

PROPUESTA DE MEJORA AL SISTEMA DE RETROLAVADO DEL FILTRO DE
ARENA EN EL PROCESO DE NEUTRALIZACION DE SODAS GASTADAS DE LA
REFINERIA DE CARTAGENA



Nombre autor (es). Carlos A. Quiroz, Alexander A. Agamez

Junio de 2021

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería

**PROPUESTA DE MEJORA AL SISTEMA DE RETROLAVADO DEL FILTRO
DE ARENA EN EL PROCESO DE NEUTRALIZACION DE SODAS GASTADAS DE LA
REFINERIA DE CARTAGENA**

Nombre autor (es). Carlos A. Quiroz, Alexander A. Agamez

Junio de 2021.

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería

Notas del autor

Nombre autor 1, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Antonio Nariño, Ciudad.

Nombre autor 2, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Antonio Nariño, Ciudad.

Mencionar si el proyecto de tesis de grado tuvo colaboración de empresa, organización o entidad para su realización.

Nota de Aceptación

Nombre y firma jurado 1

Nombre y firma jurado 2

Nombre y firma presidente

Nombre y firma secretario

Dedicatoria

En este apartado dentro del propio trabajo, tiene como principal objetivo rendir un homenaje muy especial. También, se suele ofrecer la propia tesis a una persona, institución o entidad.

Agradecimientos

En este apartado el alumno da crédito y demuestra su aprecio y gratitud a los que contribuyeron de alguna manera a la elaboración del trabajo. Pueden ser personas, organizaciones, instituciones, etc.

Resumen

La industria petroquímica en Cartagena, es de gran importancia para el desarrollo económico, por ello, las empresas que hacen presencia han desarrollado la implementación de un sin número de procesos tecnológicos necesarios para alcanzar los productos terminados de alta calidad. De estos procesos productivos surge nuevos procesos de mantenimiento y gestión de equipos y materiales, como es el caso del proceso de retrolavado en la unidad de Sodas de la Refinería de Cartagena, se ha estudiado que el método actual de la empresa no genera la eficiencia necesaria para la empresa, por ello, se llevó a cabo esta investigación que consta de un diagnóstico del proceso actual de retrolavado, la identificación de métodos disponibles y su nivel de eficiencia y la presentación de una propuesta que satisface las necesidades identificadas en el diagnóstico. Finalmente se presentan recomendaciones puntuales para la empresa.

Palabras Clave: procesos industriales, retrolavado, industria petroquímica, Refinería de Cartagena

Abstract

The petrochemical industry in Cartagena, is of great importance for economic development, therefore, the companies that are present have developed the implementation of a number of technological processes necessary to achieve high quality finished products. From these productive processes arises new processes of maintenance and management of equipment and materials, as is the case of the backwashing process in the Sodas unit of the Cartagena Refinery, it has been studied that the current method of the company does not generate the necessary efficiency for the company, therefore, this research was carried out consisting of a diagnosis of the current backwashing process, the identification of available methods and their efficiency level and the presentation of a proposal that meets the needs identified in the diagnosis. Finally, specific recommendations for the company are presented.

Key words: industrial processes, backwashing, petrochemical industry, Cartagena Refinery.

Tabla de Contenidos

Introducción	12
1. Planteamiento del Problema	13
1.1. Descripción del Problema	13
1.2. Formulación del Problema	18
2. Justificación	19
3. Objetivos	21
3.1. General	21
3.2. Específicos	21
4. Marco Referencial	22
4.1. Antecedentes	22
4.2. Marco Teórico	28
4.3. Marco Legal	31
5. Diseño Metodológico	38
5.1. Tipo y Enfoques de Investigación	38
5.2. Variables de Medición (Si aplica)	38
5.3. Diseño de la investigación	38
5.4. Unidad de Estudio o Muestra (Si aplica)	39
5.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	41
5.6. Fases y Actividades Metodológicas	41
6. Diagnóstico del proceso de retrolavado al filtro de arena de la unidad	43

6.1.	Generalidades del proceso	46
6.2.	Resultados del diagnóstico.....	76
7.	Métodos disponibles para desarrollar el proceso de retrolavado del filtro de la unidad de neutralización de Sodas de la Refinería de Cartagena	78
7.1.	Retrolavado con condensado	78
7.2.	Retrolavado del filtro de arena utilizando agua industrial y vapor de media presión (#150psi)	83
8.	Propuesta de un sistema de retrolavado de filtro de arena en el proceso de neutralización de sodas gastadas de la Refinería de Cartagena	88
	Conclusiones	95
	Recomendaciones	96
	Referencias.....	97

Lista de Figuras

Figura 1	45
Figura 2	75
Figura 3	79
Figura 4	84
Figura 5	90

Introducción

La industria petroquímica tiene mucha influencia en el desarrollo económico de la ciudad de Cartagena, los procesos que se llevan a cabo garantizan la consecución y el procesamiento de diferentes materiales primas necesarias en el mercado. Cuando las empresas de este sector presentan fallas en sus procesos, las paradas técnicas que se llevan a cabo salen muy costosas en la operación, por lo que la filosofía de la prevención y la seguridad integral es estratégicamente necesaria para que las empresas sigan creciendo y siendo sostenibles.

Con el presente trabajo de investigación presentamos una propuesta al sistema de Retrolavado para la unidad-300 de la Refinería de Cartagena, teniendo en cuenta los datos encontrados gracias a que el actual proceso no satisface las expectativas de productividad y utilidad.

Este informe inicialmente presenta el problema de investigación, causas y consecuencias o impacto de este dentro de la productividad de la empresa. Más adelante se presentan los objetivos y la justificación de la presente investigación, dando paso al marco referencial donde se encuentran los antecedentes y el marco teórico.

El siguiente apartado tiene que ver con lo metodológico, es decir, cada una de las pautas, técnicas y materiales usados para llevar a cabo la práctica investigativa, llegando al resultado más general que es un proceso de retrolavado que mejore la productividad y eficiencia en la empresa. Finalmente se presentan los resultados en tres etapas que son: diagnóstico de la empresa, identificación de métodos de retrolavado y finalmente la propuesta planteada para la empresa, cerrando este informe con conclusiones y recomendaciones finales.

1. Planteamiento del Problema

1.1.Descripción del Problema

El perfil de competencia de un ingeniero industrial, en el marco de los postulados académicos de la Universidad Antonio Nariño (sede Cartagena de Indias, Colombia), es el de ser un gestor de proyectos de factibilidad, donde diseña e implementa plantas, estudios de métodos, reingeniería, haciendo énfasis en ambientes de producción de bienes, orientando sus saberes en el marco de crear propuestas proyectivas que influyan en los procesos industriales que dan como resultado productos. Del mismo modo, es un profesional orientado al “...diseño e instalación de líneas de producción, planeación y control de materiales y producción, gestión de tecnología para la producción, proyectos de modernización de plantas y procesos, sistemas flexibles e integración de tecnología de cómputo en la producción...” (Universidad Antonio Nariño, 2020, pág. 1).

Un campo de acción del ingeniero industrial es la visualización de los procesos productivos en las Refinerías, entendiéndose por estas, según Wauquier (2017), una plataforma industrial destinada a la refinación del petróleo, que, mediante un proceso adecuado, se obtienen diversos derivados del mismo (gasóleo, queroseno, entre otras). Podemos distinguir entre las empresas privadas y las de propiedad estatal. En 2015, resalta Wauquier (2017), se hizo un censo general en el mundo, identificando las petroleras privadas más importantes: ExxonMobil (EE. UU.), BP (Reino Unido), Shell (Países Bajos y Reino Unido), Total S. A. (Francia) y Ente Nazionale Idrocarburi (Italia), siendo más conocida fuera de Italia su marca comercial Agip. En cuanto a las empresas de propiedad estatal, se alcanzó a identificar: PDVSA (Venezuela), YPF (Argentina), Petróleos Mexicanos (México), Gazprom (Rusia), NIOC (Irán), Petrobras (Brasil),

Ecopetrol (Colombia), Petronas (Malasia), PetroChina (China), ENAP (Chile), Saudi Aramco (Arabia Saudita), entre otras. Estas Refinerías para obtener sus productos usan un método llamado destilación fraccionada la cual consiste en calentar el petróleo a diferentes temperaturas para obtener sus derivados.

Resalta Wauquier (2017), cada Refinería cuenta con un proceso industrial que por lo general se ejecuta mediante una operación física o química simple; el número de tipos de unidades y procesos utilizados por la industria del refinado es muy alta (alrededor de 200). En cuanto a la composición inicial del crudo, este depende de su fuente, la cual influye en la forma en que se procesa, como es el caso de la gasolina, la cual ha sido durante mucho tiempo la parte más valorada del crudo: se tiene, por tanto, tendencia a preferir el crudo ligero, que fácilmente da lugar a productos de alto octanaje.

En cuanto a los crudos pesados, estos contienen más compuestos de cadena larga (que se encuentran en el betún), y están menos valorados, requiriendo tratamientos adicionales para romper sus moléculas y hacerlos vendibles, donde las impurezas como el azufre (H₂S, mercaptanos) son poco deseadas, estando sujetas a tratamientos adicionales, que se suman al coste del tratamiento de refinación.

En el contexto de la República de Colombia, está la Refinería de Cartagena, conocida como Reficar, considerada como una de las más modernas de Sudamérica, debido a que cumple con altos estándares internacionales, procesando petróleos pesados y generando combustibles que por su bajo nivel de azufre son catalogados como amigables con el medio ambiente. Esta Refinería se encuentra ubicada en la Costa Norte colombiana y actualmente es la segunda

Refinería más grande del país después de la Refinería de Barrancabermeja, ubicada al interior del país.

Desde el punto de vista histórico, según Wauquier (2017), la Refinería de Cartagena surgió en 1957, con una inversión de treinta y tres millones de dólares, de la mano de la Intercol (compañía del sector metal-mecánico especializada en proveer, asesorar y ejecutar un servicio completo de alta calidad en relación al diseño, fabricación, suministro, montaje, reparación y mantenimiento de productos que satisfacen las diversas necesidades de la industria). En 1974, es adquirida por Ecopetrol, sometiéndose a modernización y ampliación, inaugurándose esta nueva etapa en el 2015.

Los principales productos de la Refinería de Cartagena se destacan: intercambiadores de calor, recipientes a presión y tanques de almacenamiento, incluyendo plantas para la separación, producción y tratamiento de hidrocarburos; la nueva capacidad de producción redujo las importaciones del país, ya que en años anteriores en Colombia se importaba grandes volúmenes de combustibles llegando a importar hasta 33 000 barriles diarios de diésel. Esta Refinería, en los últimos cinco años, ha dinamizado la economía de la región al convertir el sector industrial en la principal actividad económica de la ciudad de Cartagena y del departamento de Bolívar.

Actualmente en la Refinería de Cartagena, la unidad de neutralización de Sodas gastadas es la encargada de tratar y procesar dichas sodas provenientes de unidades como la unidad de destilación de crudos, normal mente ricas en ácidos naftenicos, compuestos azufrados y en cierta medida fenoles. Cuando la unidad se encuentra en modo naftenico, cargando soda naftenica, el proceso se compone de las siguientes etapas: adición y mezcla de ácido sulfúrico concentrado

hasta pH 3; extracción de gases generados (H_2S); inyección de solvente carga (nafta virgen) para extracción de ácidos naftenico; y separación de solvente producto.

En la etapa de adición de ácido a la soda gastada, se acidifican los aniones de bisulfuro, fenolato, naftenato yendo en orden descendente de pH, liberándose de esta forma y respectivamente H_2S , fenoles y ácido naftenico. Las dos últimas especies son solubles en medio oleoso y son arrastradas por el solvente, cargándose en un tanque de nafta virgen en la unidad de materias primas, para después comenzar un proceso de separación de solvente, producto y salmuera acida, del solvente filtrado con arena, con el fin de minimizar el arrastre de salmuera y partículas a la unidad de materias primas.

En este sentido, el filtro de arena, en principio, y por el conocimiento que de manera teórica y práctica que hay acerca del tema, debe ser retrolavado o cambiado con periodicidad de alrededor de seis meses, pero este se viene cambiando en intervalos de treinta días, lo cual es una frecuencia alta. La necesidad de cambiarlo radica en la caída alta de presión, a través del D-505 y en el notable ensuciamiento de la arena.

Esta realidad, lo que se ha podido observar y consultar en la Refinería de Cartagena, en visitas guiadas y tutoradas por personal calificado de esta compañía, fue la que dio paso en el 2014, a consolidar la ampliación y modernización de esta Refinería, que incluyó dieciséis nuevas plantas de refinación y procesos, presentando un avance de más del 92%, de su capacidad de respuesta en el mercado de hidrocarburos nacional e internacional.

Pero hoy se aprecia la necesidad de sincronizar y ajustar un sistema de retrolavado del filtro de arena en el proceso de neutralización de sodas gastadas, donde el filtro de arena de retrolavado continuo, en condiciones de un medio ambiente saludable, guía su proceso de

filtrado, por gravedad, bajo la condición de suspensiones de líquidos que producen un filtrado mientras simultánea y continuamente se limpia la cama de filtrado. El retrolavado es un proceso único, se enfoca en la derivación de la corriente del medio más contaminado, se toma del fondo, se limpia y automáticamente se redeposita en la parte superior de la cama de filtrado. El medio de la cama de filtrado se mueve lentamente hacia abajo mientras que el agua filtrada se mueve hacia arriba a través de la cama.

Se necesita definir una propuesta donde el filtro de arena de retrolavado limpie una porción pequeña de la cama de medio, el agua de retrolavado sucia, que comprende aproximadamente 5% del flujo total, que pueda ser retornada al dispositivo de clarificación primaria sin parar o sin causar oleaje en el sistema. En este sentido se toman ideas de Torres y Castro (2016), en cuanto a que un filtro de arena convencional a presión retrolava por lotes, produciendo grandes flujos intermitentes de agua residual. El volumen de agua de retrolavado debe de ser acumulada y retenida en reserva hasta que pueda ser tratada paulatinamente; esta filtración elimina la necesidad de tanques o bombas para almacenar, bombear y procesar el agua de retrolavado.

Esta propuesta toma en consideración otras maneras de aplicar un proceso de retrolavado del filtro de arena para el tratamiento de sodas gastadas, que implica técnicas que le dan un tratamiento de corrientes cáusticas con un alto contenido de compuestos fenólicos y otros compuestos aromáticos peligrosos.

Pero ese proceso necesita estar bajo la supervisión y control de un mantenimiento permanente, y es precisamente por la vía de un sistema de retrolavado del filtro de arena en el proceso de neutralización de sodas gastadas que se elevan las condiciones de optimización del

proceso de refinación y alarga la vida de los materiales que sirven de componentes a las máquinas que hacen posible esa transformación del petróleo en sus productos derivados.

1.2. Formulación del Problema

La búsqueda del mejoramiento de dichos procesos lleva a formular una pregunta puntual de tipo generadora: ¿cómo debe estar diseñado un sistema de retrolavado del filtro de arena en el proceso de neutralización de sodas gastadas de la Refinería de Cartagena?

2. Justificación

La industria petroquímica a nivel local es de alto impacto para el desarrollo económico y social, por ello, se evidencia grandes inversiones en diferentes áreas de las empresas buscando mejorar cada día la productividad de estas. En tal sentido, la optimización de procesos es completamente necesario y vital, ya que a través de esta se logra garantizar un aumento de los resultados operativos y de gestión haciendo uso de los recursos disponibles y que pueden ser personal, maquinaria y herramientas, materia prima, etc.

Desde el punto de vista técnico, la investigación se justifica porque se aborda el retrolavado del filtro de arena, el cual consiste en invertir el flujo de líquido para que entre por el fondo del lecho filtrante, levante y enjuague el lecho y salga por la parte superior del tanque del filtro. Se debe recordar que la arena constituye el medio filtrante que retiene los sólidos suspendidos presentes, que tiende a saturarse, por lo que se requiere limpiar la arena para que pueda seguir funcionando adecuadamente. En el caso del proceso de neutralización de sodas gastadas, que es una soda cáustica empleada en las refinerías de petróleo y otras industrias químicas, y que según Wauquier (2017), produce un problema de contaminación, se han ideado tratamientos a nivel de las plantas de refinación para neutralizar su efecto de aireación catalizada y oxidación catalizada.

El aporte del presente estudio sería una guía sistematizada, entiéndase un protocolo de sistematización de retrolavado del filtro de arena en el proceso de neutralización de sodas gastadas. El tratamiento implica confrontar los efluentes cáusticos con alta concentración de compuestos peligrosos, tóxicos y altamente contaminantes, como sustancias aromáticas

provenientes de los procesos de endulzamiento de hidrocarburos agrios y sodas gastadas provenientes del tratamiento de hidrocarburos, ñañas y productos refinados.

Desde el punto de vista de la gestión y optimización de procesos de producción industrial, la investigación incluye en su propuesta un acercamiento al objeto de estudio caracterizado por varios pasos: separación de sólidos suspendidos, neutralización de la corriente acústica mediante la adición de sustancias acidas, separación de las fases orgánicas y acuosa por decantación, además de la separación de gases producto de neutralización y extracción líquido-líquido intensiva de aquellos componentes orgánicos remanentes que permanecen solubles en la fase acuosa después de la neutralización, hasta alcanzar mínima concentración de contaminantes.

Esta acción que se plantea en la guía de sistematización tiene como fortaleza que evita reducir el vertimiento de contaminantes de tipo aromático altamente concentrado al medio ambiente en corrientes de agua residual, con la recuperación de estos compuestos convirtiéndolos en productos valiosos.

Desde una perspectiva académica, el estudio se inscribe en el área de las Ciencias Naturales, Exactas y Aplicadas, de la Universidad Antonio Nariño, en las líneas de investigación “Altas energías” y “Materiales”, dado que acomete la realidad del petróleo como principal fuente de energía en el mundo, no renovable, y los materiales vistos desde su impacto al Ambiente. La propuesta invita a la creación de una nueva línea de investigación que debería denominarse “energía no renovable y sustentabilidad ambiental”, en la cual se inscriben importantes estudios latinoamericanos que hoy revisan sus protocolos de seguridad en los procesos de extracción y refinación de hidrocarburos, para el caso de países como Colombia, Venezuela y Brasil, principales productores de crudo hoy día.

3. Objetivos

3.1.General

Realizar una propuesta de mejora al sistema de retrolavado del filtro de arena en el proceso de neutralización de sodas gastadas de la Refinería de Cartagena.

3.2.Específicos

Describir y diagnosticar el proceso actual de retrolavado al filtro de arena de la unidad de neutralización de Sodas de la Refinería de Cartagena.

Identificar los métodos disponibles para desarrollar el proceso de retrolavado del filtro de la unidad de neutralización de Sodas de la Refinería de Cartagena.

Presentar la propuesta de un sistema de retrolavado del filtro de arena en el proceso de neutralización de sodas gastadas de la Refinería de Cartagena, que satisfaga todas las necesidades encontradas en el diagnóstico.

4. Marco Referencial

Desde un punto de vista metódico, la investigación centra su atención en dos variables dependientes fundamentales: el sistema de retrolavado del filtro de arena, que se simplifica con la palabra clave “Filtro de arena”; y el proceso de neutralización de sodas gastadas, que se simplifica con la palabra clave “sodas gastadas”. Ambas variables, a lo largo de la investigación, irán cambiando su significación y comportamiento debido a la unidad de análisis que es la Refinería de Cartagena. En la medida en que el filtro de arena sea intervenido con un proceso de retrolavado, en esa medida será más efectiva e influyente su competencia en el proceso de refinación de hidrocarburos; y en la medida en que se minimice la presencia de los agentes contaminantes de las sodas gastadas, en esa medida la contaminación ambiental será menor y se alcanzarán estándares de calidad aceptables en el proceso de refinación del petróleo.

Como variables intervinientes se tendrán: sistema político y jurídico colombiano; intervención del proceso de retrolavado de los filtros de arena; manejo de la refinación; inducción al personal gerencial y técnico, relacionado con la implementación del filtro de arena.

4.1. Antecedentes

Los antecedentes de investigación son referentes directos en contenido y/o en metodología que ayuda a reconocer más detalles en el objeto de investigación; es como dice Hurtado de Barrera (2014), los antecedentes son las preguntas que quedaron sin resolver en otras investigaciones y que se aspira responder en la que se esté elaborando.

En el caso que nos ocupa está el trabajo de Visbal y Rozo (2017), con el auspicio de la Universidad de San Buenaventura Cartagena, titulado “Diseño de un Sistema de Filtración Continua Arena - Carbón Activado como herramienta Didáctica en el Laboratorio de Operaciones Unitarias”. En la investigación los autores diseñaron un sistema de filtración continua de arena y carbón activado, con el fin de proponer este equipo como una herramienta pedagógica de futura implementación, para el aprendizaje de los procesos de filtración, en el laboratorio de operaciones de la Universidad San Buenaventura de Cartagena.

Se valió de una metodología de tipo proyectiva, la cual implicó explorar, describir, explicar y proponer alternativas de cambio. Para alcanzar el objetivo propuesto se llevó a cabo un estudio de área, revisión teórica de diseños propuestos por otros autores y análisis de viabilidad económica. Según los resultados obtenidos, el diseño propuesto permitió trabajar con dos filtros en simultaneo en el laboratorio de operaciones unitarias variando el carbón activado a un espesor de cinco centímetros, con la finalidad establecer cuál de ambos filtros presentaría mejores niveles de purificación de agua.

El trabajo llega a la conclusión de que el sistema propuesto es útil como herramienta didáctica, para evaluar conceptos claves como la filtración, absorción, además de la manipulación y variación en el espesor de los materiales de los mismos; los costos del carbón activado, la grava y la arena son asequibles para su adquisición, y por otro lado, los gastos pueden ser restituidos por los beneficios que el proyecto brinda, como lo es la recuperación de aguas contaminadas que pueden ser reutilizadas en labores varias que se requieran en la Universidad.

El estudio permitió comprender la utilidad del diseño que estos investigadores presentaron en una unidad de análisis sometida al control del estudio, lo que permitió extrapolar algunos detalles de la metodología asumida para activarlas en la presente indagación y poder contestar la incógnita que dejan abierta Visbal y Rozo (2017), en lo referente a que ¿bajo cuales condiciones hay que someter un proceso de filtrado de arena para establecer el flujo a través del medio filtrante, sin que sea necesario aplicar un gradiente de presión como fuerza impulsora? El trabajo de Visbal y Rozo (2017), permitió visualizar varias formas para aplicar este gradiente de presión, por ejemplo: a) la gravedad, b) el vacío, c) una presión, d) un vacío y una presión combinados, e) una fuerza centrífuga y f) un gradiente de saturación.

Está también la investigación de Fierro, León, Rodríguez y Conde (2017), titulada “Tratamiento de sodas gastadas sulfhídricas”, con auspicios de la Universidad Nacional de Colombia. Este proyecto se centra en el estudio de las sodas sulfhídricas gastadas, por ser actualmente las de mayor potencial contaminante ya que carecen de un adecuado pretratamiento, mientras que las fenólicas y las nafténicas ya tienen los suyos propios. La soda también reacciona con los fenoles formando los respectivos íenóxidos. El trabajo parte de un acercamiento bibliográfico, en el cual se expande ampliamente los conceptos básicos y la terminología propia de este tópico. Se destacan las concentraciones, parámetros de contaminación y volúmenes vertidos por cada planta; además de los potenciales tratamientos para minimizar el efecto contaminante de la soda desgastada, destacando los datos que arroja la caracterización y planteando hacer un diseño, construcción, y puesta en marcha de acciones que garanticen la oxidación de las sodas

gastadas, mientras que paralelamente se adelantan los tratamientos de neutralización y aireación catalizada a nivel de laboratorio. Es un estudio bajo metodología experimental-proyectiva y tuvo como conclusión que en la caracterización se comprobó que todas las sodas analizadas son sulfhídricas. Algunas de las de mayor volumen presentan altos contenidos de fenoles y alta demanda química de oxígeno; así mismo, todos los tratamientos realizados son efectivos pero los más adecuados son: aireación a 48 horas de tratamiento y utilizando como catalizador KMnO_4 en concentración de 10 ppm., y la oxidación a 6 horas de tratamiento, empleando FeCl_3 como catalizador en concentración de 60 ppm. La conversión a sulfatos es mayor en la oxidación que en la aireación mientras que la soda tratada y filtrada mezclada con soda fresca se podría reutilizar en varios procesos dependiendo de las condiciones de calidad requeridas en cada una de las plantas de refinación de hidrocarburo.

El aporte de este estudio a la presente investigación, es que conceptualiza el papel de la soda gastada, así como responder a una incógnita que dejan abierta los investigadores: ¿Cuál sería la condición adecuada para la neutralización de la soda gastada (también conocido como sosa cáustica), en un tratamiento que se valga de la remoción de los diferentes contaminantes, partiendo de las reacciones que no devalen diferencias significativas en los rendimientos a lo largo de los diferentes tiempos de operación?

Y por último, el estudio titulado “Establecimiento de bases para desarrollar un proyecto de gestión del conocimiento en la industria de la refinación del petróleo”, de Ortiz (2019), auspiciado por el Centro de Tecnología Avanzada de Querétaro. Es una

investigación proyectiva que desarrolla todo un cuerpo interpretativo de la realidad de los procesos de refinación del petróleo y de los agentes contaminantes intervinientes en el proceso. El estudio propone el establecimiento de bases para desarrollar un proyecto de transferencia y asimilación del conocimiento, que permita impulsar la mejora del desempeño operativo de los procesos de la industria de la Refinación del Petróleo. Lo anterior considerando rediseñar la confiabilidad operativa centrada en el capital humano y asimilar el conocimiento tecnológico mediante simuladores de entrenamiento. El proceso de transferencia y asimilación del conocimiento mediante el esquema propuesto permitirá un aprendizaje acelerado para el desarrollo de habilidades y competencias en operadores de plantas de proceso. Hay indicios de que la transferencia de conocimiento operativo y el aprendizaje vía presencial se ve superado por plataformas integrales de administración del conocimiento, a partir de la experiencia directa con la que se desarrollan los simuladores de plantas virtuales. Dichas plataformas y simuladores permiten la demostración de variables en la operación de un proceso y simular diferentes condiciones: operación normal, mantenimiento, paros no programados e incluso emergencias, en un ambiente seguro, sin poner en riesgo o comprometer la operación, producción, integridad física del personal y de las instalaciones.

A grandes rasgos, la investigación analiza la factibilidad técnica y económica de dichas plataformas y simuladores, que pueden ser aplicadas y permiten confirmar que las inversiones en proyectos de gestión del conocimiento son viables mediante los mismos criterios y premisas que se utilizan para evaluar la factibilidad de proyectos de innovación, pues estos generan valor a las empresas debido a la mejora operativa y al

incremento de la confiabilidad del recurso humano. El factor humano en la industria de la refinación es fundamental para reducir la accidentabilidad, incrementar rendimientos, mejorar el uso de la energía, reducir costos operativos y aumentar la rentabilidad del negocio.

En cuanto a los agentes contaminantes que intervienen en el proceso de refinación del petróleo, Ortiz (2019) expone que en cualquier situación en la que se almacenen, transporten o manipulen productos químicos, peligrosos en algún sentido, existen riesgos de derrames o fugas que, dependiendo de la magnitud de los mismos, pueden afectar en mayor o menor grado la salud o integridad de las personas, las características y condiciones del ambiente, ecosistemas y ocasionar daños materiales.

Por lo que se hace necesario implementar medidas en que se pueda llevar a cabo en forma rápida y oportuna el control del incidente, recolección del producto químico y adecuada disposición de los residuos peligrosos que minimizarán los efectos y consecuencias directas e indirectas del incidente.

Es ante situaciones como las descritas, que se hace necesario implementar un sistema de prevención de filtrado de arena el cual de manera permanente sea sometido a retrolavado, como parte de una operación de mantenimiento para el correcto desempeño de una cama con un medio granular, que puede ser de carbón activado, arena, zeolita, resina de intercambio iónico o lechos multimedia. Existen razones, explica Ortiz (2019), importantes, y no siempre detectables a simple vista, por las que es necesario retrolavar las camas granulares, entre ellas, las principales pueden ser: eliminar los sólidos retenidos entre los gránulos del medio; eliminar biomasa excesiva, que se genera en todas las

camas de carbón activado, conforme se reproducen las bacterias, van tapando la cama, al igual que lo hacen los sólidos retenidos; y eliminar burbujas que se forman debido a cambios de temperatura, o por atrapamiento de aire, que se atorán en la cama cuando el adsorbedor opera con flujo descendente. Las burbujas obstruyen la parte de la cama en la que se encuentran y causan la canalización del flujo.

La investigación de Ortiz (2019), hace posible tener una visión global del problema de contaminación de la soda gastada del proceso de refinación y permite contestar otra interrogante que no queda clara a lo largo de la exposición investigativa del autor: ¿cuáles elementos en la evaluación de proyectos de gestión, transferencia y asimilación del conocimiento para desarrollar competencias y habilidades en el personal operador de plantas de proceso en refinerías, influyen en el sistema de neutralización de sodas gastadas?

4.2.Marco Teórico

El proceso de Refinación del petróleo genera una serie de impactos ambientales, sobre todo en las acciones correspondientes a la destilería de petróleo, principalmente, de las emisiones gaseosas, descargas de efluentes, desechos sólidos, ruido y olor, además de efectos visuales o estéticos.

En acepción de Torres y Castro (2016), "...las emisiones gaseosas constituyen los impactos ambientales de control complejo; constituidas por partículas, hidrocarburos gaseosos, monóxido de carbono, compuestos de azufre (SO_x) y compuestos de nitrógeno (NO_x)..." (pág. 43). En este sentido, se configuran en emanaciones nocivas que pueden afectar a las áreas vecinas a la refinería.

En otro aspecto, citando ideas de Wauquier (2017), los efluentes líquidos de las refinерías son conducidos a plantas de tratamiento de aguas residuales (aceites, grasas, amoníaco, compuestos fenólicos, sulfuros, ácidos orgánicos, cromo y otros metales); estos contaminantes están expresados en términos de su demanda biológica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO) y el Carbono orgánico total (COT). Las Refinerías generan grandes cantidades de residuos sólidos por lo que los filtros de arena juegan papel preponderante, generando un proceso de filtración que se da por la retención de materia orgánica como de materia inorgánica.

En lo que se refiere al manejo del sistema de retrolavado del filtro de arena en el proceso de neutralización de sodas gastadas que se da en la Refinería de Cartagena, se parte por acciones técnicas de carácter protocolar que en la medida que se van dando permite diagnosticar el estatus de esta situación y los potenciales tratamientos que puedan aplicarse, desde una visión industrial, para neutralizar y dejar sin efecto los agentes contaminantes que van surgiendo durante el proceso de refinación.

Se determina, expone Meyers (2009), la alcalinidad de la soda gastada, almacenada en el depósito, con el fin de establecer el volumen de ácido inorgánico requerido para su neutralización; el ácido inorgánico se selecciona a partir del grupo que comprende ácido nítrico, ácido fosfórico, ácido clorhídrico o ácido sulfúrico.

En razón de esta visión, Meyers (2009), resalta que en el caso de las sodas gastadas, se da en un sistema donde el ácido inorgánico seleccionado es el ácido sulfúrico, dándose una línea a la soda gastada bajo un mezclador estático, hasta alcanzar un pH en la mezcla entre 4,0 y 6,0, basado en las concentraciones de soda libre que en

algunos casos típicos de sodas cresílicas, nafténicas o fenólicas puede alcanzar relaciones de hasta 10% en volumen de soda libre.

Cuando se da la condición de que la soda gastada neutralizada en línea es enviada al tanque de depósito, donde además del despojo de los gases de neutralización, se deja la mezcla en reposo por un periodo de entre dos a cuatro horas para permitir la separación de una fase acuosa y una fase aceitosa conformada por los compuestos orgánicos provenientes de las diferentes etapas de lavado de los hidrocarburos con soda cáustica.

En un aspecto técnico, expone Fierro, et al (2017), después de la separación de las fases en el depósito, se alinean las instalaciones para el desplazamiento del aceite liviano de ciclo enriquecido con los ácidos cresílicos y/o nafténicos extraídos, desde el depósito hacia el proceso de producción de combustóleo en refinería. Una fase acuosa permite la extracción a través de un proceso de recirculada al depósito y sometida a nuevas etapas de extracción con absorbente fresco hasta reducir la concentración de contaminantes. Terminada la etapa de extracción, los productos obtenidos correspondientes se dejan decantar en el depósito durante un periodo de cuatro a seis horas.

Meyers (2009), puntualiza que, en la fase acuosa, tratada con bajo contenido de contaminantes fenólicos, menor de 1000 ppm, es enviada hacia la planta de tratamiento de aguas residuales y la corriente de aceite liviano de ciclo rico en contaminantes orgánicos, con mayor capacidad disolvente, es devuelta al proceso de preparación de combustóleo de refinería.

4.3.Marco Legal

La Refinería de Cartagena se adelantó a las exigencias en materia de combustibles de la Ley 1972, de 2019. En ella se estableció que, a partir del primero de enero de 2023, el contenido de azufre permitido en el diésel será entre 10 y 15 ppm y desde el primero de enero de 2025, no podrán superar las 10 ppm; este estándar, que se conoce como Euro VI ya se produce en Cartagena.

Según el marco jurídico de Colombia, los hidrocarburos se consideran compuestos orgánicos de carbono e hidrogeno, que se encuentran en la naturaleza en estado líquido, gaseoso y a veces sólido; los enlaces de carbono y de hidrogeno pueden clasificarse en dos tipos: alifáticos y aromáticos. Los primeros se subclasifican en alcanos, alquenos y alquinos. También la norma delimita el estado natural de los hidrocarburos más relevantes, como el gas natural y el petróleo crudo, de cuyo procesamiento derivan varios subproductos entre los que se encuentran combustibles, petroquímicos, una gran variedad de plásticos como el polietileno, poliestireno y teflón, y la configuración de aditivos, ceras, parafinas, lubricantes, entre otros; su principal uso es la generación de energía mediante combustión.

En un resumen apretado del marco legal procedimental colombiano, se tiene que las disposiciones en materia de hidrocarburos regulan cambios de manera permanente, que lleva a que la normatividad deba estar en constante actualización y relacionada de manera directa con las necesidades del mercado. La Constitución Política Colombiana (1999), en esta materia especifica que: Art.8, “Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación”; Art. 58, “Por motivos de

utilidad pública o de interés social definidos por el legislador, podrá haber expropiación mediante sentencia judicial e indemnización previa. Esta se fijará consultando los intereses de la comunidad y del afectado. En los casos que determine el legislador, dicha expropiación podrá adelantarse por vía administrativa, sujeta a posterior acción contenciosa administrativa, incluso respecto del precio; Art.150, Corresponde al Congreso hacer las leyes. Por medio de ellas ejerce las siguientes funciones: 2. Expedir códigos en todos los ramos de la legislación y reformar sus disposiciones; 21. Expedir las leyes de intervención económica, previstas en el artículo 334, las cuales deberán precisar sus fines y alcances y los límites a la libertad económica; Art.330, Parágrafo: “La explotación de los recursos naturales en los territorios indígenas se hará sin desmedro de la integridad cultural, social y económica de las comunidades indígenas.

En las decisiones que se adopten respecto de dicha explotación, el Gobierno propiciará la participación de los representantes de las respectivas comunidades”. Art.332, “El Estado es propietario del subsuelo y de los recursos naturales no renovables, sin perjuicio de los derechos adquiridos y perfeccionados con arreglo a las leyes preexistentes”. Art.334, “La dirección general de la economía estará a cargo del Estado. Este intervendrá, por mandato de la ley, en la explotación de los recursos naturales, en el uso del suelo, en la producción, distribución, utilización y consumo de los bienes, y en los servicios públicos y privados, para racionalizar la economía con el fin de conseguir el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, la distribución equitativa de las oportunidades y los beneficios del desarrollo y la preservación de un ambiente sano”. Art.360, “La ley determinará las condiciones para la explotación de los recursos naturales

no renovables, así como los derechos de las entidades territoriales sobre los mismos. La explotación de un recurso natural no renovable causará a favor del Estado, una contraprestación económica a título de regalía, sin perjuicio de cualquier otro derecho o compensación que se pacte.

Los departamentos y municipios en cuyo territorio se adelanten explotaciones de recursos naturales no renovables, así como los puertos marítimos y fluviales por donde se transporten dichos recursos o productos derivados de los mismos, tendrán derecho a participar en las regalías y compensaciones.” Art.361, “Con los ingresos provenientes de las regalías que no sean asignados a los departamentos y municipios, se creará un Fondo Nacional de Regalías cuyos recursos se destinarán a las entidades territoriales en los términos que señale la ley. Estos fondos se aplicarán a la promoción de la minería, a la preservación del ambiente y a financiar proyectos regionales de inversión definidos como prioritarios en los planes de desarrollo de las respectivas entidades territoriales.” Art.365, “Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado.

Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional. Los servicios públicos estarán sometidos al régimen jurídico que fije la ley, podrán ser prestados por el Estado, directa o indirectamente, por comunidades organizadas, o por particulares. En todo caso, el Estado mantendrá la regulación, el control y la vigilancia de dichos servicios. Si por razones de soberanía o de interés social, el Estado, mediante ley aprobada por la mayoría de los miembros de una y otra cámara, por iniciativa del Gobierno decide reservarse determinadas actividades estratégicas o

servicios públicos, deberá indemnizar previa y plenamente a las personas que, en virtud de dicha ley, queden privadas del ejercicio de una actividad lícita...”

También está el Código de Petróleos (1953), establecido en el Decreto 1056, del 1953, el cual reglamenta las disposiciones relativas a “las mezclas naturales de hidrocarburos que se encuentran en la tierra, cualquiera que sea el estado físico de aquéllas, y que componen el petróleo crudo, lo acompañan o se derivan de él; se regula la propiedad, utilidad y forma de explotación de estos y sus derivados. También se da la regulación general de este sector, el cual se divide en dos partes: la primera contiene las disposiciones normativas y la segunda asume las disposiciones reglamentarias.

En las disposiciones y Decretos, están el 1056, del 1953, ha sido desarrollado por los decretos 1717 de 2008 por el cual se modifica el Decreto 4299 (2005) y se establecen otras disposiciones, 1333 (2007), por el cual se modifica el Decreto 4299 (2005), se establecen otras disposiciones, 2400 de 2006 por el cual se regula la construcción de interconexiones internacionales de Gas Natural, 2165 (2006), por el cual modifica parcialmente el Decreto 4299 (2005), 3563 (2003), por el cual se modifican los artículos 10 y 11 del Decreto 1503 (2002), 1503 (2002), por el cual se reglamenta la marcación de los combustibles líquidos derivados del petróleo en los procesos de almacenamiento, manejo, transporte y distribución, 624 de 1994 por el cual se adopta el Procedimiento de Selección para la Contratación de Gasoductos de Uso Público, 408 de 1993 por el cual se reglamenta parcialmente el artículo 46 del Decreto-Ley 1056 (1953) y 625 (1992); se reglamenta parcialmente el capítulo VIII del Decreto 1056 (1953), 609 (1990); Capítulo VII del Decreto -Ley 1056 (1953).

Ahondando en otros Decretos y Resoluciones, la normativa colombiana que determina los criterios que inciden sobre los procesos de Refinación del petróleo y el manejo de protección ambiental que requiere para resguardar la vida y la salud de los trabajadores petroleros y de las comunidades en general. Está el Acuerdo 04, del 2012, en el cual se establecen criterios de administración y asignación de áreas para exploración y explotación de los hidrocarburos propiedad de la nación; se expide el reglamento de contratación correspondiente; el Acuerdo 03, del 2014, que se adiciona al Acuerdo 4, también del 2012, donde se Reglamenta la Contratación para Exploración y Explotación de Hidrocarburos, parámetros y normas aplicables al desarrollo de yacimientos no convencionales; la Resolución 866, del 2014, donde se declara desiertas áreas dentro del proceso competitivo Ronda Colombia; el Acuerdo 02, del 2015, adicionando el Acuerdo 4 del 2012, donde orienta la norma a incorporar al Reglamento de Contratación para Exploración y Explotación de Hidrocarburos, reglas y medidas iniciales y coyunturales encaminadas a mitigar los efectos adversos de la caída en los precios internacionales del petróleo, en los niveles de producción o en los de reservas; el Acuerdo 03, del 2015, que adiciona el Acuerdo 4 del 2012, normas que modifican a su vez por los acuerdos 3, 2014 y 2 del 2015, adicionando otras disposiciones, con el objeto de incorporar al reglamento de contratación para la exploración y explotación de hidrocarburos, reglas y medidas coyunturales encaminadas a mitigar los efectos adversos de la caída de los precios internacionales del petróleo.

En un aparte importante aparece el Acuerdo 04, del 2015, el cual adiciona el Acuerdo 4, de 2012, con el objeto de incorporarse al Reglamento de Contratación para

Exploración y Explotación de Hidrocarburos, encaminado a mitigar los efectos adversos de potencial caída en los precios internacionales del petróleo; el Acuerdo 05, del 2015, por el cual se corrigen expresiones del Acuerdo 3, del mismo 2015, en la figura del Decreto 1073 de 2015, que aborda las relaciones en el Sector Administrativo de Minas y Energía. Art 2.2.1.2.1.9., Prórroga del periodo de explotación, contrato sobre exploración y explotación de petróleo; y art. 2.2.1.1.1.1., de fiscalización/supervisión de la actividad petrolera.

La Resolución 40048, del 2015, establecen medidas en materia de exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos convencionales continentales y costa afuera; la Resolución 49396, del 2015, modifica la Resolución 181495 de 2009, en lo relacionado con las medidas en materia de exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos convencionales continentales y costa afuera.

En cuanto a la Resolución 41251, del 2016, se da la medición del volumen y la determinación de la calidad de los hidrocarburos producidos en el país para la adecuada liquidación de las regalías y contraprestaciones económicas en favor del Estado.

Liquidación, recaudo, distribución y seguimiento a las regalías.

En la Ley 1530, del 2012, se regula la organización y el funcionamiento del Sistema General de Regalías; a esta postura se adhiere el Decreto único reglamentario del DNP 1082, del 2015, título 4, donde se aborda el sector administrativo de planeación nacional, título 4 (Sistema General de Regalías). El Decreto 1073, del 2015, legisla el sector administrativo de Minas y Energía; en la Sección 1.2., sobre yacimientos ubicados en dos o más entidades territoriales, se impone una legislación de amparo y

resguardo a los procesos de transformación industrial que se dan en las Refinerías; la Resolución 164, del 2016, aborda los procedimientos y plazos de liquidación; precio base de liquidación de regalías generadas por la explotación de crudo y el manejo de anticipo de liquidación de regalías, y se dictan otras disposiciones; la Resolución 165, del 2016, parte de una percepción del precio base de liquidación de regalías generadas por la explotación de gas y el manejo de anticipo de liquidación de regalías, y se dictan otras disposiciones.

La Resolución 167, del 2016, que modifica parcialmente la Resolución 164, también del 2015, hace valer los procedimientos y plazos de liquidación, precio base de liquidación de regalías generadas por la explotación de crudo y el manejo de anticipo de liquidación de regalías, y se dictan otras disposiciones.

El tema medioambiental se aborda con el Decreto 2041, del 2014, por el cual se reglamenta el título VIII de la Ley 99 de 1993, sobre licencias ambientales. Se apoya en el Decreto 1076, del 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, y se modela un criterio de transparencia y acceso a la información pública, según la Ley 1712, del 2014, norma orientada a fortalecer las bases del derecho de acceso a la información pública nacional, según aparece estipulado en las disposiciones constitucionales, artículo 20, Constitución Política de Colombia (1999).

5. Diseño Metodológico

5.1. Tipo y Enfoques de Investigación

El presente proyecto se puede reconocer como experimental en tanto se busca aplicar una metodología para solucionar un problema que determina la productividad del proceso estudiado, para ello se propone el desarrollo de unas prácticas de laboratorio que garantizan conocer la eficacia del proceso sugerido a la empresa. El mismo estudio es de enfoque cuantitativo en tanto a través de datos numéricos se pueden dimensionar cada una de las variables que intervienen en el proceso de la empresa.

5.2. Variables de Medición (Si aplica)

Se utilizan en el trabajo de investigación para designar cualquier característica de la realidad que pueda ser determinado por observación y que pueda mostrar diferentes valores de una unidad de observación a otra. Existen varias maneras de clasificar las variables, las más importantes son: variables independientes, dependientes e intervinientes.

5.3. Diseño de la investigación

Los proyectos factibles, volviendo a las ideas de Balestrini (2013), están enmarcados en un diseño especificado por controlar las variables, en relación con su contexto; presentando alternativas válidas que solucionan una necesidad determinada. Esto indica que el investigador debe decir dónde va a realizar la recolección de la información, atendiendo al entorno natural o en un ambiente de laboratorio. Para el presente caso, la investigación es de carácter no-experimental, como diseño, porque no

manipula ni altera el entorno para probar hipótesis u objetivos, sino que trabaja con sus elementos al natural.

De este modo, según Tamayo (2014), se sustentan las etapas de los proyectos factibles en varias fases o momentos: Fase I.- La constituye la parte diagnóstica del estudio, donde se describe de manera objetiva la situación que se desea mejorar; Fase II.- Se ahonda en la realidad objeto de estudio y por la vía de un instrumento de recolección de información multivariable, se mide la factibilidad de que una situación problema determinada afecta de tal modo el contexto que requiere una solución inmediata; y la Fase III.- Se orienta al análisis e Interpretación de la información obtenida de la aplicación del instrumento, y en base a estos datos se presenta el diseño de la propuesta.

El diseño de la propuesta, en percepción de Tamayo (2014), es la fase en la cual se define el proyecto con fundamento en los resultados del diagnóstico. Es en esta fase que se plantea el diseño de la solución a las necesidades, con especificación del modelo, objetivos, metas, procesos técnicos, actividades, recursos y calendarización.

5.4.Unidad de Estudio o Muestra (Si aplica)

En percepción de Arias (2012), "...la población se refiere a un conjunto de elementos, seres o eventos, concordantes entre sí en cuanto a una serie de características, de los cuales se desea obtener alguna información" (pág. 54) . En cuanto a la muestra, según Tamayo (2014), la define como la "...porción de la población que se forma para realizar el estudio, la cual se considera representativa de la población" (pág. 98). En este sentido, la población objeto de estudio está conformada por el personal de la

Vicepresidencia de Operaciones, conformada por el Gerente de Higiene y Seguridad, quien dirige y asegura el Sistema de Gestión de Salud, Seguridad en el Trabajo y Ambiente, alineado con la política de higiene y seguridad de la Refinería de Cartagena, evitando los riesgos que puedan generar accidentes, enfermedades laborales, y afectación al ambiente cumpliendo con la legislación colombiana; el Gerente de Gestión de Operaciones, que es el encargado de asumir el liderazgo de los temas estratégicos de planeación y operación de Reficar para lograr la optimización del activo, verificando y aprobando los planes operativos que garanticen los mejores beneficios para la organización manteniendo la correcta relación con las proyecciones financieras dentro del marco de los contratos de "Operación y Mantenimiento" y "Mandato para la Planeación y Comercialización" de la refinería de Cartagena, haciendo el seguimiento y gestión a los indicadores fijados al operador. Por último, la Gerencia de Zona Franca, en la cual se diseña e implementan las estrategias que debe seguir la compañía en el tema de zona franca de acuerdo con la estrategia corporativa, garantizando que todas las operaciones se realicen bajo la normatividad del régimen franco, asegurando la maximización de beneficios económicos y operativos que impacten positivamente la organización.

En la Refinería está el área de operaciones que es la que tiene la competencia de decidir si en razón de los elementos que puedan observarse en lo concerniente a la soda gastada, consideran que es necesario generar una guía de sistematización de procesos que permita neutralizar esa soda gastada y disminuir el riesgo de contaminación que una situación como la descrita es capaz de causar al medio laboral y al ambiente. Se estima que el número de sujetos en puestos claves de planificación y administración de la

gestión de riesgo de operaciones llegue a treinta (30) personas, incluyendo los altos gerentes. Se tiene así, una población que bien se puede trabajar para medir en ella su percepción acerca del problema descrito y la factibilidad técnica y administrativa de que la creación de una guía que sistematice el retrolavado del filtro de arena como proceso de neutralización de sodas gastadas, para minimizar la contaminación que este estadio del proceso de refinación, causa al ambiente laboral y natural.

5.5.Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En acepción de Balestrini (2013), "...la técnica es el procedimiento o forma particular de obtener datos o información" (pág. 119). Bajo esta perspectiva, para el presente estudio se proyecta aplicar la técnica de la encuesta, definida como una técnica que busca obtener información que suministra la población objeto de estudio, acerca de la necesidad real de someterse a un plan estratégico que mejore las relaciones humanas y laborales; también, se utilizará las técnicas de observación documental y presentación resumida; Balestrini (2013), señala que estas técnicas "...facilitan la redacción de los contenidos teóricos de la investigación" (pág. 122).

5.6.Fases y Actividades Metodológicas

El procesamiento y análisis de los datos, se realizó a través de procedimientos propios de la estadística descriptiva, consistente en cuadros de frecuencia con sus respectivos porcentajes, gráficos, su análisis e interpretación. Donde, en apreciación de Tamayo (2014), esta herramienta facilita al investigador agrupar, organizar, e interpretar los datos obtenidos.

En general se llevarán a cabo tres etapas fundamentales, en la primera etapa se hará un diagnóstico sobre el estado del sistema de retrolavado para lo que es fundamental contar con la experiencia de un técnico en pruebas de laboratorio sobre el estado de las partes que integran el filtro. La segunda etapa tiene que ver con la identificación de los métodos disponibles para desarrollar el proceso de retrolavado, en esta parte, se hará uso de la verificación de cada uno de los métodos que puedan satisfacer las variables del proceso en función de la eficacia y eficiencia dentro de la empresa. Por último, la tercera etapa tiene que ver con el proceso de desarrollo de una propuesta de sistema de retrolavado del filtro de arena en el proceso de neutralización de sodas gastadas. Para ello, es importante considerar las necesidades identificadas en el diagnóstico y los métodos disponibles que más se ajusten a la empresa.

6. Diagnóstico del proceso de retrolavado al filtro de arena de la unidad

En el caso objeto de estudio, la Refinería de Cartagena, es significativo reseñar de ella los últimos avances que ha experimentado (desde su modernización en el 2015), tanto en su productividad como compañía de procesamiento de hidrocarburos, como en su política ambientalista. La Refinería de Cartagena, cuenta hoy día con una infraestructura moderna y segura, pasando de ser una empresa receptora de crudo a una industria de procesamiento bajo condición de alta tecnología en la región Caribe, mostrando crecimiento y bienestar tanto para los cartageneros como para el país.

Entre enero y septiembre de 2019, reseña el diario “El Universal” (2018), las treinta y cuatro unidades que conforman la Refinería de Cartagena y que operan a plena marcha, refinaron un promedio de ciento cincuenta y cinco mil barriles día de crudo. Los barriles de petróleo procesados por la Refinería de Cartagena se transformaron en los combustibles más limpios que se hayan refinado en el país: diésel de menos de diez partes por millón de azufre (ppm) -cuando la norma exige 50 ppm- y gasolinas de 50 ppm, muy por debajo de la exigencia de la regulación que en la actualidad es de 300 ppm.

En un aspecto general, la reseña de Informe Empresarial del diario “El Universal”, destaca:

Por tratarse de una Refinería de alta conversión transforma 97,5% del crudo que recibe, en productos valiosos para el mercado, combustibles limpios más amigables con el ambiente. Y el 2,5% restante lo convierte en productos como coque y azufre que se venden a las industrias siderúrgicas y de fertilizantes, respectivamente. Podemos decir que en la refinería de Cartagena se exprime hasta la última gota de la naranja... Gracias a

la optimización de la operación, entre enero y septiembre de 2019, se vendieron 43,8 millones de barriles de productos, por valor de US\$2.888 millones, de los cuales 21,6 millones de barriles correspondieron a combustibles que abastecieron la totalidad de la región Caribe y el mercado nacional. A destinos internacionales se exportaron 22,2 millones de barriles de productos por US\$1.358 millones... Por otra parte, en los primeros nueve meses del año, la refinería se cargó en un 86% con crudos nacionales, mientras 14% fueron importados, gracias a las mejoras operacionales y en eficiencia que se vienen implementando...

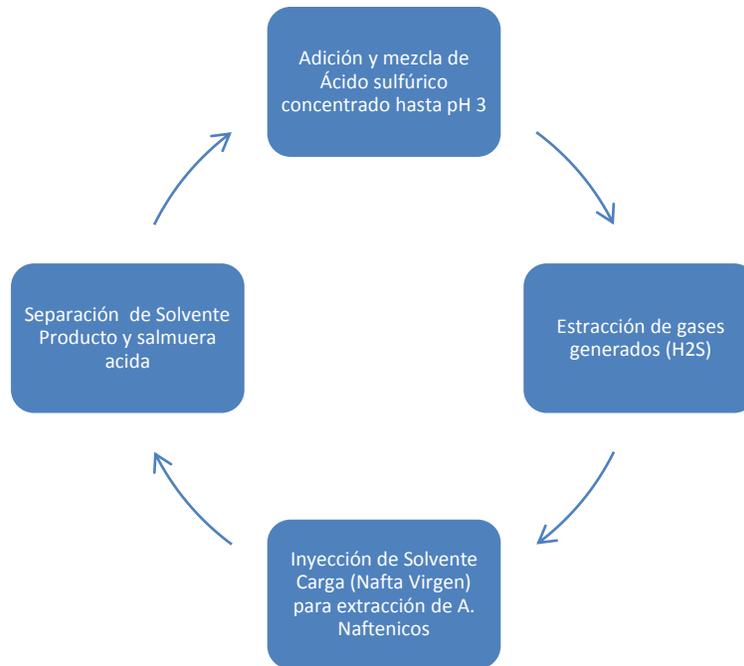
Otro logro importante de estos primeros nueve meses del año se dio con el aumento del octanaje de 87 a 91 octanos en la gasolina extra, gracias al incremento del componente alquilato en la mezcla. Este logro se traduce para el usuario final en el mejor desempeño de los motores de los vehículos a gasolina. Se entregó primero a la región Caribe y luego, a partir de octubre, comenzaron los despachos desde Barrancabermeja para el resto del país... También se alcanzaron logros este año en el campo de la seguridad industrial. La ARL Sura reconoció a Refinería de Cartagena, con el primer puesto en la zona Caribe, en la categoría Empresas Saludables y Seguras, por sus esfuerzos en la transformación en cultura de seguridad (El Universal, 2018, pág. 2).

En la actualidad en la empresa Ecopetrol S.A, se cuenta con una unidad de proceso llamada Unidad de Tratamiento de Sodas Gastadas (U-300) encargada de tratar las sodas gastadas provenientes de unidades como la U100, U111, normalmente ricas en ácidos Nafténicos, compuestos azufrados y en cierta medida fenoles. Cuando la unidad se

encuentra en modo Nafténico, cargando soda Nafténica de la U100, el proceso se compone de las etapas:

Figura 1

Proceso de tratamiento de sodas gastadas (U-300)



Nota: la figura 1 describe de manera general las etapas del proceso de tratamiento de sodas en la U-300 de la Refinería.

En la etapa de adición de Acido a la soda gastada, se acidifican los aniones bisulfuro, fenolato, Naftenato yendo en orden descendente de pH, liberándose de esta forma y respectivamente, H₂S, Fenoles y Ácidos Nafténicos. Las dos últimas especies son solubles en medio oleoso y son arrastradas por la solvante carga el cual se estaba enviando a tanque de Nafta Virgen en la unidad de Materias Primas. Después de la etapa de separación de Solvente Producto y Salmuera acida, el solvente es filtrado con arena en el tambor D-505 con el fin de minimizar arrastre de salmuera y partículas a la unidad de materias primas.

6.1.Generalidades del proceso

En el proceso se tiene inicialmente el tratamiento de Merichem, esta describe de manera detallada el proceso de neutralización de las corrientes de sodas Naftenica y sodas sulfhídricas, por medio de la inyección de ácido sulfúrico. Utiliza la tecnología patentada MERICON™ de Merichem para eliminar por medios químicos los aceites ácidos y los gases ácidos cautivos de los flujos de soda cáustica gastada. Discute en detalle el flujo de sodas gastadas y neutralizadas y las corrientes despojadas de ácido sulfhídrico, dióxido de carbono y mercaptano. La Figura 3-8. Merichem, se encuentra al final de la discusión de esta sección. Puede usarse a la par con la explicación del flujo de proceso para facilitar la discusión.

El objetivo de la tecnología de neutralización en esta aplicación es doble:

1) Neutralizar y tratar soluciones cáusticas efluentes de manera que la salmuera resultante se pueda enviar a una planta de tratamiento de aguas residuales y

2) reconstituir y separar los aceites y gases ácidos débiles que puedan estar presentes en la salmuera. La neutralización se realiza por medio del agregado de suficiente ácido al flujo cáustico para convertir el NaOH libre en sulfato de sodio.

Esta sección trata los siguientes temas:

- Tratamiento de Soda Gastada Modo Soda Naftenica.
- Tratamiento de Soda Gastada Modo Soda Sulfhídrica.
- Sumidero de Drenajes Ácidos ME-803
- Almacenamiento y preparación de sodas.

Por otro lado, se tiene el tratamiento de soda gastada modo soda Naftenica. La Unidad de tratamiento de Soda Gastada Modo Naftenica está diseñada para un caudal de entrada de 10gpm. La salmuera neutralizada obtenida como producto del proceso debería contener una cantidad aproximada de menos de 20 ppm por peso de sulfuros, menos de 500 ppm por peso de compuestos fenólicos, menos de 2.000 ppm por peso de COD y tener pH neutro (entre 6 y 8).

Las sodas gastadas Naftenica, procedente de la Unidad de Destilación Combinada 2 (Atmosférica y de Vacío) U-100, tienen la facilidad de recibir soda neutralizada o salmuera fuera de especificaciones, procedente de la Bombas de Solución Neutralizada P-505/06 (Skid 600), posteriormente reciben el flujo de recirculación de las Bombas de Carga Naftenica P-511/12 antes de ingresar al Tanque de Alimentación de Soda Nafténica TK-3113. El tanque funciona en modo por lotes y drena de nivel alto a nivel bajo a 10 gpm, mientras que el flujo de ingreso permanece constante en 0,6 gpm (diseño en 0,8 gpm). Cuando el nivel del tanque es bajo, el sistema cambia a procesamiento de sosa cáustica sulfhídrica de los tanques TK-700 o TK-3113. Los LI-5101/02 indican el nivel de soda Naftenica en el TK-3113, mientras que la válvula FV-5101 y el FIC-5101 se encargan de controlar el flujo, este último con set point de 10gpm, alarma de baja de 8gpm y alarma de alta de 12gpm.

Con el Nivel alto en TK-3113 la LAH-5101 envía una señal al DCS para que el operador ponga en funcionamiento manualmente la bomba P-511/512, a fin de que comience a procesar la sosa cáustica Nafténica en 300-D-501. A Nivel bajo en el tanque de alimentación la LAL-5101 envía una señal a DCS para que el operador apague

manualmente la bomba P-511/512. Las bombas tienen dispositivos de detención automática en LALL-5102.

El selector manual de tres posiciones HS-5103 se utiliza para seleccionar manualmente cada tanque acuerdo al tipo de soda gastada que será procesada. Los valores de set point, alarmas y estado de los equipos varían dependiendo de la selección del lote. En el caso de la soda naftenica el HS-5103 es colocado en la posición 1, para la operación desde el TK-3113.

La soda Naftenica a aproximadamente 100°F es succionada del TK-3113 por las Bombas de Carga Naftenica P-511/12. La descarga de las P-511/12 es enviada hacia los filtros tipo canasta STR-503/04, La soda Naftenica agotada debería circular por un solo filtro tipo canasta a la vez, de manera que un filtro limpio esté siempre disponible en modo de espera. Adicionalmente, cuenta con una línea de retorno como reflujó mínimo hacia el TK-3113.

La soda Naftenica sale de los STR-503/04 a un flujo aproximado de 10 gpm indicado por el FI-5101 hacia el Reactor Agitador D-501.

Esta sección trata los siguientes temas:

- Reactor Agitador D-501 y Mezclador MX-501.
- Separador Aceite Acido D-502.
- Despojador de Gas Acido D-504.
- Despojador Lavado con Solvente D-503 y Contactor X-501

En secuencia se tiene el reactor agitador D-501 y mezclador MX-501. Su función principal, es acidificar la corriente caustica a un pH establecido entre 2 y 3, usando una

concentración de ácido sulfúrico. Esta acidificación regenera los gases ácidos originales, como H₂S, CO₂ y Mercaptanos y los aceites ácidos fenólicos, como cresílico y compuestos nafténicos, retirados de los compuestos hidrocarburados de la refinería.

La Soda Naftenica proveniente de los STR-503/04 y que tiene la facilidad (válvula normalmente cerrada) de recibir soda neutralizada de la descarga de las P-501/02 que pasa a través del Enfriador E-501 ingresa por la parte inferior del D-501 (Este enfriador no es empleado en el modo de operación con Soda Naftenica).

El Ácido sulfúrico a una concentración de 98% en peso, es suministrado por el proveedor y almacenado en a el Tambor de Ácido Sulfúrico D-301, a través de la Bomba de Adición de Ácido Sulfúrico P-310, la cual descarga hacia el D-301. Posteriormente es inyectado hacia el Reactor agitador D-501 a través de las Bombas de ácido sulfúrico P-302A/B.

En el D-501 se acidifica el flujo cáustico a un pH de entre 2 y 3 mediante el uso de ácido sulfúrico concentrado al ponerse en contacto la soda gastada y el ácido sulfúrico, logrando una mezcla uniforme ayudada por el Mezclador MX-501, Esta acidificación regenera los gases ácidos (H₂S, CO₂ y Mercaptanos) y los aceites ácidos (compuestos fenólicos/cresílicos y nafténicos). La adición de ácido sulfúrico opera de la siguiente manera: el analizador en línea AIC 5401 ubicado en la línea de Soda hacia el tambor separador de aceite acido D-502, al analizar el pH de la corriente de soda envía una señal al arranque automático de las P-302A/B que, al recibir la señal de encendido del controlador de pH, AIC-5401, arranca e inyecta el ácido sulfhídrico al D-501. El LI-3041 indica el nivel de ácido el D-301. Al agregar ácido sulfúrico, el pH comienza a caer. A

medida que caiga el pH, los ácidos más débiles serán los primeros en reformarse y separarse de la fase de agua salada (salmuera).

Dado que el efecto general de las reacciones es exotérmico, los productos del reactor subirán un poco de temperatura. Sin embargo, el incremento de temperatura de la salmuera puede ser beneficioso, ya que las temperaturas altas mejoran la desgasificación de los gases ácidos y la separación en fases. Si la temperatura supera los valores de funcionamiento normales, se puede enfriar el producto del reactor con un circuito de salmuera reciclada a través del enfriador de salmuera ácida (E-501), el TIC-5401, ajustado normalmente en 130°F, abre la TV-5401 que incrementa el flujo de salmuera reciclada a D-501 y baja la temperatura. o por inyección directa de agua.

Si la Temperatura baja en D-501 el TIC-5401 cierra la TV-5401, disminuye el flujo de salmuera reciclada a D-501 y aumenta la temperatura. La soda cáustica gastada de alimentación puede tener una temperatura inferior a la normal debido a la operación en bloque. Una concentración menor de NaOH y de impurezas en la sosa cáustica agotada también podría reducir el calor de la reacción y, por lo tanto, causar que la temperatura del producto del reactor sea más baja. Si la temperatura del producto del reactor baja demasiado como para que la separación de fases y el tratamiento de la salmuera sean eficaces, se puede inyectar vapor directamente en la salmuera a través de un calentador de vapor (E-502) para calentar la salmuera ácida reciclada del reactor y el separador de tres fases que se encuentra más adelante en el sentido del flujo.

Adicionalmente a las corrientes de entrada de ácido sulfúrico y soda naftenica, es inyectado nitrógeno por la parte superior del Reactor agitado D-501a un flujo indicado en

el FI-5401 que envía señal al FALL-5401 con set point de 2scfm, esto con el fin de proteger líneas y equipos de la corrosión, además de mantener la presión dentro del mezclador 3 psi más alta que la presión del reactor D-501.

La corriente de gas ácido sale por la parte superior del D-501 y fluye hacia la parte superior del Separador de Aceite Acido D-502.

La soda neutralizada con contenido de sales disueltas en forma de salmuera pasa por el controlador de temperatura TIC-5401 el cual está inhabilitado para el modo de carga con soda Naftenica.

La corriente de soda neutralizada continua su flujo a una temperatura aproximada de 130°F indicada en el TI-5402 y por los Analizadores de pH AI-5401/02 los cuales envían señal al selector HS-5401 y este a su vez envía señal al controlador de pH AIC-5401 con set point a un pH de 3, alarma por baja a un pH de 2 y alarma por alta a un pH de 4.

La soda neutralizada cuenta con una facilidad de recibir una corriente de nafta virgen procedente del Separador Lavado Con Solvente D-503 antes de ingresar a la parte inferior al D-502.

Adicional, se encuentra el separador aceite acido D-502. Este permite la eliminación y separación de los gases ácidos, solvente gastado con aceites ácidos y soda neutralizada con alto contenido de cloruros. La soda neutralizada disuelta con nafta virgen y los gases ácidos, procedente del Reactor Agitador D-501, llega al D-502. El nitrógeno ingresa a la parte superior del separador D-502 a un flujo indicado por el FI-5503 y circula por la interfaz solvente/gas como un barrido, y de ese modo elimina los

gases ácidos a medida que se separan de las capas de solvente y salmuera. El flujo de nitrógeno se mantiene constante con FI-5503/válvula de esfera manual para extraer el gas ácido del separador D-502.

Los gases ácidos y el nitrógeno salen por la parte superior del D-502 y reciben la corriente de gases ácidos proveniente del Despojador de Gas Acido D-504. Posteriormente pasan por la válvula de control de presión del D-502, PIC-5501 ajustada a 30psig, que controla la presión por medio del flujo de gas ácido, abriendo o cerrando la PV-5501, para dirigirse hacia la Unidad de Regeneración de Amina U-120. El tambor separador de aceite ácido D-502 cuenta con una válvula de seguridad PSV-5501 a un set point seleccionado de 110psig.

El Nivel de interfaz (inferior) de solvente/salmuera ácida en el D-502, NIL es igual a 14", este nivel es indicado y controlado por el LIC-5501A, a un nivel alto el LIC-5501A con set point de 46% cambia el punto de referencia de FIC-5903, que abre la FV-5903 incrementando el flujo de salmuera ácida de D-502 y baja el nivel; a un nivel bajo, cierra la FV-5903 disminuyendo el flujo de salmuera ácida de D-502 y sube el nivel. El FIC-5903 tiene alarma por bajo y alto establecidos en 7 y 11.5gpm respectivamente. Igualmente, el Nivel de líquido total de solvente (aceites ácidos), NIL es de 40", este nivel es indicado y controlado por el LIC-5501B, a un nivel de líquido alto de solvente/aceite ácido en D-502 el LIC-5501B cambia el punto de referencia de FIC-5502, que abre FV-5502 incrementando el flujo de solvente/aceites ácidos de D-502 y baja el nivel, a un nivel de líquido bajo de solvente/aceite ácido en D-502 se cierra FV-5502, disminuyendo el flujo de solvente/aceites ácidos de D-502 y sube el nivel.

La soda neutralizada con contenido de cloruros y aceites diluidos emulsionados es succionada de la parte inferior de la interface del D-502, hacia la succión de las Bombas de Salmuera acida P-501/02 con capacidad de 37gpm, su flujo se divide en dos corrientes: la primera como recirculación hacia el D-502 y la segunda hacia el Precalentador E-502.

El vapor de 150psig a una presión controlada por el PIC-5009 se mezcla en el Decalentador DS-801 con condensado que ingresa con un flujo indicado por el FI-5001. La temperatura de salida de vapor del DS-801 se controla mediante el TIC-5009 actuando sobre la cantidad de condensado que ingresa al DS-801. El FI-5501 indica el flujo de vapor que ingresa al E-502.

En el Precalentador E-502 se calienta la salmuera acida hasta 140°F por inyección de vapor saturado directamente en la salmuera a aproximadamente 348°F y 100psig, con el fin de elevar la temperatura de la salmuera lo suficiente para que la eliminación de los gases ácidos sea eficaz. La temperatura es controlada por el TIC-5501 que actúa sobre la entrada de vapor al E-502, abriendo o cerrando la TV-5501. El TI-5502 indica la temperatura de salmuera acida a la salida del Precalentador E-502, posteriormente su flujo se divide en dos corrientes: Una Corriente principal hacia el Despojador de Gas Acido D-504 y una secundaria hacia el Enfriador de Salmuera acida E-501, que para este modo de operación no se utilizara.

La corriente de solvente gastado con aceites ácidos que sale del D-502, es succionado por las Bombas de Solventes Ácidos P-503/04. La cuales descargan a través del controlador de Flujo FIC-5502 que trabaja en cascada con el controlador de nivel

LIC-5501B, hacia el Filtro de Arena D-505, la finalidad del D-505 es capturar la salmuera ácida del solvente/aceite ácido para reducir el contenido de sodio y los efectos corrosivos de la salmuera de bajo pH. El PDI-5801 indica el diferencial de presión entre la entrada y la salida del D-505, lo normal es que este valor sea menor que 8. El D-505 cuenta con la facilidad de ingresar agua de proceso por la parte inferior que permite el lavado a contracorriente del filtro, además el D-505 se debe drenar de manera regular para remover la salmuera ácida del solvente consumido y evitar posible corrosión por su acumulación. El solvente Gastado Producto sale por la parte inferior del D-505, hacia la Unidad de Materias Primas y Productos U-146.

También se tiene el despojador de gas ácido D-504, en este se elimina la mayoría de los H₂S soluble residuales, CO₂ y Mercaptanos, de la corriente de salmuera ácida.

La salmuera ácida succionada del D-502 es descargada a través de las P-501/02, donde uno de sus flujos se dirige hacia la parte superior del lecho empacado del D-504 a un flujo controlado por el FIC-5903, ajustado normalmente en 10,2gpm, el cual trabaja en cascada con el controlador de nivel LIC-5501A y recibe señal directa del selector HS-5501.

El flujo de salmuera ácida se pone en contacto en contra corriente con una inyección de nitrógeno, que entra por la parte inferior del lecho empacado del D-504 a un flujo controlado por el FIC-5902 a un caudal normal de 25 scfm (pies cúbicos estándar por minuto), por medio de la actuación de la FV-5902, este contacto permite eliminar la mayoría del H₂S, el CO₂ y los Mercaptanos residuales solubles de la salmuera ácida, con el fin de despojar los gases ácidos de la corriente de salmuera ácida. Los gases

despojados (H₂S, CO₂, Mercaptanos y Nitrógeno), salen por la parte superior del lecho empacado, por medio de esta corriente acida es posible controlar el diferencial de presión en el Despojador de gas acido D-504 a través del controlador indicador de diferencial de presión PDIC-5901, esta corriente se une con el flujo de salida de gas acido del Separador de gas acido D-502 para finalmente dirigirse hacia la Unidad de Regeneración de Amina U-120.

La salmuera acida, luego de pasar por el lecho, registran nivel en el D-504 por intermedio del LI-5902. El control del nivel de salmuera acida en el D-504 es realizado por medio del LIC-5901 quien trabaja en cascada con el FIC-5901, para abrir o cerrar la FV-5901, la corriente de salida de salmuera acida se dirige hacia el Contactor X-501 y continua al D-503. El despojador de gas acido D-504 cuenta con una válvula de seguridad PSV-5901 con set point de 190psig.

Por su lado, el separador de lavado con solvente D-503 y contactor X-501 tiene la función principal de extraer los aceites ácidos solubles, fenoles y trazas de gases ácidos, de la Salmuera acida. La corriente de Salmuera acida llega a la parte superior del Contactor Fiber Film® X-501 con un flujo controlado por el FIC-5901, poniéndose en contacto con la inyección de solvente de nafta virgen a aproximadamente 125°F procedente de la Unidad de Materias Primas y Productos U-146. El solvente de nafta pasa inicialmente por los Filtros tipo canasta STR-501/02 e ingresa al X-501 a un flujo aproximado de 30 gpm, controlado por el FIC-5601 que actúa abriendo o cerrando la FV-5601. En el X-501 se realiza la extracción de los aceites ácidos solubles, los fenoles y las trazas restantes de los gases ácidos de la salmuera ácida.

El Contactor X-501 está cubierto de fibra compacta, proporcionando un entorno turbulento, creando una mayor área superficial donde la extracción y separación de los aceites solubles y gases ácidos se ve favorecida, la soda gastada neutralizada, libre de contaminantes se adhiere (ajusta) a la fibra, que se extiende hacia la parte inferior en fase acuosa del D-503.

Por la parte superior del D-503, fluye la nafta virgen y los aceites solubles, comunicándose con la línea secundaria y facilidad para inyectar nafta de virgen directamente hacia Separador Aceite Acido D-502. El separador lavado con solvente D-503 cuenta con una válvula de seguridad PSV-5601 en la línea de flare, con set point de 190psig.

El LI-5602 indica el nivel de la interface salmuera acida/solvente, decantada en el D-503. El LIC-5601 indica y controla el nivel de salmuera acida/solvente mediante el flujo de salmuera acida, enviando señal al FIC-5602 que actúa abriendo o cerrando la FV-5602 para incrementar o disminuir el nivel de la interface en el tambor separador D-503, la corriente de salmuera acida que sale por la parte inferior del D-503 a través de la FV-5602 se dirige hacia el Tambor de neutralización D-802 a un flujo aproximado de 7gpm, esta corriente recibe una inyección de recirculación de las Bombas de Solución Neutralizada P-505/06 que succionan del D-802 y una inyección de soda fresca de 5°B, de la descarga de las Bombas de Soda Fresca HS-P-302A/B, ubicada en la sección de almacenamiento y preparación de sodas.

El Tambor de neutralización D-802 proporciona tiempo de permanencia y volumen de retención para asegurar que se haya logrado un buen mezclado y la reacción

a un pH normal antes de descargar la salmuera hacia la Unidad de tratamiento de aguas residuales.

La soda fresca necesaria para la neutralización ingresa a un flujo aproximado de 0.81 gpm, controlado por el FIC-5703 el cual trabaja en cascada con el analizador de pH secundario AIC-5701A, ubicado en la línea de salida del Mezclador estático MSP-501 que va hacia el D-802.

Las corrientes de salmuera acida, soda fresca de 5°B y la recirculación de soda neutralizada ingresan al Mezclador Estático en línea MSP-501, y continúan su flujo hacia el tambor de Neutralización D-802 a través de los analizadores y controladores de pH AIC-5704/5701. Los controladores secundarios AIC-5704/5701 envían señal al selector manual HS-5701 y este a su vez al AY-5701, el cual envía señal al controlador de pH AIC-5701A, este último controlador recibe a su vez señal del controlador primario AIC-5702 ubicado en la línea de recirculación de salmuera neutralizada y envía señal al controlador flujo FIC-5703 con el objetivo de mantener el pH en su punto de ajuste con la inyección de soda a 5°B.

El LI-5702 indica el nivel de salmuera neutralizada en el D-802. El LIC-5701 indica y controla el nivel de salmuera neutralizada en el D-802 a través de la LV-5701, quien recibe señal del LIC-5701 controlando el nivel del tambor. El nivel de soda neutralizada en su pH, es succionada por las Bombas de Solución Neutralizada P-505/6, la cual tiene la facilidad de recibir un corriente (cerrada en operación normal), del Tambor de Almacenamiento de Salmuera Naftenica/Sulfhídrica D-302 A/C, a través del FICV-5007.

El flujo de descarga de las P-505/6, se divide en dos corrientes:

La primera corriente, se envía como recirculación a la corriente de fondos del D-503 que va hacia el MSP-501, con el fin de medir y controlar la variación de pH en el Tambor de Neutralización D-802, por medio de los analizadores y controladores primarios AIC-5702/AI-5703, el AIC-5702 envía señal al elemento secundario AIC-5701A, este último, toma acción sobre FIC-5703, ajustando la dosificación de soda al sistema.

La segunda corriente de descarga de las bombas P-505/6 de salmuera neutralizada pasa a través de la válvula de control de nivel LV-5701, quien recibe señal del controlador de nivel del D-802, LIC-5701. Aguas abajo de esta válvula la soda neutralizada es enviada hacia la unidad de tratamiento de aguas residuales U-143 con la facilidad de enviar soda fuera de especificaciones hacia el Tanque de Soda Naftenica TK-3113 para su reproceso y/o enviarla hacia los Tambores de Almacenamiento de Salmuera Naftenica/Sulfhídrica D-302A/C. En el D-302A/C, el nivel es indicado a través de los LI-3072/82/92 y su corriente de salida es succionada por las P-505/06, registrando y controlado flujo, en el FIC-5007. Solo dos de los tres Tambores de Almacenamiento D-302A/C son necesarios, dejando uno como repuesto.

Finalmente se tiene el tratamiento de soda gastada Modo sodas Sulfidrica. La Unidad de tratamiento de Soda Gastada Modo Sulfhídrica está diseñada para un caudal de entrada de 7gpm. La salmuera neutralizada obtenida como producto del proceso debería contener una cantidad aproximada de menos de 20 ppm por peso de sulfuros,

menos de 400 ppm por peso de compuestos fenólicos, menos de 23.000 ppm por peso de COD y tener pH neutro (entre 6 y 8).

A la sección de tratamiento de sodas gastadas modo sodas sulfhídricas ingresan dos corrientes:

La primera procedente de las unidades de Destilación Combinada (Atmosférica y de Vacío) 2 U-100, Saturación de Gas U-101 y Coquización Retardada U111, con la facilidad de recibir soda neutralizada o salmuera fuera de especificaciones, procedente de la Bombas de Solución Neutralizada P-505/06, y el flujo de recirculación de las Bombas de Carga Sulfhídrica P-513/14 antes de ingresar al Tanque de Soda Sulfhídrica TK-301. Los LI-5201/02 indican el nivel de soda Sulfhídrica en el TK-301, mientras que el FIC-5101 se encargan de controlar el flujo, con set point de 7gpm, alarma de baja de 5gpm y alarma de alta de 8gpm.

El selector manual de tres posiciones HS-5103 se utiliza para seleccionar manualmente cada tanque acuerdo al tipo de soda gastada que será procesada. Los valores de set point, alarmas y estado de los Equipos varían dependiendo de la selección del lote. En el caso de la soda sulfhídrica el HS-5103 es colocado en la posición 2, para la operación desde el TK-301. Cuando el operador selecciona de forma manual la posición 2, se reajustan los set point y alarmas para este proceso, la FV-5101 es cerrada y la válvula de bypass es abierta de forma manual, de igual manera enciende el HS-5104 de la bomba P-513 o P-514 y son apagadas las bombas P-511/512/515/516.

La soda sulfhídrica del TK-301 es succionada por las Bombas de Carga Sulfhídrica P-513/14. En la descarga de las P-513/14 uno de sus flujos se retorna como

reflujo mínimo hacia la corriente de soda sulfhídrica que ingresa al TK-301, el flujo normal de descarga es enviado hacia los filtros STR-503/04, con la facilidad de recibir la corriente de soda sulfhídrica procedente del D-3216 de la Unidad de tratamiento Merox M-002 que llega al TK-700 y es descargada por las P-515/16.

La segunda corriente de soda gastada Sulfhídrica, procedente de la Unidad de Tratamiento Merox M-002, con la facilidad de recibir soda neutralizada o salmuera fuera de especificaciones, procedente de la Bombas de Solución Neutralizada P-505/06 y el flujo de recirculación de las Bombas de Carga Sulfhídrica P-515/16 antes de ingresar al Tanque de Soda Sulfhídrica TK-700. Los LI-5301/02 indican el nivel de soda Sulfhídrica en el TK-700, mientras que el FIC-5101 se encargan de controlar el flujo, con set point de 7gpm, alarma de baja de 5gpm y alarma de alta de 8gpm.

El selector manual de tres posiciones HS-5103 se utiliza para seleccionar manualmente cada tanque acuerdo al tipo de soda gastada que será procesada. Los valores de set point, alarmas y estado de los equipos varían dependiendo de la selección del lote. En el caso de la soda sulfhídrica el HS-5103 es colocado en la posición 3, para la operación desde el TK-700. Cuando el operador selecciona de forma manual la posición 3, se reajustan los set point y alarmas para este proceso, la FV-5101 es cerrada y la válvula de bypass es abierta de forma manual, de igual manera enciende el HS-5104 de la bomba P-5135 o P-516 y son apagadas las bombas P-511/512/513/514.

La soda sulfhídrica del TK-700 es succionada por las Bombas de Carga Sulfhídrica P-515/16. En la descarga de las P-513/14 uno de sus flujos se retorna como

reflujo mínimo hacia la corriente de soda sulfhídrica que ingresa al TK-700 el flujo normal de descarga es enviado hacia los filtros STR-503/04

Las dos corrientes de soda sulfhídrica se unen e ingresan a los STR-503/04 y salen a un flujo aproximado de 7 gpm indicado por el FI-5101 hacia el Reactor Agitador D-501.

Esta sección trata los siguientes temas:

- Reactor Agitador D-501 y Mezclador MX-501.
- Separador Aceite Acido D-502.
- Despojador de Gas Acido D-504.

Reactor Agitador D-501 y Mezclador MX-501. Su función principal, es acidificar la corriente caustica a un pH establecido de 6-7, usando una concentración de ácido sulfúrico. La neutralización elimina el NaOH libre y libera en su totalidad los ácidos débiles: mercaptanos y fenoles/cresoles. La neutralización también libera aproximadamente la mitad del H₂S y parte del CO₂. Los gases y aceites ácidos que permanezcan como sales de sodio a un pH de 7 no se pueden eliminar de la salmuera mediante los procesos posteriores en el sentido del flujo.

La Soda sulfhídrica proveniente de los STR-503/04 tiene un pH entre 13 y 14; este valor depende de la cantidad de NaOH libre que haya todavía presente. En este rango de pH, todas las impurezas ácidas son sales de sodio y, por consiguiente, son muy solubles en la fase acuosa; esta corriente recibe soda neutralizada de la descarga de las P-501/02 que pasa a través del Enfriador E-501 ingresa por la parte inferior del D-501.

El Ácido sulfúrico a una concentración de 98% en peso, es suministrado por el proveedor y almacenado en el Tambor de Ácido Sulfúrico D-301, a través de la Bomba de Adición de Ácido Sulfúrico P-310, la cual descarga hacia el D-301. Posteriormente es inyectado hacia el Reactor agitador D-501 a través de las Bombas de ácido sulfúrico P-302A/B.

En el D-501 se acidifica el flujo cáustico a un pH de entre 2 y 3 mediante el uso de ácido sulfúrico concentrado al ponerse en contacto la soda gastada y el ácido sulfúrico, logrando una mezcla uniforme ayudada por el Mezclador MX-501, Esta acidificación regenera los gases ácidos (H₂S, CO₂ y Mercaptanos) y los aceites ácidos (compuestos fenólicos/cresílicos y nafténicos). La adición de ácido sulfúrico opera de la siguiente manera: el analizador en línea AIC 5401 ubicado en la línea de Soda hacia el tambor separador de aceite ácido D-502, al analizar el pH de la corriente de soda envía una señal al arranque automático de las P-302A/B que al recibir la señal de encendido del controlador de pH, AIC-5401, arranca e inyecta el ácido sulfhídrico al D-501. El LI-3041 indica el nivel de ácido el D-301. Al agregar ácido sulfúrico, el pH comienza a caer. A medida que caiga el pH, los ácidos más débiles serán los primeros en reformarse y separarse de la fase de agua salada (salmuera).

La sosa cáustica sulfhídrica del GPL no debe contener cantidades significativas de fenoles, cresoles y ácidos nafténicos, ya que estos compuestos se condensan en los intervalos de ebullición utilizados para flujos de nafta y querosén más pesados.

Si se ha regenerado (u oxidado) la sosa cáustica sulfhídrica en las unidades anteriores en el sentido del flujo, entonces la mayoría del Na₂S (del H₂S) se habrá

oxidado y convertido en tiosulfato de sodio y la mayoría del NaSR (del RSH) se habrá oxidado y convertido en aceites de bisulfuro (RSSR o DSO). Las únicas impurezas que deberían permanecer como sales de sodio, por lo tanto, son NaOH, tiosulfato de sodio, carbonato de sodio y trazas de Na₂S y NaSR. El pH de la salmuera en el reactor determina qué sales se descomponen para reformar las impurezas ácidas originales.

Al agregar ácido sulfúrico, el pH comienza a caer. Cuando el pH caiga a 7, se eliminará el NaOH. Si se agrega más ácido, el pH caerá a 5 y comenzará la reacción 4. Esta reacción es indeseada, ya que el S sólido que se forma puede obstruir las tuberías si la concentración de tiosulfato de sodio es lo suficientemente alta (más de 0,1% peso). Por este motivo, el procesamiento de sosa cáustica sulfhídrica oxidada sólo puede hacerse con un pH superior a 5.

Dado que el efecto general de las reacciones es exotérmico, los productos del reactor subirán un poco de temperatura.

Los efectos de la temperatura en este sistema son causados por:

- 1) El calor proveniente de la dilución del ácido sulfúrico concentrado, 2) La reacción de neutralización entre la soda cáustica y el ácido sulfúrico y
- 3) Las reacciones por reconstitución de los ácidos orgánicos.

Estos efectos se combinan para producir un proceso moderadamente exotérmico que puede elevar la temperatura de la salmuera acidificada resultante del reactor hasta 225°F, unos 115°F por encima de la temperatura en el ingreso. Debido a que la temperatura de la salmuera neutralizada descargada no debe superar los 140°F y los equipos siguientes en el sentido del flujo, incluidos el propio reactor, están diseñados

para funcionar a 200°F. Sin embargo, el incremento de temperatura de la salmuera puede ser beneficioso, ya que las temperaturas altas mejoran la desgasificación de los gases ácidos y la separación en fases.

Si la temperatura supera los valores de funcionamiento normales, se puede enfriar el producto del reactor con un circuito de salmuera reciclada a través del enfriador de salmuera ácida (E-501), el TIC-5401, ajustado normalmente en 130°F, abre la TV-5401 que incrementa el flujo de salmuera reciclada a D-501 y baja la temperatura. o por inyección directa de agua. Si la Temperatura baja en D-501 el TIC-5401 cierra la TV-5401, disminuye el flujo de salmuera reciclada a D-501 y aumenta la temperatura. La soda cáustica gastada de alimentación puede tener una temperatura inferior a la

normal debido a la operación en bloque. Una concentración menor de NaOH y de impurezas en la sosa cáustica agotada también podría reducir el calor de la reacción y, por lo tanto, causar que la temperatura del producto del reactor sea más baja. Si la temperatura del producto del reactor baja demasiado como para que la separación de fases y el tratamiento de la salmuera sean eficaces, se puede inyectar vapor directamente en la salmuera a través de un calentador de vapor (E-502) para calentar la salmuera ácida reciclada del reactor y el separador de tres fases que se encuentra más adelante en el sentido del flujo.

Adicionalmente a las corrientes de entrada de ácido sulfúrico y soda naftenica, es inyectado nitrógeno por la parte superior del Reactor agitado D-501 a un flujo indicado en el FI-5401 que envía señal al FALL-5401 con set point de 2scfm, esto con el fin de proteger líneas y equipos de la corrosión, además de mantener la presión dentro del

mezclador 3 psi más alta que la presión del reactor D-501. La corriente de gas ácido sale por la parte superior del D-501 y fluye hacia la parte superior del Separador de Aceite Acido D-502.

La soda neutralizada con contenido de sales disueltas en forma de salmuera pasa por el controlador de temperatura TIC-5401. El TIC-5401, envía señal a la válvula TV-5401, para inyectar soda neutralizada fría a la corriente de soda sulfhídrica que ingresa al D-501. La soda fría proviene del Enfriador de Sodas Neutralizadas E-501, a un flujo indicado en el FI-5402.

La corriente de soda neutralizada continua su flujo a una temperatura aproximada de 130°F indicada en el TI-5402 y por los Analizadores de pH AI-5401/02 los cuales envían señal al selector HS-5401 y este a su vez envía señal al controlador de pH AIC-5401 con set point a un pH de 7, alarma por baja a un pH de 6 y alarma por alta a un pH de 8.

Separador Aceite Acido D-502. Permite la eliminación y separación de los gases ácidos y soda neutralizada con alto contenido de cloruros, formado en dos fases en el D-502.

La soda neutralizada y los gases ácidos, procedente del Reactor Agitador D-501, llega al D-502. El nitrógeno ingresa a la parte superior del separador D-502 a un flujo indicado por el FI-5503 y circula por el nivel de la salmuera como un barrido, y de ese modo elimina los gases ácidos a medida que se desgasifican y separan de la salmuera acida. El flujo de nitrógeno se mantiene constante con FI-5503/válvula de esfera manual para extraer el gas acido del separador D-502.

Los gases ácidos y el nitrógeno, salen por la parte superior del D-502 y reciben la corriente de gases ácidos proveniente del Despojador de Gas Acido D-504.

Posteriormente pasan por la válvula de control de presión del D-502, PIC-5501 ajustada a 30psig, que controla la presión por medio del flujo de gas ácido, abriendo o cerrando la PV-5501, para dirigirse hacia la Unidad de Regeneración de Amina U-120. El tambor separador de aceite ácido D-502 cuenta con una válvula de seguridad PSV-5501 a un set point seleccionado de 110psig.

El Nivel de interface (salmuera ácida) es indicado y controlado por el LIC-5501A, a un nivel de líquido alto el LIC-5501A cambia el punto de referencia de FIC-5903, que abre FV-5903 incrementando el flujo de salmuera ácida desde D-502 y baja el nivel, a un nivel de líquido bajo de salmuera ácida en D-502 se cierra FV-5502, disminuyendo el flujo de salmuera ácida y sube el nivel.

Normalmente, no se extrae aceite ácido en esta operación. Sin embargo, si se acumula una capa de aceite en D-502, para eliminarla hay que abrir una de las tres válvulas o boquillas de drenaje de aceite ácido de D-502 y drenar el aceite al tambor subterráneo AR-X-301.

Para este modo operativo no se dispondrá de la corriente interface de solventes ácidos, de tal forma que las Bombas de Solventes Ácidos P-503/04 y el Filtro de Arena D-505, quedara inhabilitado, al igual que los LIC-5501/LI-5501A.

La soda neutralizada con contenido de cloruros y aceites diluidos emulsionados, es succionada de la parte inferior de la interface del D-502, hacia la succión de las

Bombas de Salmuera acida P-501/02 con capacidad de 37gpm, su flujo se divide en dos corrientes: la primera como recirculación hacia el D-502 y la segunda hacia el Precalentador E-502.

Para este modo operativo, el proceso es exotérmico, por lo tanto, no se requiere calentamiento adicional en el E-502, y el sistema quedara fuera de servicio, al igual que todo el sistema de inyección de vapor.

La soda neutralizada sale del E-502 y continúa su flujo pasando por el controlador de temperatura TIC-5501. El TI-552 indica la temperatura de soda neutralizada que posteriormente se divide en dos corrientes:

La primera corriente hacia el Despojador de Gas Acido D-504 y la segunda corriente hacia el Enfriador de Sodas Neutralizadas E-501. La salmuera acida ingresa por el lado tubos del E-501 a 150°F aproximadamente e intercambia calor con agua de enfriamiento que ingresa por el lado casco, saliendo con una temperatura de 100°F. Según requerimientos operacionales se dirige hacia la corriente de soda sulfhídrica que ingresa al D-501 a un flujo indicado por el FI-5402 y por la válvula de control de temperatura de soda neutralizada a la salida del D-501, TV-5401 quien abrirá al censar un aumento de la temperatura por la reacción exotérmica al contacto en el reactor agitador D-501.

Despojador de Gas Acido D-504. En el D-504 se elimina la mayoría de los H₂S soluble residuales, CO₂ y Mercaptanos, de la corriente de salmuera acida.

La salmuera acida succionada del D-502 es descargada a través de las P-501/02, donde uno de sus flujos se dirige hacia la parte superior del lecho empacado del D-504 a

un flujo controlado por el FIC-5903, ajustado normalmente en 10,2gpm, el cual trabaja en cascada con el controlador de nivel LIC-5501A y recibe señal directa del selector HS-5501.

El flujo de salmuera acida se pone en contacto en contra corriente con una inyección de nitrógeno, que entra por la parte inferior del lecho empacado del D-504 a un flujo controlado por el FIC-5902 a un caudal normal de 25 scfm (pies cúbicos estándar por minuto), por medio de la actuación de la FV-5902, este contacto permite eliminar la mayoría del H₂S, el CO₂ y los Mercaptanos residuales solubles de la salmuera ácida, con el fin de despojar los gases ácidos de la corriente de salmuera acida. Los gases despojados (H₂S, CO₂, Mercaptanos y Nitrógeno), salen por la parte superior del lecho empacado, por medio de esta corriente acida es posible controlar el diferencial de presión en el Despojador de gas acido D-504 a través del controlador indicador de diferencial de presión PDIC-5901, esta corriente se une con el flujo de salida de gas acido del Separador de gas acido D-502 para finalmente dirigirse hacia la Unidad de Regeneración de Amina U-120. El despojador de gas acido D-504 cuenta con una válvula de seguridad PSV-5901 con set point de 190psig.

La salmuera acida, luego de pasar por el lecho, registran nivel en el D-504 por intermedio del LI-5902. El control del nivel de salmuera acida en el D-504 es realizado por medio del LIC-5901 quien trabaja en cascada con el FIC-5901, para abrir o cerrar la FV-5901, la corriente de salida de salmuera acida se dirige hacia el Tambor de neutralización D-802 a un flujo aproximado de 7gpm, esta corriente recibe una inyección de recirculación de las Bombas de Solución Neutralizada P-505/06 que succionan del D-

802 y una inyección de soda fresca de 5°B, de la descarga de las Bombas de Soda Fresca HS-P-302A/B, ubicada en la sección de almacenamiento y preparación de sodas.

El Tambor de neutralización D-802 proporciona tiempo de permanencia y volumen de retención para asegurar que se haya logrado un buen mezclado y la reacción a un pH normal antes de descargar la salmuera hacia la Unidad de tratamiento de aguas residuales.

La soda fresca necesaria para la neutralización ingresa a un flujo aproximado de 0.81 gpm, controlado por el FIC-5703 el cual trabaja en cascada con el analizador de pH secundario AIC-5701A, ubicado en la línea de salida del Mezclador estático MSP-501 que va hacia el D-802.

Las corrientes de salmuera acida, soda fresca de 5°B y la recirculación de soda neutralizada ingresan al Mezclador Estático en línea MSP-501, y continúan su flujo hacia el tambor de Neutralización D-802 a través de los analizadores y controladores de pH AIC-5704/5701. Los controladores secundarios AIC-5704/5701 envían señal al selector manual HS-5701 y este a su vez al AY-5701, el cual envía señal al controlador de pH AIC-5701A, este último controlador recibe a su vez señal del controlador primario AIC-5702 ubicado en la línea de recirculación de salmuera neutralizada y envía señal al controlador flujo FIC-5703 con el objetivo de mantener el pH en su punto de ajuste con la inyección de soda a 5°B.

El LI-5702 indica el nivel de salmuera neutralizada en el D-802. El LIC-5701 indica y controla el nivel de salmuera neutralizada en el D-802 a través de la LV-5701,

quien recibe señal del LIC-5701 controlando el nivel del tambor. El nivel de soda neutralizada en su pH, es succionada por las Bombas de Solución Neutralizada P-505/6, la cual tiene la facilidad de recibir un corriente (cerrada en operación normal), del Tambor de Almacenamiento de Salmuera Naftenica/Sulfhídrica D-302 A/C, a través del FICV-5007.

El flujo de descarga de las P-505/6, se divide en dos corrientes:

La primera corriente, se envía como recirculación a la corriente de fondos del D-503 que va hacia el MSP-501, con el fin de medir y controlar la variación de pH en el Tambor de Neutralización D-802, por medio de los analizadores y controladores primarios AIC-5702/AI-5703, el AIC-5702 envía señal al elemento secundario AIC-5701A, este último, toma acción sobre FIC-5703, ajustando la dosificación de soda al sistema.

La segunda corriente de descarga de las bombas P-505/6 de salmuera neutralizada pasa a través de la válvula de control de nivel LV-5701, quien recibe señal del controlador de nivel del D-802, LIC-5701. Aguas abajo de esta válvula la soda neutralizada es enviada hacia la unidad de tratamiento de aguas residuales U-143 con la facilidad de enviar soda fuera de especificaciones hacia los Tanques de Soda Sulfhídrica TK-301 o TK-700 para su reproceso y/o enviarla hacia los Tambores de Almacenamiento de Salmuera Naftenica/Sulfhídrica D-302A/C. En el D-302A/C, el nivel es indicado a través de los LI-3072/82/92 y su corriente de salida es succionada por las P-505/06, registrando y controlado flujo, en el FIC-5007. Solo dos de los tres Tambores de Almacenamiento D-302A/C son necesarios, dejando uno como repuesto. Con la

operación en modo de Soda Sulfhídrica se produce una salmuera con alta Demanda Química de Oxígeno, 23,000 ppm, de tal manera que se debe mezclar con la salmuera naftenica en la línea de succión de las Bombas P-505/506 y así obtener una mezcla con un contenido aceptable de COD. Esta operación de mezcla se diseñó para un flujo de 11gpm de salmuera naftenica y 1,5gpm de salmuera sulfhídrica.

Sumidero de Drenajes Ácidos ME-803. El ME-803 recibe las corrientes acidas de todos los puntos bajos de la sección de Tratamiento Merichem, al igual que las corriente de soda de 50 0 20°B, procedente de las Bombas de Soda Fresca P-4A/B y Bombas de Suministro de Soda 5°B, P-707A/B de la sección de almacenamiento y reparación de sodas. La función de Sumidero de drenaje acido ME-803 es neutralizar el drenaje acido con $\text{pH} < 6$ para producir una solución con condiciones adecuadas para el futuro procesamiento en la Unidad de tratamiento de aguas residuales

La operación de recolección de drenajes ácidos y su proceso de neutralización se realiza de manera intermitente, durante paradas, mantenimientos o en alguna alteración del proceso.

Las corrientes de salmuera acida, soda fresca de 5°B y la recirculación de soda neutralizada ingresan al Mezclador Estático en línea MSP-501, y continúan su flujo hacia el tambor de Neutralización D-802 a través de los analizadores y controladores de pH AIC-5704/5701. Los controladores secundarios AIC-5704/5701 envían señal al selector manual HS-5701 y este a su vez al AY-5701, el cual envía señal al controlador de pH AIC-5701A, este último controlador recibe a su vez señal del controlador primario AIC-5702 ubicado en la línea de recirculación de salmuera neutralizada y envía señal al

controlador flujo FIC-5703 con el objetivo de mantener el pH en su punto de ajuste con la inyección de soda a 5°B.

El LI-5702 indica el nivel de salmuera neutralizada en el D-802. El LIC-5701 indica y controla el nivel de salmuera neutralizada en el D-802 a través de la LV-5701, quien recibe señal del LIC-5701 controlando el nivel del tambor. El nivel de soda neutralizada en su pH, es succionada por las Bombas de Solución Neutralizada P-505/6, la cual tiene la facilidad de recibir un corriente (cerrada en operación normal), del Tambor de Almacenamiento de Salmuera Naftenica/Sulfhídrica D-302 A/C, a través del FICV-5007.

El flujo de descarga de las P-505/6, se divide en dos corrientes:

La primera corriente, se envía como recirculación a la corriente de fondos del D-503 que va hacia el MSP-501, con el fin de medir y controlar la variación de pH en el Tambor de Neutralización D-802, por medio de los analizadores y controladores primarios AIC-5702/AI-5703, el AIC-5702 envía señal al elemento secundario AIC-5701A, este último, toma acción sobre FIC-5703, ajustando la dosificación de soda al sistema.

La segunda corriente de descarga de las bombas P-505/6 de salmuera neutralizada pasa a través de la válvula de control de nivel LV-5701, quien recibe señal del controlador de nivel del D-802, LIC-5701. Aguas abajo de esta válvula la soda neutralizada es enviada hacia la unidad de tratamiento de aguas residuales U-143 con la facilidad de enviar soda fuera de especificaciones hacia los Tanques de Soda Sulfhídrica TK-301 o TK-700 para su reproceso y/o enviarla hacia los Tambores de Almacenamiento

de Salmuera Nafténica/Sulfhídrica D-302A/C. En el D-302A/C, el nivel es indicado a través de los LI-3072/82/92 y su corriente de salida es succionada por las P-505/06, registrando y controlado flujo, en el FIC-5007. Solo dos de los tres Tambores de Almacenamiento D-302A/C son necesarios, dejando uno como repuesto. Con la operación en modo de Soda Sulfhídrica se produce una salmuera con alta Demanda Química de Oxígeno, 23,000 ppm, de tal manera que se debe mezclar con la salmuera nafténica en la línea de succión de las Bombas P-505/506 y así obtener una mezcla con un contenido aceptable de COD. Esta operación de mezcla se diseñó para un flujo de 11gpm de salmuera nafténica y 1,5gpm de salmuera sulfhídrica.

Sumidero de Drenajes Ácidos ME-803. El ME-803 recibe las corrientes acidas de todos los puntos bajos de la sección de Tratamiento Merichem, al igual que la corriente de soda de 50 0 20°B, procedente de las Bombas de Soda Fresca P-4A/B y Bombas de Suministro de Soda 5°B, P-707A/B de la sección de almacenamiento y reparación de sodas. La función de Sumidero de drenaje ácido ME-803 es neutralizar el drenaje ácido con $\text{pH} < 6$ para producir una solución con condiciones adecuadas para el futuro procesamiento en la Unidad de tratamiento de aguas residuales

La operación de recolección de drenajes ácidos y su proceso de neutralización se realiza de manera intermitente, durante paradas, mantenimientos o en alguna alteración del proceso.

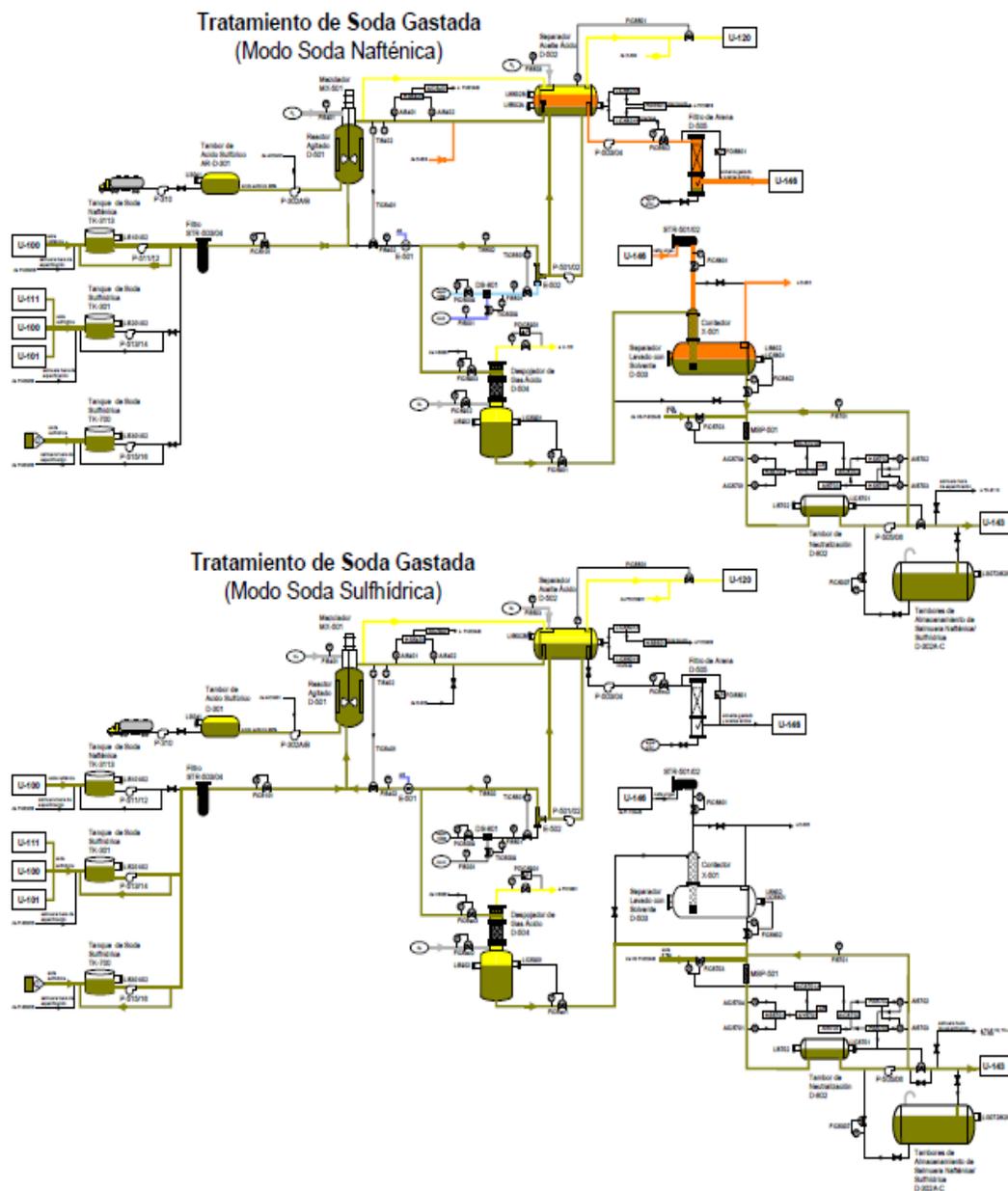
Cuando el nivel del tambor llega a una altura razonable (alrededor del 25%), se ponen en marcha el Agitador de ácido sulfúrico MA-801 y la Bomba de Drenaje del sumidero **P-803A** para recirculación en el Sumidero, por tanto, debe encontrarse abierta

la línea de recirculación y cerrada la línea de descarga hacia el límite de batería. En este momento se adiciona la Soda caustica requerida para la neutralización hasta obtener el valor de pH deseado entre 6 y 8. Conseguido el pH la adición de soda se suspende y la línea de descarga se abre para ser enviada la solución neutralizada hacia la Unidad de tratamiento por medio de la Bomba P-803A. La P-803 y el Agitador MA-801 se apagarán cuando a un nivel bajo en el Sumidero ME-803.

Los LI-5002/04 indican el nivel de ácido neutralizado en el ME-803. El ácido neutralizado es enviado hacia la Unidad de Destilación Combinada (Atmosférica y de Vacío)2 U-100 a través de la Bomba de Drenajes Ácidos P-803.

Figura 2

Proceso de la Unidad-300



Nota: La figura 2 muestra el proceso de la unidad objeto de estudio.

6.2.Resultados del diagnóstico

Para obtener los resultados del diagnóstico fue necesario desarrollar diferentes actividades: inicialmente se hizo una revisión documental de los informes desarrollados sobre el proceso de retrolavado, también se entrevistaron a operarios que están directamente relacionado con el proceso dentro de la empresa, y finalmente se identificaron aportes importantes sobre el problema a través de entrevista al ingeniero de proceso encargado, la información obtenida se presenta a continuación.

Esta unidad viene presentando inconvenientes en su sistema de filtrado en el (D-505), dicho filtro aumenta la diferencial de presión, el cual indica su grado de ensuciamiento, entre mayor sea la diferencial mayor grado de ensuciamiento.

El filtro de arena, en principio y por el conocimiento que se tiene, debería ser retrolavado o cambiado con periodicidad de alrededor de 6 meses, pero Ingeniería comento que se está cambiando en intervalos de 30 días lo cual es una frecuencia alta. La necesidad de cambiarlo radica en la alta caída de presión a través del D-505 y en el notable ensuciamiento de la arena.

De acuerdo con este resultado, la empresa tiene implementado un sistema de retrolavado con agua y vapor, el cual no es tan efectivo ya que no demora mucho tiempo en aumentar la diferencial de presión, y esto indica que los contaminantes atrapados en la arena no se disuelven con el agua y el vapor que es la forma que la empresa tiene implementada en la unidad.

Esto repercute en el cambio periódico de la arena contenida en el filtro como elementos filtrantes (cada 5 meses aproximadamente), a la vez gastos económicos a la

compañía cada vez que se realiza dicha actividad que se aproximan a los 25 millones de pesos.

En conclusión y de acuerdo con el diagnóstico realizado, se puede afirmar:

- La arena del filtro D-505 presenta ensuciamiento con alto contenido de Sulfato de Sodio, compuestos fenólicos y en menor medida de Óxidos de Hierro.
- La funcionalidad de la arena se ve amenazada por pases de cantidades significativas de salmuera y emulsión producida en el proceso de separación de ácidos Nafténicos. El sulfato de Sodio y los compuestos fenólicos presentes mayormente en emulsiones y fase acuosa del sistema se impregnan sobre la arena y muestran poca solubilidad en Naftas, incrementando la caída de presión del filtro.
- En tiempos prolongados de no operatividad de la unidad y del filtro, es recomendable circular agua o retrolavar con la intención de reducir o prevenir el efecto de deposición y/o fijación de las sales sobre la arena y sus aglomerados fenólicos.
- Si es requerido y relevante, podría realizarse estudio de posibilidad de retrolavar la arena con soda, agua y nafta como procedimiento de limpieza cuando se presente nuevamente el ensuciamiento y sus efectos en la caída de presión del sistema.

7. Métodos disponibles para desarrollar el proceso de retrolavado del filtro de la unidad de neutralización de Sodas de la Refinería de Cartagena

Existen varias formas para retrolavar estas clases de filtros a nivel mundial, teniendo en cuenta que al retrolavarlo se minimizan los costos de mano de obra y materiales con los cuales se debe realizar esta actividad la cual siempre son considerables.

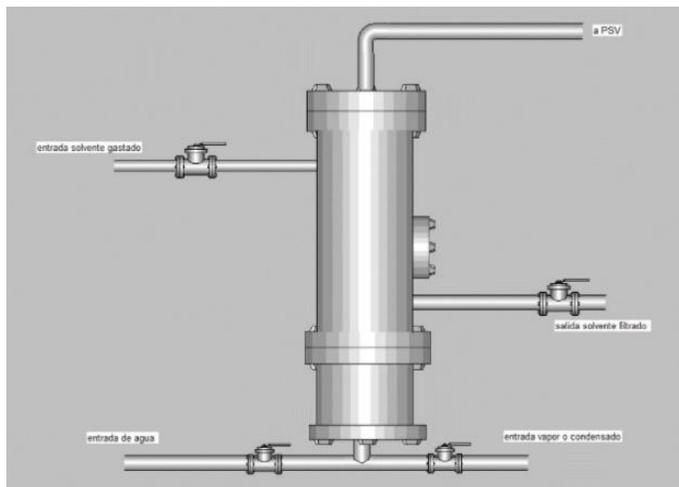
7.1. Retrolavado con condensado

Existe una forma que es la más común en los procesos de tratamientos de sodas en el mundo que consiste en retrolavar la arena con agua a temperatura (condensado), el cual tiene una aceptación del 35% según los resultados obtenidos, esto se ve reflejado en el tiempo que demora el equipo (Filtro) en aumentar la diferencial de presión en el que se determina el ensuciamiento progresivo del equipo.

Según el método antes descrito el periodo de cambio del material filtrante (arena) disminuye, pero no a la expectativa que se espera. Después del primer retrolavado se repite esta actividad en una periodicidad de 15 a 20 días después de realizado dicho retrolavado, luego de esto se debe realizar nuevamente la actividad y cada vez siendo menos duradera hasta tener que definitivamente realizar el cambio del material filtrante ya que las partículas que son más difíciles de desprender cada vez son más y están van impregnado el material filtrante hasta tener una saturación total de esta y así de esta manera aumento de la diferencial de presión y menos eficiencia de los retrolavados realizados después de hacerlos por 3 o 4 veces.

Figura 3

Etapas del retrolavado con condensado



Fuente: Elaboración propia.

Equipos y materiales que se necesitan para realizar el retrolavado con Condensado.

Para realizar esta actividad se requiere utilizar los siguientes materiales y equipos:

- Filtro a retrolavar.
- Disponibilidad de flujo de condensado.
- Vidrio nivel operativo en el equipo
- Controles de presión en el equipo
- Funcionalidad del sistema al 100% (válvulas, manómetros, etc.)
- Disponibilidad para depositar y/o desechar los vertimientos del retrolavado.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente se realizará la descripción del paso a paso y la explicación de cómo se realiza esta actividad.

- ✓ **Paso 1.** Al determinar el alto diferencial del filtro de Arena, se procede como primera instancia a la desocupación del mismo, este paso puede demorar de acuerdo al nivel que tenga la vasija, que por lo general siempre opera en un nivel promedio entre 50% a 60%.
- ✓ **Paso 2.** Una vez verificado en el vidrio nivel que el equipo se encuentre sin liquido se procede al boqueo de la válvula de salida del filtro, esto con el fin de que una vez se meta el condensado no se vierta de manera inmediata si no que quede contenido en un periodo de tiempo que se describirá más adelante.
- ✓ **Paso 3.** En este paso básicamente se realiza la revisión de los sistemas, válvulas, disponibilidad de condensado y todos los controles que se necesitan para realizar la actividad de la mejor manera.
- ✓ **Paso 4.** En este paso es cuando ya se dispone a habilitar válvula de entrada de condensado hacia el equipo, permitiendo así flujo de condensado al filtro.
- ✓ **Paso 5.** Después de habilitada la válvula de ingreso de condensado al 100% se da un tiempo el cual lleve al filtro a un nivel de 80%, con el fin de que toda la arena quede sumergida en el condensado y de esta manera se dé el desprendimiento de las partículas con las cuales se encuentra impregnadas la arena y así tenga éxito el retrolavado.
- ✓ **Paso 6.** Luego de tener 80% de nivel de condensado en el filtro indicado en el transmisor de nivel y/o en el vidrio nivel se procede a bloquear o cerrar la válvula de entrada de condensado al equipo.

- ✓ **Paso 7.** Este paso es un tiempo de espera que se debe dar para que actúe de buena manera el condensado en las partículas que se desean retirar de la arena, este tiempo está determinado en que sean 25 minutos, de tal manera que no se deje enfriar la temperatura del condensado ya que esta es la que ayuda al retiro más eficaz de las impurezas que contiene el filtro.
- ✓ **Paso 8.** Luego de acabar los 25 minutos se procede a verter al sistema que se tiene destinado para este tipo de sustancias contaminadas ya que se debe tener controlado este tipo de vertimientos contaminados y un debido tratamiento.
- ✓ **Paso 9.** En este paso le damos un pequeño enjuague con agua industrial habilitando el bloque de entrada de agua industrial ubicado en la parte inferior del filtro, esto con el fin de retirar cualquier partícula que se haya desprendido de la arena quede al interior del filtro y de esta forma será removida.
- ✓ **Paso 10.** Este hace parte de la normalización del sistema, verificando y colocando las condiciones de operación normal del filtro.
- ✓ **Paso 11.** Se realiza el procedimiento de puesta en servicio del filtro de arena verificando que las condiciones sean favorables para el proceso y que haya sido efectivo el proceso de retrolavado, en caso de que no haya sido así, se puede repetir el paso a paso o en su defecto entonces ya se debe cambiar la camada de arena que cuenta este filtro internamente.

En la industria petrolera el proceso de tratamiento de sodas gastadas es común, esto con el fin de darle unas especificaciones a la Soda gastada de tal forma que pueda

cumplir con las normas ambientales y ser vertida a la corrientes acuáticas de tal manera que no genere impactos negativos en el ecosistema.

En este caso en particular nos referimos al proceso de retrolavado con condensado, aprovechando las temperaturas altas que este tiene y de esta manera se realiza un desprendimiento de las partículas que se encuentran impregnadas en la arena que es el elemento filtrante el cual se requiere cuidar para la operación optima del filtro.

El condensado es el líquido formado cuando el vapor pasa de fase gas a fase líquida, en este caso en particular nos referimos al condensado resultante del Vapor de media presión #150 psi cuya temperatura se encuentra en 470°F y este se encuentra con una temperatura de 300°F a 350°F, y es por eso que es aprovechado para realizar tal actividad.

La aceptación de esta forma de retrolavar el filtro de arena es de un 35%, hasta el momento es la forma que más nos da confiabilidad, nos optimiza el recurso, y ha disminuido en cierta forma la periodicidad de cambio de material filtrante (Arena), el cual era muy recurrente cuando se realizaba retrolavados con agua de proceso.

Con esta forma de retrolavado estamos también garantizando la operación optima del filtro y es una actividad que se puede realizar cuantas veces sea necesario ya que no afecta la integridad del equipo ni tampoco del material filtrante.

Esta Opción de retrolavar con condensado es 10% más efectiva que el método de retrolavado con agua, sin duda en un poco más costosa por el insumo que se utiliza, pero en la efectividad de remoción y limpieza del material filtrante es más eficiente y es notorio por la duración y baja el diferencial de presión del filtro.

Retrolavando con agua es más económico pero el cambio de arena del filtro el más seguido, estamos hablando de cambio de arena de 3 veces por año lo cual acarrea sobrecostos y perturbaciones en la operación. En cambio, retrolavando con Condensado reducimos esos sobrecostos por lo menos de un cambio por año, es decir que se cambia la camada de arena 2 veces por año.

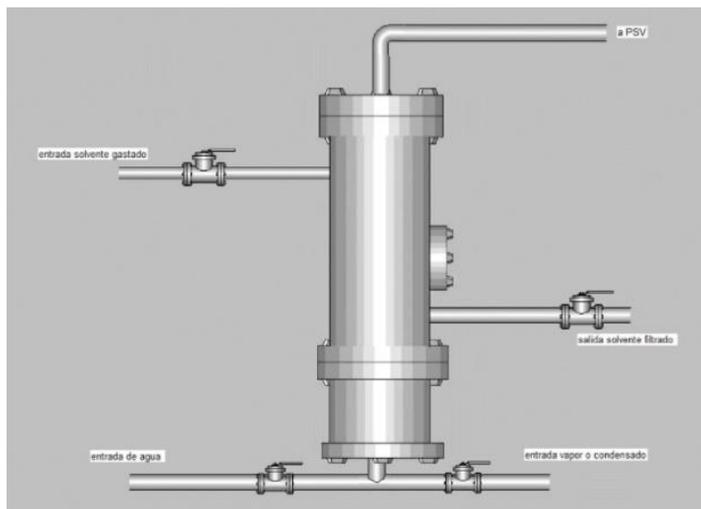
Es por eso por lo que esto nos ha llevado a una investigación más profunda de los métodos para realizar retrolavado al Filtro buscando siempre la mejor opción y llevar de ese 35% de aceptación a por lo menos un 80% a 90% para así alargar la vida útil de la arena y de la misma manera disminuir los sobrecostos que genera este filtro a la compañía

7.2.Retrolavado del filtro de arena utilizando agua industrial y vapor de media presión (#150psi)

En esta forma de retrolavar el sistema de filtrado de la unidad de tratamiento de sodas gastadas, trata una filosofía muy parecida a la antes descrita. Describiremos el paso a paso para realizar el retrolavado del filtro de arena utilizando agua industrial y vapor de media presión (#150psi), la cual tiene una forma práctica y con una confiabilidad de 45% en donde se garantiza bajar el diferencial de presión que es lo que nos indica el nivel de ensuciamiento del filtro manteniendo así la operación normal del filtro de arena y preservando el material filtrante con el fin de disminuir la periodicidad del cambio de la camada de arena y así disminuir los costos generados por este equipo en la compañía.

Figura 4

Retrolavado con agua industrial y vapor de media presión (#150psi)



Fuente: Elaboración propia.

Equipos y materiales que se necesitan para realizar el retrolavado con Agua y vapor. Para realizar esta actividad se requiere utilizar los siguientes materiales y equipos:

- Filtro a retrolavar.
- Disponibilidad de flujo de Vapor de media presión #150 psi.
- Disponibilidad de flujo de agua industrial.
- Vidrio nivel operativo en el equipo
- Controles de presión en el equipo
- Funcionalidad del sistema al 100% (válvulas, manómetros, etc.)

- Disponibilidad para depositar y/o desechar los vertimientos del retrolavado

De acuerdo a lo anterior describiremos el paso a paso que se debe tener en cuenta para la realización de esta actividad llamada retrolavado con agua industrial y vapor de media presión.

- ✓ **Paso 1.** Al determinar el alto diferencial del filtro de Arena, se procede como primera instancia a la desocupación de este, este paso puede demorar de acuerdo al nivel que tenga la vasija, que por lo general siempre opera en un nivel promedio entre 50% a 60%.
- ✓ **Paso 2.** Una vez verificado en el vidrio nivel que el equipo se encuentre sin liquido se procede al boqueo de la válvula de salida del filtro, esto con el fin de que una vez se meta el agua no se vierta de manera inmediata.
- ✓ **Paso 3.** En este paso básicamente se realiza la revisión de los sistemas, válvulas, disponibilidad de Agua industrial, disponibilidad de vapor de #150 psi y todos los controles que se necesitan para realizar la actividad de la mejor manera.
- ✓ **Paso 4.** En este paso es cuando ya se dispone a habilitar válvula de entrada de agua industrial hacia el equipo, permitiendo así flujo de Agua al filtro.
- ✓ **Paso 5.** Después de habilitada la válvula de ingreso de agua industrial se da un tiempo el cual lleve al filtro a un nivel de 60%, con el fin de que la mayor parte de la arena quede sumergida en el agua.
- ✓ **Paso 6.** Luego de tener 60% de nivel de agua en el filtro indicado en el transmisor de nivel y/o en el vidrio nivel se procede a bloquear o cerrar la válvula de entrada de agua industrial al equipo.

- ✓ **Paso 7.** Luego que tenemos el 60% de agua en el filtro y la válvula de entrada de agua cerrada, se procede a habilitar la válvula de entrada de vapor de media presión (#150) al filtro, esto con el fin de darle un efecto burbujeante al interior del filtro y así desprender esas partículas que se encuentran adheridas en la arena.
- ✓ **Paso 8.** En este paso habilitamos el venteo que tiene en la parte superior el filtro, y esperamos un tiempo de 25 min con entrada de vapor, en este tiempo burbujeando y con la temperatura del vapor nos ayuda a desprender las impurezas de la arena haciendo este un método que nos lleva a una confiabilidad del 45%.
- ✓ **Paso 9.** Ya pasado los 25 minutos, suspendemos la entrada de vapor de #150 cerrando la válvula en la entrada de este al filtro.
- ✓ **Paso 10.** Luego se deben verificar las condiciones y disponibilidad para el descarte de la sustancia resultante. Se procede a verter al sistema que se tiene destinado para este tipo de sustancias contaminadas ya que se debe tener controlado este tipo de vertimientos contaminados y un debido tratamiento.
- ✓ **Paso 11.** Se realiza enjuague habilitando nuevamente la entrada de agua industrial, dándole un nivel no superior a 30% para terminar de sacar los residuos alojados en el fondo de este filtro, luego de eso nuevamente habilitamos el bloque para extraer lo resultante para su debido tratamiento.
- ✓ **Paso 12.** Este hace parte de la normalización del sistema, una vez drenado verificamos los sistemas para colocar las condiciones de operación normal del filtro.

- ✓ **Paso 13.** Se realiza el procedimiento de puesta en servicio del filtro de arena verificando que las condiciones sean favorables para el proceso y que haya sido efectivo el proceso de retrolavado, en caso de que no haya sido así, se puede volver a repetir el paso a paso o en su defecto entonces ya se debe cambiar la camada de arena que cuenta este filtro internamente.

En este tipo de retrolavado es evidente que supera en todo en cuanto a costos e insumos se refiere a los otros métodos los cuales se utilizan en la industria, sin embargo, el porcentaje de aceptación es mucho más convincente debido a que la forma de hacerlo, el burbujeo que se genera al interior del filtro permitiendo una mejor limpieza del material filtrante y por ende el cuidado de este alargando la vida útil de la arena.

Esto repercute en el cambio anual de la camada de arena, lo que quiere decir que los costos generados valen la pena porque reduce la cantidad de veces al año que se debe cambiar el material filtrante de tres veces por año a una. Además de eso con una aceptación del 45% en diferencia de los otros métodos que arrojan el 20 y 35%.

Con esto describimos la importancia de seguir desarrollando ideas, ensayos que nos ayuden a descubrir el método ideal para realizar el retrolavado del filtro de arena de la unidad de tratamiento de sodas gastadas de la refinería de Cartagena, generando estrategias de ahorro de insumos, materia prima, horas hombre y aprovechamiento de los recursos con que contamos.

Es por este motivo que desarrollamos este proyecto teniendo la solución para realizar el retrolavado del filtro de arena, el cual nos genera según los ensayos realizados

una aceptación del 90 al 95% el cual radica en el cambio de la camada de arena por lo menos cada 3 años o quizás más tiempo dependiendo la operatividad de la unidad.

8. Propuesta de un sistema de retrolavado de filtro de arena en el proceso de neutralización de sodas gastadas de la Refinería de Cartagena

Teniendo en cuenta que la Unidad 300 es la encargada de tratar las sodas gastadas provenientes de unidades como la U-100, 111 y otras, normalmente ricas en ácidos Nafténicos, compuestos azufrados y en cierta medida fenoles. Cuando la unidad se encuentra en modo Nafténico, cargando soda Nafténica, el proceso se compone de las etapas:

- Adición y mezcla de Ácido sulfúrico concentrado hasta pH 3
- Extracción de gases generados (H₂S)
- Inyección de Solvente Carga (Nafta Virgen) para extracción de Ácidos Nafténicos
- Separación de Solvente Producto y salmuera acida En la etapa de adición de Acido a la soda gastada, se acidifican los aniones bisulfuro, fenolato, Naftenato yendo en orden descendente de pH, liberándose de esta forma y respectivamente, H₂S, Fenoles y Ácidos Nafténicos.

Las dos últimas etapas son solubles en medio oleoso y son arrastradas por el solvente carga el cual se estaba enviando a tanque de Nafta Virgen en la unidad de Materias Primas. Después de la etapa de separación de Solvente Producto y Salmuera acida, el solvente es filtrado con arena en el tambor D-505 con el fin de minimizar arrastre de salmuera y partículas a la unidad de materias primas. El filtro de arena, en principio y por el conocimiento que tenemos, debería ser retrolavado o cambiado con periodicidad de alrededor de 6 meses, pero según la experiencia que se tiene se está cambiando en intervalos de 30 días lo cual es una frecuencia alta. La necesidad de cambiarlo radica en la alta caída de presión través del D-505 y en el notable ensuciamiento de la arena.

Todo esto nos llevó a realizar estudios, ensayos que nos logren llevar a una solución para este inconveniente que se nos está presentando en la unidad, con el fin de dar un aporte significativo a y disminuir los sobrecostos que este está generando actualmente.

Los ensayos realizados en laboratorios fueron muy satisfactorios, realizamos ensayos con varias sustancias, pero la que nos arrojó el resultado esperado fue sometiendo la arena a un contacto con Soda de 5°Be el cual nos da un resultado de limpieza de un 95% del material filtrante, y por ende con esto podemos reducir notoriamente la periodicidad de cambio de la camada de Arena del filtro D-505 de la unidad de tratamientos de sodas gastadas de la refinería de Cartagena.

Teniendo en cuenta estos resultados obtenidos en el laboratorio, el contaminante en medio básico se disuelve bastante bien, entendiéndose que la soda caustica es un medio

básico y contamos con esta dentro del proceso que se lleva a cabo en la unidad de tratamientos de sodas gastadas de la Refinería de Cartagena.

Cómo resultado del ensayo se encontró lo siguiente:

Figura 5

Resultado del ensayo

Arena gastada del D-505



Arena lavada con Soda de 5°Be



Observando las imágenes anteriores (ver figura 5) se puede evidenciar que los compuestos retenidos por la arena anteriormente descritos son solubles con un componente básico, en este caso con la Soda caustica disuelta a 5°Be que es también utilizada en la unidad en modo nafténico para neutralizar las sodas dentro del proceso.

Para llevar a cabo esta iniciativa en la unidad no debemos construir muchas facilidades o traer insumos ni maquinarias diferentes a las que ya contamos, este es un aspecto muy positivo que podemos resaltar en todo esto debido que se hará notable cuando logremos bajar la frecuencia de la realización de los retrolavados y también el cambio continuo de la camada de arena contenida en el D-505.

Con este método podemos asegurar el no cambio de la camada de Arena por lo menos por 3 años, ya que los ensayos demostraron ser muy efectivos a la hora de diluir los contaminantes ricos en ácidos Naftenicos, compuestos azufrados, fenoles y otros que podríamos encontrar.

Para poder implementar esta iniciativa en la unidad que nos brinda confiabilidad de un 95% en la limpieza del material filtrante solo se debe construir una facilidad en tubería de 2" que comunique la línea de soda de 5°Be en la llegada de la U-300 en el módulo 200, a la línea de entrada de carga a D-505, esta facilidad de 2" es de aproximadamente 55 cm, teniendo en cuenta que debe ser de tubería inoxidable tal y como se encuentran diseñada en la U-300. Estas dos líneas se encuentran muy cerca y es por eso que se debería aprovechar y realizar la construcción de la línea, ese gasto económico que se va a realizar no es tan relevante como el cambio de camada a cada un mes como se venía presentando.

Materiales y recursos que necesitamos para realizar la iniciativa:

- Construcción de línea de acero inoxidable de 2" desde la entrada de Soda de 5°Be al módulo 200 de la U-300 a la entrada de carga a D-505 con sus respectivas válvulas para independizar los sistemas.
- Disponibilidad de Soda de 5°Be cuando se requiera realizar la actividad
- Disponibilidad para realizar los vertimientos.

De estos ítems antes descritos solo nos falta la construcción de la línea, ya contamos con todos los sistemas adecuados para realizar el retrolavado, como se hace actualmente.

En cuanto a los costos el incremento será muy mínimo, ya que lo que se va a adicionar diferente al retrolavado actual es la soda de 5°Be, esta soda es suministrada a la refinería de Cartagena por medio de un proveedor en una concentración de 50°Be el cual tiene un costo de \$31.000.000 el equivalente a 30 toneladas, lo que quiere decir un costo aproximado de 1.033.000 por cada tonelada.

Esta soda es diluida en un proceso que se realiza en la U-005 de 50°be a 5°be esto se realiza con agua industrial y para diluir 1 lt de Soda de 50°Be a 5°Be se necesitan 10 lt de agua, lo que nos da a entender que el costo que se va a generar no es tan relevante como el cambio mensual de la camada de arena como se viene realizando actualmente. Además de esto como se ha dicho anteriormente la Soda de 5°Be es utilizada en la unidad y de esta manera también la aprovecharíamos para retrolavar el D-505 teniendo en cuenta lo dicho anteriormente.

Paso a paso. El paso a paso para realizar esta actividad es muy parecido al procedimiento que tenemos actualmente para realizar el retrolavado, a este solo se le debe anexar en primera instancia habilitar la entrada de Soda de 5°Be, el cual entra por la línea de entrada del D-505 limpiando desde el distribuidor que este tiene internamente hasta llegar al material filtrante, dejando este sumergido durante 30 min que realice el desprendimiento de las impurezas tal cual se describió anteriormente durante las pruebas de laboratorio realizadas.

Esta propuesta es Viable, ya que esta nos aumentaría el tiempo de operación del equipo sin interrupciones, debido a que cada vez que se presenta la saturación del filtro se debe parar la unidad, y esto implica obviamente dejar de procesar esas sodas gastadas

cosa que puede ser en algún momento traumática para la operación ya que puede haber afectaciones a otras unidades y esto conlleva pérdidas económicas para la compañía.

Con el método actual las pérdidas económicas son evidentes desde la sacada de servicio del Filtro, porque para cada intervención y cambio de camada de Arena le está costando actualmente a la empresa un estimado de \$25.000.000 de acuerdo con información suministrada por compañía incluyendo mano de Obra y materiales que se utilizan para este fin. Esto solamente para intervención del filtro porque a la hora de hablar de inconvenientes causados por el paro de la unidad donde se puede llegar a parar una unidad de servicio esto implica más de 5 millones de dólares en el peor de los escenarios.

Esta propuesta es basada en la investigación y la necesidad de nosotros los operadores para reducir la exposición que tenemos frecuentemente con estas sustancias las cuales llegan a ser cancerígenas y al mismo tiempo reducir los costos con dicha mejor propuesta en nuestro proyecto.

En este método de retrolavado propuesto se necesitaría un presupuesto inicial para la construcción de una línea de 2" la cual realizara la inyección de Soda de 5°Be, con esta estaremos hablando de una línea de acero inoxidable 55 a 58 Cm avalada en \$300.000 y a esto sumarle \$250.000 de la mano de obra, soldadura, etc. Para un total de \$550.000 el cual es un precio muy bajo en comparación a cada cambio de camada de arena que se realiza.

Además de la construcción de esta facilidad se le suma el costo de la Soda el cual está alrededor de \$300.000 en cada retrolavado que se realiza, podríamos realizar la

comparación del cambio de Camada que esta alrededor de \$25.000.000 o retrolavar con la propuesta que estamos mostrando que esta aproximadamente en \$300.000.

Se espera que la compañía adopte esta mejora ya que los resultados obtenidos en nuestras investigaciones y ensayos han sido de aceptación en la unidad y está acorde a las necesidades que tenemos actualmente, nosotros como operadores de la unidad 300, y conocedores del proceso hemos realizado y con todo esto nos atrevemos a vender la idea a la empresa ya que con esto saldríamos beneficiados todos, reduciendo los costos, dándole más confiabilidad a la operación del filtro, disminuyendo tiempo de exposición tanto a nosotros operadores como las personas contratadas para extraer la arena del filtro y creemos que esta opción de todas las pruebas y estudios que hemos realizado se amolda a todas las necesidades que tiene la compañía para la operación de la Unidad 300.

Conclusiones

La alta caída de presión través del D-505 y en el notable ensuciamiento de la arena está generando que la frecuencia de limpieza y retrolavado del proceso de la unidad-300 se haga mayor, lo que duplica el costo de mantenimiento planificado en la empresa. En tal sentido se evidencia que la empresa está desarrollando un proceso de retrolavado cada 30 días cuando en realidad se ha planificada para cada 6 días.

La situación antes mencionada a llevado a la empresa a incurrir en altos gastos, por lo que se ha delegado la tarea de estudiar y proponer un sistema retrolavado más económico y con mayor impacto en cuanto a la eficiencia, para ello, luego de hacer el diagnóstico de la empresa, se llevó a cabo una revisión de los métodos disponibles, encontrándose 2 métodos, el primero con un 35% de aceptación de acuerdo con los resultados y la eficiencia conseguida, este es el retrolavado por condensación. El segundo es un método parecido con una confiabilidad del 45% y consta de retrolavado con agua industrial que garantiza la disminución de la presión diferencial que es el indicador de suciedad.

Escogido el segundo método que tiene que ver con el retrolavado del filtro de arena utilizando agua industrial y vapor de media presión (#150psi), este ayuda a preservar el material filtrante con el fin de disminuir la periodicidad del cambio de la camada de arena y así disminuir los costos generados por este equipo en la compañía.

Recomendaciones

Se recomienda a la empresa registrar la trazabilidad del método, estudiado los resultados en las diferentes áreas, tanto a nivel operativo y técnico, como financiero y administrativo.

Se recomienda además reajustar el plan anual de mantenimiento y retrolavado teniendo en cuenta la nueva frecuencia requerida para tal fin, de esta forma se logran optimizar las paradas técnicas y las operaciones productivas de las unidades que son afectadas o incluidas en el proceso.

Referencias

- American Psychological Association. (2010). *Manual de Publicaciones de la American Psychological Association* (6 ed.). (M. G. Frías, Trad.) México, México: El Manual Moderno.
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación*. Caracas: Episteme.
- Balestrini, M. (2013). *Cómo hacer un proyecto de investigación*. Editorial Jurídica: Caracas.
- El Universal, I. e. (21 de 11 de 2018). *Refinería de Cartagena el combustible para un mejor mañana*. Obtenido de <https://www.eluniversal.com.co/i:https://www.eluniversal.com.co/informe-empresarial/refineria-de-cartagena-el-combustible-para-un-mejor-manana-FA2121676>
- Fierro Franco, A., León Flórez , J., Rodríguez González, A., & Conde, A. (2017). *Tratamiento de sodas gastadas sulfhídricas*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Hurtado de Barrera, J. (2014). *El proyecto de investigación*. Caracas: Sypal.
- Meyers, R. (2009). *Handbook of Petroleum Refining processes*. New York: McGrawHill.
- Ortiz Bautista, H. A. (2019). *Establecimiento de bases para desarrollar un proyecto de gestión del conocimiento en la industria de la refinación del petróleo*. Mexico: CIATEQ, Centro de Tecnología Avanzada.
- Tamayo, M. (2014). *El proceso de investigación científica*. Bogotá: Limusa.

- Torres R., R., & Castro, J. (2016). *Análisis y simulación de procesos de refinación del Petróleo*. Bogotá: Alfaomega.
- Universidad Antonio Nariño, U. (14 de 04 de 2020). *Ingeniería Industrial*. Obtenido de <http://www.uan.edu.co/>: <http://www.uan.edu.co/ingenieria-industrial>
- Visbal H., L., & Rozo Q., A. (2017). *Diseño de un Sistema de Filtración Continua Arena - Carbón Activado como herramienta Didáctica en el Laboratorio de Operaciones Unitarias*. Colombia: Universidad de San Buenaventura Cartagena.
- Wauquier, J. (2017). *El Refino del Petróleo*. Bogotá: Juan Díaz/ISE.