.005	4.5	42	39	-52.5	39.0
Corrida -4	TURBO		0.005	4.5	44	37	-53.5	37.0
Corrida -5	TURBO	98	0.005	4	42.5	38	-53.0	38.0
Corrida -6	TURBO		0.005	4	43.5	39	-53.5	37.0
Corrida -7	TURBO		0.005	4.5	43	39	-53.0	38.0
Corrida -8	TURBO		0.005	4.5	42	38	-52.5	38.0
Corrida -9	TURBO	98	0.005	4.5	42	39	-52.0	37.0
Corrida -10	TURBO		0.005	4.5	43.5	37	-52.5	38.0
Corrida -11	TURBO		0.005	4.5	43	98	-53.5	37.0
Corrida -12	TURBO		0.005	4	42	39	-53.5	38.0

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.46, se muestran los resultados de la prueba de destilación ASTM D86, al turbo tratado

CUADRO N°5.46 : RESULTADO DE CONTROL DE CALIDAD

Destilación ASTM D-86									
CORRIDAS	PRODUCTO	Punto Inicial de Ebullición	5% Rec.	10% Rec.	50% Rec.	70% Rec.	90% Rec.	95% Rec.	Punto Final Ebullición
Corrida -1	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	250.0
Corrida -2	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	247.0
Corrida -3	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	243.0
Corrida -4	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	250.0
Corrida -5	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	248.0
Corrida -6	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	253.0
Corrida -7	TURBO	147.0	163.0	170.0	204.0	217.0	234.0	241.0	249.0
Corrida -8	TURBO	160.0	170.7	173.7	195.5	208.3	225.9	232.6	250.0
Corrida -9	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	249.0
Corrida -10	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	248.0
Corrida -11	TURBO	142.0	168.0	172.0	198.0	215.0	230.0	238.0	253.0
Corrida -12	TURBO	147.0	165.0	172.0	204.0	217.0	234.0	241.0	248.0

Fuente: Elaboración propia

## 5.2. Análisis de los resultados comparativos con soda de 6, 4 y 3°Be

-Se elabora el cuadro 5.47 que resume y compara los resultados mostrados en los cuadros 5.1, 5.19 y 5.27, se muestran los resultados de aplicar el método: determinación de azufre mercaptano ASTM D3227-96 (ppm) con soda de 6, 4 y 3°Be, se puede observar que los valores han disminuido notoriamente en el proceso de mezclado y separación, con el valor de 3 ppm, generando menor cantidad de contaminantes (mercaptanos) para el turbo tratado.

CUADRO N° 5.47 : CUADRO COMPARATIVO

<b>Corridas</b>	<b>Turbo A-1 (6°Be)</b>	<b>Salida UDP</b>	<b>Mezclado separacion</b>	<b>Lavado</b>	<b>Secado</b>
	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.98	5	5	5
<b>Corridas</b>	<b>Turbo A-1 (4°Be)</b>	<b>Salida UDP</b>	<b>Mezclado separacion</b>	<b>Lavado</b>	<b>Secado</b>
	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.98	3	3	3
<b>Corridas</b>	<b>Turbo A-1 (3°Be)</b>	<b>Salida UDP</b>	<b>Mezclado separacion</b>	<b>Lavado</b>	<b>Secado</b>
	Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	8.97	4	4	4

Fuente: Elaboración propia

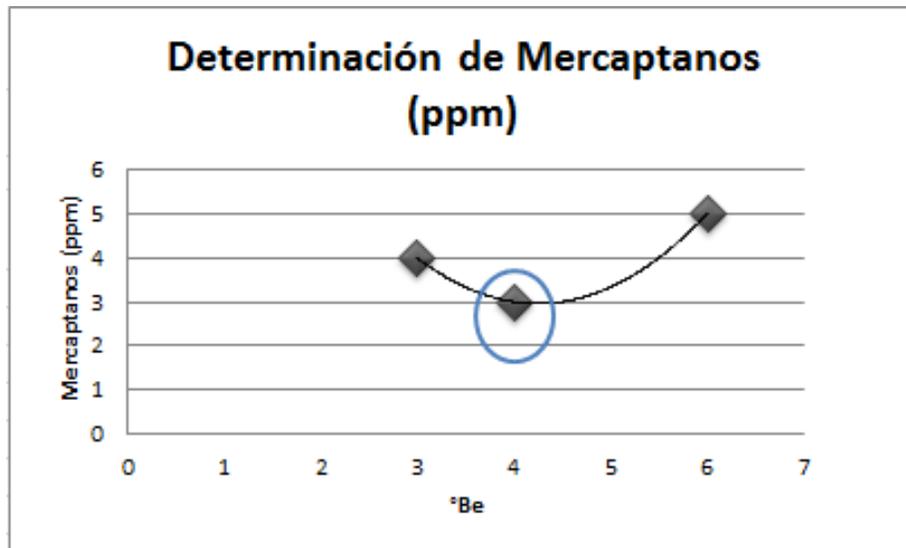
-Los resultados obtenidos en la prueba: N° de neutralización ASTM D974 , para el control de calidad del turbo tratado, se presentan en los cuadros 5.10, cuadros 5.20 y cuadro 5.32, se puede observar que el valor se mantiene en el proceso de tratamiento de 6, 4 y 3 °Be que es de 0.004.

CUADRO N°5.48 : CUADRO COMPARATIVO DE 6, 4, 3°Be

PRUEBA DE LABORATORIO	6°Be	4°Be	3°Be
Determinación de azufre mercaptanos ASTM D 3227-96 (ppm)	5	3	4
N° de neutralizacion ASTM D-974	0.004	0.004	0.0004

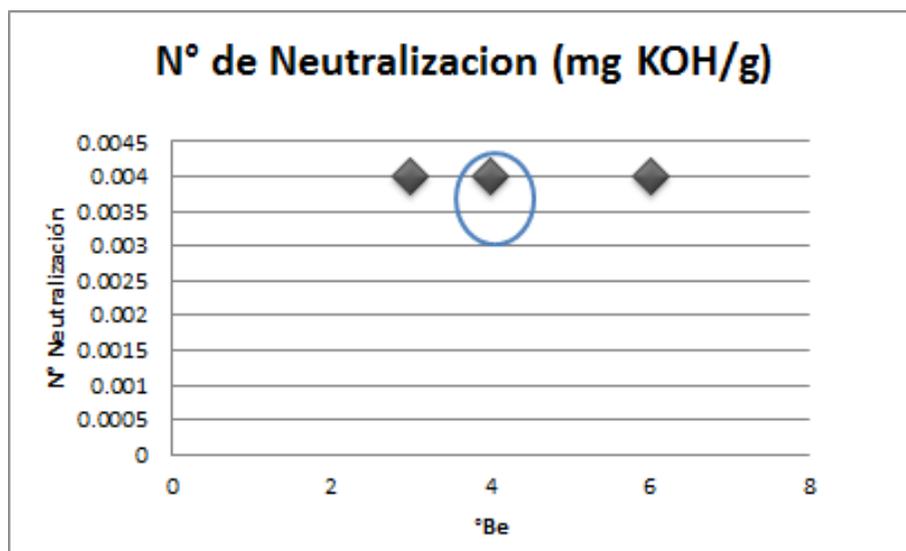
Fuente: Elaboración propia

GRAFICO 5-8: DETERMINACION DE MERCAPTANOS



Fuente: Elaboración propia

GRAFICO 5-9: COMPARACION DE VALORES DE N°NEUTRALIZACION



Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ECONÓMICA

### 6.1. Rentabilidad de la mejora del proceso

#### 6.1.1. Evaluación económica del sistema actual

Como criterio para determinar la rentabilidad del proyecto, tomamos como base el costo total de preparación de soda de 6°Be.

Para la preparación de la soda Cáustica de °Be, se necesita soda de 50°Be y agua.

CUADRO N° 6.1: VOLÚMENES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO CAUSTICO

<b>Volumenes del Proceso</b>	<b>Cantidad</b>
Volumen de Proceso de Turbo (bbl)	45000
Volumen de Proceso de Soda Caustica 6°Be (gln)	3000

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 6.2: COSTOS UNITARIOS DE SODA CAUSTICA (Kg) y AGUA (m<sup>3</sup>)

<b>Precios de Costo Unitarios</b>	
Soda 50°Be (Soles /Kg)	2.31
Agua (Soles /m <sup>3</sup> )	4.051

Fuente: Elaboración propia

-Volumen utilizado de soda cáustica de 50°Be

Como 1 barril de 6°Be requiere = 2.18 Soda de galones de 50°Bé

La soda a utilizar será 3000 galones dato del cuadro 1 equivalentes a 71 barriles de soda de 6°Be.

Entonces se utilizará:

$$= (71 \text{ barriles de soda}) * ((2.18 \text{ galones de soda de } 50^{\circ}\text{Be}) / (1 \text{ barril de } 6^{\circ}\text{Be}))$$

$$= 156 \text{ galones de soda de } 50^{\circ}\text{Be, sabemos que } 5.768 \text{ kg/gal}$$

Obtenemos Kg de Soda de  $50^{\circ}\text{Be}$  = **899.28 Kg de soda de  $50^{\circ}\text{Be}$ .**

-Volumen utilizado de agua necesaria para la dilución de soda.

$$= 3000 \text{ galones} - 156 \text{ galones} = 2844 \text{ galones de agua.}$$

-Costo Total:

$$= (2.31 \text{ soles/kg}) * (899.28 \text{ Kg}) + (4.951 \text{ soles/m}^3) * (2850/264.1)$$

$$= \text{S/. } 2131 \text{ /lote de turbo.}$$

### 6.1.2 Evaluación económica de energía del sistema

❖ Potencia de la 02 bombas empleada para trasladar la soda de  $50^{\circ}\text{Be}$  y agua es:

$$250 \text{ HP: } 186,425 \text{ KW.}$$

❖ Eficiencia del motor 70 %

❖ Tiempo del traslado promedio por 1000 galones es 1 hora

$$\text{Entonces con el volumen de } 3000 \text{ galones es: } 3 \text{ horas}/3000 \text{ galones} = 0.001$$

❖ Promedio preparado por 3000 galones

❖ Costo de energía eléctrica: 0.049 US\$/KWH

Costos =

$$= (186,425 \text{ KW}/0.7) * (0.001 \text{ H/galones}) * (3000 \text{ galones/lote}) * (0.049 \text{ US } \$ /\text{KWH}) * (\text{lote}/4 \text{ días}) * (365 \text{ días}/\text{Año}) = 3572.36 \text{ US } \$ /\text{Año}$$

$$= \text{9466.75 Soles /Año}$$

## 6.2. Evaluación económica del sistema de 4°Be

### 6.2.1 Evaluación económica del sistema

-Determinar el volumen utilizado de soda cáustica de 50°Be

La soda consumida es 198 lb de la preparación de la soda de 6°Be y se mantiene constante para la preparación de soda de 4°Be.

El % de gastado de masa será 30 %, entonces la soda requerida es 660lb.

Hallamos el volumen, donde 9.24 lb/bbl de Soda en solución (Tabla1 en el anexo 3).

Volumen requerido = 71 bbl ó 2999 galones.

Como: 1 barril de 4°Be requiere = 1.40 Soda de galones de 50°Be

Obtenemos el volumen necesario de soda de 50°Be.

$71 \text{ bbl.} \cdot (1.40 \text{ Soda de galones de } 50^\circ\text{Be}) / (1 \text{ barril de } 4^\circ\text{Be requiere}) \cdot 42 =$

$= 99.9 \text{ galones de } 50^\circ\text{Be, sabemos que } 5.768 \text{ kg/gal} = 576.38 \text{ Kg.}$

Volumen utilizado de agua necesaria para la dilución de soda.

$= 3000 \text{ galones} - 99.9 \text{ galones}$

$= 2898 \text{ galones de agua.}$

CUADRO N° 6.3: VOLUMENES DEL PROCESO DE SODA DE 4°Be

<b>Volumenes del Proceso con Soda 4°Be</b>	<b>Cantidad</b>
Volumen de Proceso de Soda Caustica 6°Be (gln)	99.9
Volumen de Proceso de Agua (gln)	2898

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 6.4: PRECIO UNITARIO DE SODA CAUSTICA (Kg) y AGUA (m<sup>3</sup>)

<b>Precios de Costo Unitarios</b>	
Soda 50°Be (Soles /Kg)	2.31

Agua (Soles /m <sup>3</sup> )	4.051
-------------------------------	-------

Fuente: Elaboración propia

❖ Costo Total:

$$= (2.31 \text{ soles/kg}) * (576.38 \text{ Kg}) + (4.951 \text{ soles/m}^3) * (2898/264.1)$$

$$= \text{S/. 1386 /lote de turbo.}$$

### 6.2.2 Evaluación económica de energía del sistema

- ❖ Potencia de las 02 bombas empleada para trasladar la soda de 50°Be y agua es :

$$250 \text{ HP: } 186,425 \text{ KW.}$$

- ❖ Eficiencia del motor 70 %

- ❖ Tiempo del traslado promedio por 1000 galones es 1 hora

Entonces con el volumen de 2998 galones es: 3 horas/2998 galones=0.0013

- ❖ Promedio preparado por 2998 galones

- ❖ Costo de energía eléctrica :0.049 US\$/KWH

Costos =

$$(186,425 \text{ KW}/0.7) * (0.001 \text{ H/galones}) * (2998 \text{ galones/lote}) * (0.049 \text{ US\$/KWH}) * (\text{lote}/4 \text{ días}) * (365 \text{ días/Año}) = 3569.9 \text{ US\$/Año.}$$

$$= \text{9460.2 Soles /Año.}$$

### 6.3. Evaluación económica del sistema de 3°Be

#### 6.3.1 Evaluación económica del sistema

-Volumen utilizado de soda cáustica de 50°Be

La soda consumida es 198 lb de la preparación de la soda de 6°Be y se mantiene constante para la preparación de soda de 3°Be.

El % de gastado de masa será 30 %, entonces la soda requerida es 660 lb.

Hallamos el volumen, donde 6.71 lb/bbl (Tabla 1 en el Anexo 3)

Volumen requerido = 98 bbl ó 4128 galones.

Como:1 barril de 3°Be requiere = 1.06 Soda de galones de 50°Be

Obtenemos el volumen necesario de soda de 50°Be.

= 98 bbl.\*(Soda de galones de 50°Be)/ (1 barril de 3°Be requiere)\*42

= 104 galones de 50°Be, sabemos que 5.768 kg/gal

= 599.53 Kg.

-Volumen utilizado de agua necesaria para la dilución de soda.

3000 galones -104 galones = 4027 galones de agua.

CUADRO 6.5: VOLUMENES DEL PROCESO DE SODA DE 3°Be

<b>Volumenes del Proceso con Soda 3°Be</b>	<b>Cantidad</b>
Volumen de Proceso de Soda Caustica 3°Be (gln)	104
Volumen de Proceso de Agua (gln)	4027

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 6.6: PRECIO UNITARIO DE SODA CAUSTICA (Kg) y AGUA (m<sup>3</sup>)

<b>Precios de Costo Unitarios</b>	
Soda 50 °Be (Soles/Kg)	2.31
Agua (Soles/m <sup>3</sup> )	4.051

Fuente: Elaboración propia

❖ Costo Total:

$$= (2.31 \text{ soles/kg}) * (599.53 \text{ Kg}) + (4.951 \text{ soles/m}^3) * (4051/264.1)$$

**= S/. 1460 /lote de turbo.**

### 6.3.2. Evaluación económica de energía del sistema

- ❖ Potencia de la 02 bombas empleada para trasladar la soda de 50°Be y agua es :

250 HP: 186,425 KW.

- ❖ Eficiencia del motor 70 %
- ❖ Tiempo del traslado promedio por 1000 galones es 1 hora  
Entonces con el volumen de 4128 galones es: 4.128 horas/4128 galones  
= 0.001
- ❖ Promedio preparado por 4128 galones
- ❖ Costo de energía eléctrica: 0.049 US\$/KWH

Costos =

$(186,425 \text{ KW}/0.7) * (0.001 \text{ H/galones}) * (4128 \text{ galones/lote}) * (0.049$

$\text{US\$/KWH}) * (\text{lote}/4 \text{ días}) * (365 \text{ días/Año}) = 4915.5 \text{ US\$/Año.}$

**= 13026.0 Soles /Año.**

No hay costos adicionales, por motivos que no hay modificación en el proceso de tratamiento Cáustico. Solo se varia la preparación de diferentes concentraciones de soda cáustica diluida para el tratamiento al turbo utilizando los mismos equipos.

## 6.4. Cuadro comparativo de la evaluación económica

CUADRO N°6. 7: CUADRO ECONOMICO COMPARATIVO POR LOTE

Soda Caustica	Costo S/.	Reduccion %
6°Be	2,131.00	0
4°Be	1,386.00	35
3°Be	1,460.00	31

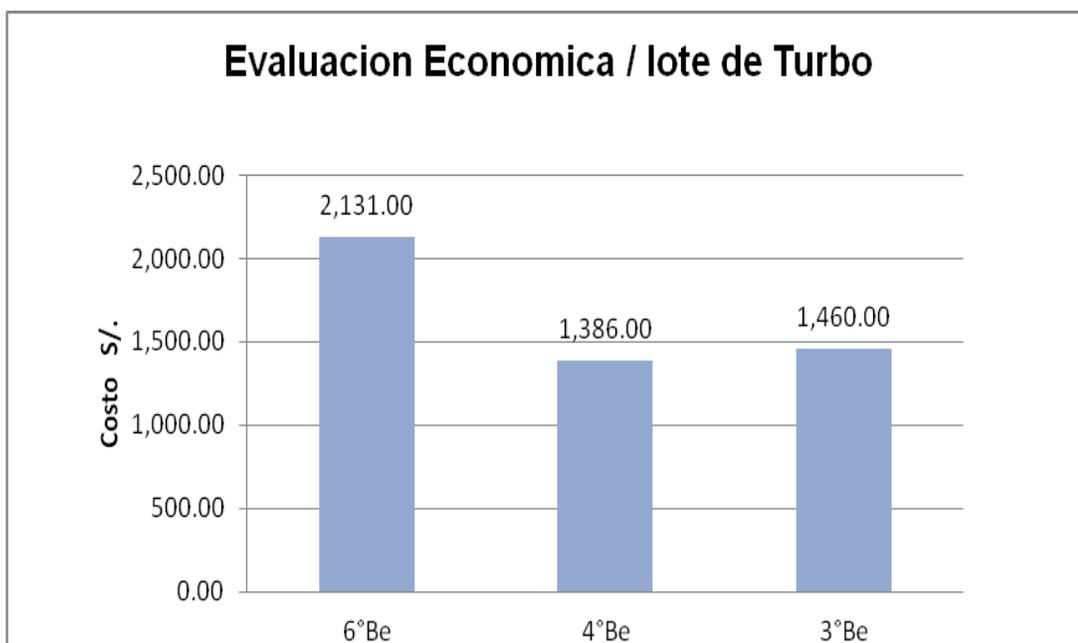
Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°6. 8: CUADRO ECONOMICO COMPARATIVO POR AÑO

Soda Caustica	Costo S./año	Ahorro/Año	Reduccion %
6°Be	51,144.00	0	0
4°Be	33,264.00	17,880.00	35
3°Be	35,040.00	16,104.00	31

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO 6-1: EVALUACION ECONOMICA /LOTE DE TURBO



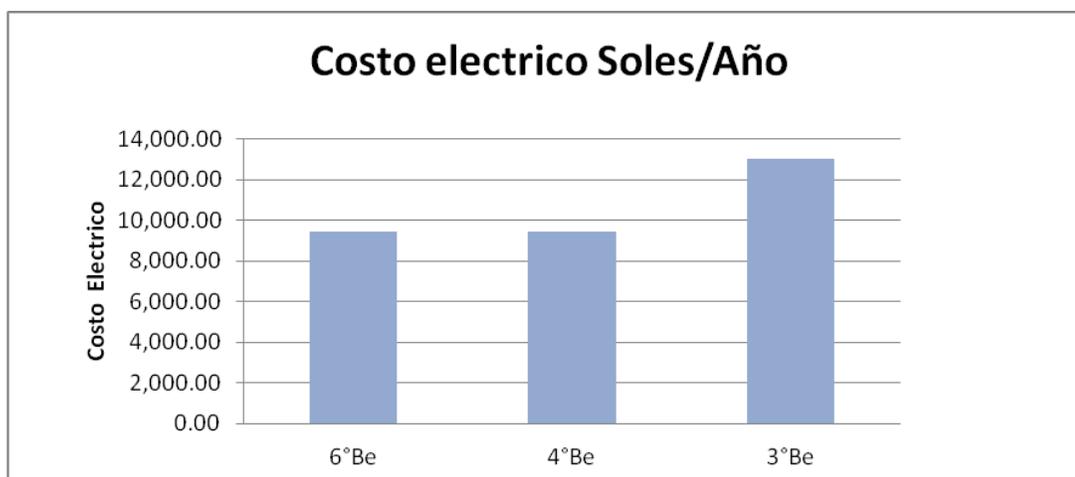
Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 6.9: CUADRO ECONÓMICO DE COSTO ELECTRICO COMPARATIVO POR AÑO

<b>Soda Caustica</b>	<b>Costo electrico S./Año</b>
6°Be	9,466.75
4°Be	9,460.20
3°Be	13,026.00

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO 6-2: EVALUACION ECONOMICA /AÑO



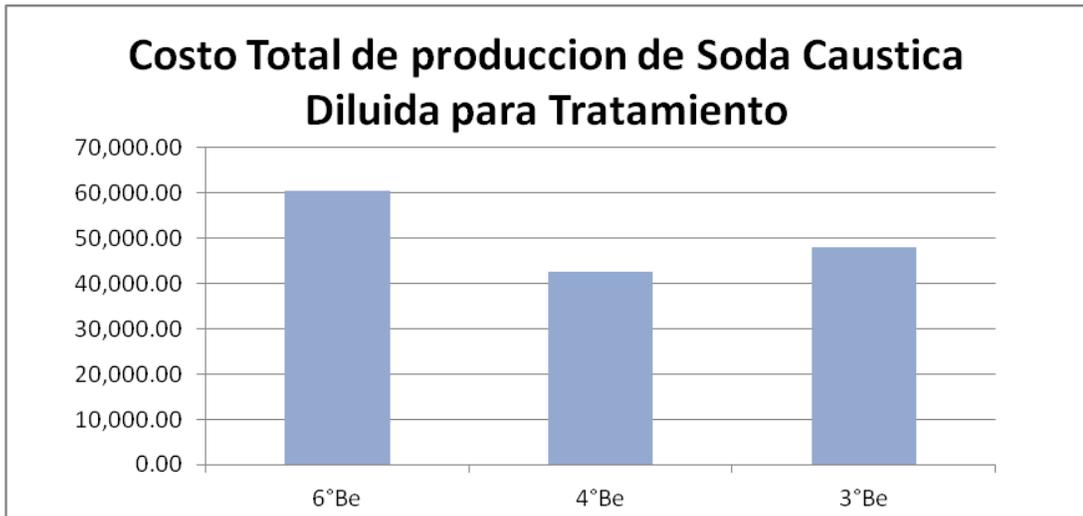
Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 6.10: CUADRO ECONOMOMICO DE COSTO TOTAL COMPARATIVO POR AÑO.

<b>Soda Caustica</b>	<b>Costo S./año</b>	<b>Ahorro/Año</b>	<b>Reduccion %</b>
6°Be	60,610.75	0	0
4°Be	42,724.20	17,886.55	30
3°Be	48,066.00	12,544.75	20.6

Fuente : Elaboración propia

GRÁFICO 6-3: EVALUACIÓN ECONÓMICA / AÑO



Fuente : Elaboración propia

## CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Conclusiones

-El proceso óptimo de tratamiento cáustico se da con la soda de 4°Be.

-Con el sistema de proceso de tratamiento con soda de 4°Be se permitirá optimizar en:

- ❖ Se logro mejorar la calidad del turbo tratado, demostrado con la prueba “Determinación de azufre mercaptanos (ASTM D3227-96)”, se disminuye de 5 ppm a 3 ppm, mejorando la calidad del producto.
- ❖ Se mantiene el turbo en el rango de (0.004 a 000.5) en la prueba de laboratorio del “Numero de Neutralización (norma)”, manteniendo la calidad del turbo tratado.
- ❖ Se disminuye la solubilidad de las sales en el turbo como se puede comprobar por la prueba de “Arrastre de Naftenatos” (método propio de la refinería), con la producción de sales de 0.35 mg Na/L en comparación a la producción de sales de 0.25 (mg Na/L) en el proceso de soda de 6 °Be, logrando mayor eficiencia en el proceso y mejor calidad en el producto.
- ❖ Se concluyo que en el proceso de mezclado del turbo sin tratar con la soda cáustica diluida, no interviene el tiempo de mezclado, trabajando con distintos tiempos T1= 80 segundos, T2= 100 segundos, T3=120 segundos, poniendo como base el tiempo de mezclado de la planta real, se obtuvieron los mismos resultados óptimos para el turbo tratado.
- ❖ El control de calidad especificado de acuerdo a las normas citadas se cumple :
  - Índice de separación de agua, ASTM D3948-07
  - N° Neutralización después del tratamiento cáustico (mg KOH/gr), ASTM D974.
  - Determinación de azufre mercaptanos, ASTM D3227-96.
  - Gravedad API @ 15,6°C, ASTM D1298

- Punto de Inflamación, ASTM D56
- Punto de Congelamiento, ASTM D5972
- Destilación, ASTM D86

Se cumplió con las especificaciones técnicas establecidas.

- ❖ Se logro llevar con el proceso de soda de 4°Be a un gastado de 30%, logrando mayor eficiencia para le proceso de tratamiento.

-Se concluye que el proceso de soda de 4°Be es el más rentable por:

- ❖ Generar una reducción de costos total del 30% en el tratamiento cáustico, que equivale a S/.17886.55 por año.

<b>Soda Caustica</b>	<b>Costo S./año</b>	<b>Ahorro/Año</b>	<b>Reduccion %</b>
6°Be	60,610.75	0	0
4°Be	42,724.20	17,886.55	30
3°Be	48,066.00	12,544.75	20.6

- ❖ No habría modificación de equipos, ni instrumentos al proceso de tratamiento cáustico con soda de 4°Be, no generando gastos adicionales al proceso de tratamiento.
- ❖ No habría modificación en el proceso con el personal de trabajo, se mantendría el mismo grupo de trabajo, considerando que no se generaría gastos en este punto.

## 7.2 Recomendaciones:

- ❖ Se recomienda realizar corridas de pruebas al proceso de tratamiento con soda diluida de 4°Be con un gastado de 30%, a escala industrial, con el antecedente que se obtuvo resultados satisfactorios en las pruebas de simulación a nivel de laboratorio y las pruebas de control de calidad al turbo tratado.
- ❖ Se sugiere crear un registro histórico con los datos reales del proceso con soda diluida de 4°Be y los datos de todos los resultados de prueba de laboratorio al turbo tratado para las futuras investigaciones de optimización.
- ❖ Se sugiere modificar la documentación interna y externa, manuales de tratamiento cáustico y matrices de seguridad a escala industrial del proceso nuevo de tratamiento con soda diluida de 4°Be para actualizar el proceso de tratamiento mencionado.
- ❖ Se recomienda instalar el sistema propuesto del tratamiento cáustico, luego de las corridas de prueba al proceso de tratamiento con soda diluida de 4°Be, logrando un ahorro económico con una disminución del 30% en total por año, generando ganancias a la empresa.

## CAPITULO VIII: REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

### Libros de Consultas:

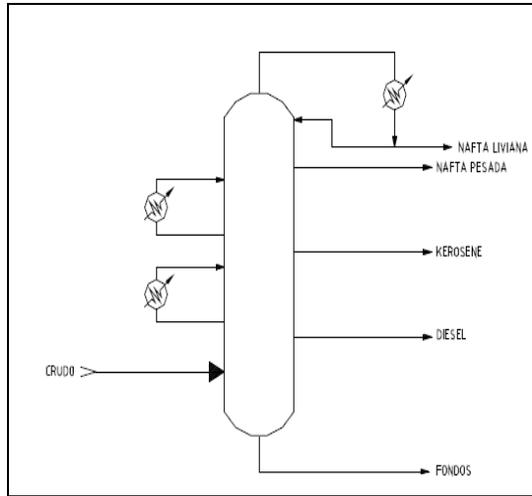
- ❖ Gary, J. (2004). Petroleum Refining Technology and economics, Third edition.
- ❖ Leidinger Merino, O. (1997). Procesos Industriales, primera edición.
- ❖ Perry, R.H.; Green, D.W. (1997). Perry's Chemical Engineers Handbook, eighth edition.
- ❖ Petróleos del Perú. (2009). Manual de la Unidad de destilación primaria, primera edición.
- ❖ Petróleos del Perú. (2009). Manual de la Unidad destilación al vacío, tercera edición.
- ❖ Petróleos del Perú. (2009). Manual de la Unidad de craqueo catalítico, tercera edición.
- ❖ Petróleos del Perú. (2009). Manual de la Unidad de tratamiento a combustibles, tercera edición.
- ❖ Meyers, R. (2004). Handbook of Petroleum Refining Processes, Third edition.
- ❖ Wauquier, J. (2005). El Refino del Petróleo, primera edición.
- ❖ Wuithier, P. (1971). Refino y Tratamiento Químico, segunda edición.

### Páginas Web:

- ❖ Erco worldwide, Soda caustica.  
<http://www.ercoworldwide.com/index.php/products/caustic/?=es>  
(Visitado el 2012-06-20)
- ❖ Indecopi, normas técnicas.  
<http://www.bvindecopi.gob.pe/normas/321.006.pdf>  
(Visitado el 2012-06-10)
- ❖ Ministerio de energía y minas, turbo  
<http://www.minem.gob.pe/sector.php?idSector=5>  
(Visitado el 2012-07-25)

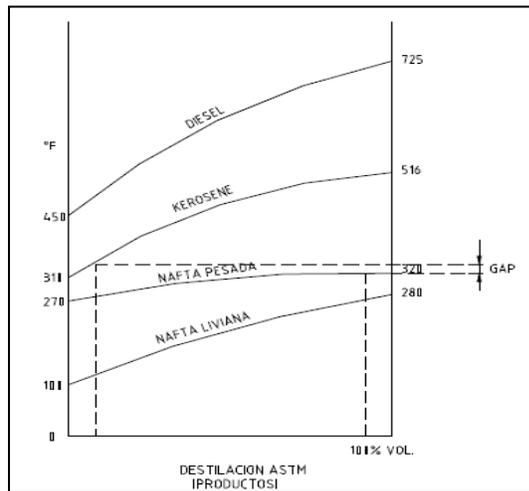
**Anexo 1:**

**Grafica 1: Destilación fraccionaria del crudo**



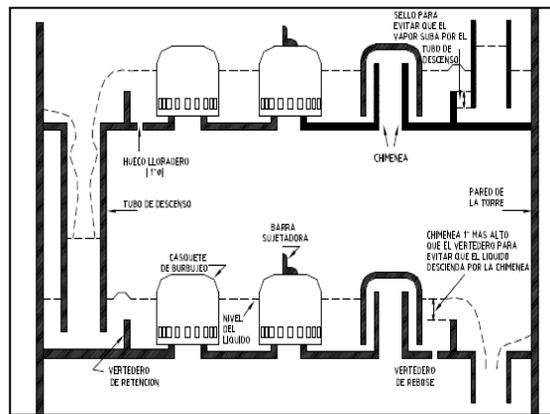
Fuente: Manual de UDP- Petroperú

**Gráfica 2: Destilación ASTM**



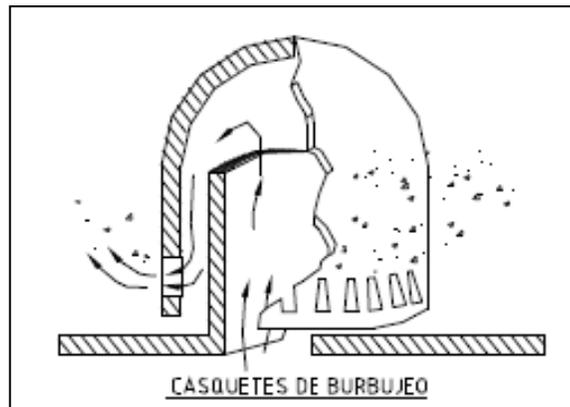
Fuente: Manual de UDP- Petroperú

Gráfico 3: Diseño de bandeja de la torre fraccionadora



Fuente: Manual de UDP- Petroperú

Gráfico 4: Diseño del casquete de burbujeo



Fuente: Manual de UDP- Petroperú

**Anexo 3:****Tabla 1: Cuadro de grados (°Be) de la soda cáustica líquida**

Grados °Be		Relación ( lb/bbl de Soda en solución )	
50	°Be	266.5	lb/bbl de Soda en solución
6	°Be	13.85	lb/bbl de Soda en solución
4	°Be	9.24	lb/bbl de Soda en solución
3	°Be	6.71	lb/bbl de Soda en solución
0	°Be	0	lb/bbl de Soda en solución

Fuente: Manual de tratamiento cáustico-Petroperú

**Tabla2: Cuadro de grados (°Be) con relación agua en solución**

Grados °Be		Relación (lb/bbl de Agua en solución )	
50	°Be	267	lb/bbl de Agua en solución
6	°Be	351.5	lb/bbl de Agua en solución
4	°Be	350	lb/bbl de Agua en solución
3	°Be	350.5	lb/bbl de Agua en solución
0	°Be	350	lb/bbl de Agua en solución

Fuente: Manual de tratamiento cáustico-Petroperú

**Anexo 4:****4.1.- Métodos ASTM**

- ❖ Determinación de azufre mercaptanos, ASTM D3227-96.
- ❖ N° Neutralización antes tratamiento (mg KOH/gr), ASTM D974.
- ❖ Índice de separación de agua, ASTM D3948-07.
- ❖ Gravedad API, @ 15,6°C, ASTM D1298.
- ❖ Punto de Inflamación, ASTM D56.
- ❖ Destilacion, ASTM D86.