

**VIABILIDAD TÉCNICA DE LA RECUPERACIÓN DE CONDENSADOS
GENERADOS EN LOS PROCESOS TÉRMICOS DE SAPONIFICACIÓN DE
JABONES DE AZUL K S.A. PARA USO EN LOS PROCESO PRODUCTIVOS.**

**DIANA MARIA ACOSTA ZAMORA
ALEJANDRO MERINO GARCÍA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2009

**VIABILIDAD TÉCNICA DE LA RECUPERACIÓN DE CONDENSADOS
GENERADOS EN LOS PROCESOS TÉRMICOS DE SAPONIFICACIÓN DE
JABONES DE AZUL K S.A. PARA USO EN LOS PROCESO PRODUCTIVOS.**

**DIANA MARIA ACOSTA ZAMORA
ALEJANDRO MERINO GARCÍA**

Monografía para optar el título de Especialista en Ingeniería Ambiental

**DIRECTOR
I.Q. MARCO LOAIZA MILLÁN**
Director de Manufactura de AZUL K S.A.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2009

Dedico este proyecto y toda mi vida universitaria a Dios por darme la oportunidad de vivir, de crecer, de ser lo que soy, a mis padres Germán y Graciela quienes me enseñaron desde pequeña a luchar para alcanzar mis metas, por su apoyo incondicional durante toda mi vida profesional, porque sin ellos nada de esto sería posible, a mis hermanos Andrea y Germán porque siempre han creído en mi, a todos mis amigos porque siempre me acompañaron en este largo camino y a todas las personas que de alguna manera tomaron parte de este proyecto. A mis compañeros, a Jorge, Pao y Annuar, porque compartimos muchas cosas, trasnochos, rumbas, desvelos, trabajos, pero sobre todo porque tuve la oportunidad de conocerlos. Finalmente le agradezco a Alejandro, al amor de mi vida, el motor de todo mi mundo y la persona por la cual me levanto todas las mañanas con el deseo de seguir adelante. A todos gracias.

Diana A.

Dedico este trabajo a Dios, a mis padres porque gracias ellos estoy donde estoy,
en especial a Diana por su apoyo incondicional y motivación en los buenos y
malos momentos. A mis compañeros por los agradables momentos durante todo
este año.
Alejandro.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A MARCO LOAIZA MILLÁN, Ingeniero Químico, Director de Manufactura de AZUL K S.A. y director de nuestro proyecto por su interés en el desarrollo de la monografía.

A todo el personal administrativo y operativo de Azul K S.A. que de una manera u otra tomaron parte de este proyecto y nos colaboraron durante nuestro tiempo en la empresa.

A RICHARD DÍAZ por su paciencia, su dedicación y su ayuda continúa.

A nuestras familias quienes confiaron en nosotras durante todos estos años y permitieron que con su apoyo, dedicación y amor, culminemos hoy nuestro proyecto de grado, el cual marca el principio de grandes triunfos.

Para ellos es este trabajo. A todos nuestros compañeros y amigos que nos ayudaron y apoyaron durante este proyecto que hoy culminamos, a los que nos acompañaron durante toda la investigación, a todos los que con su conocimiento formaron parte de este triunfo más en nuestras carreras, a los que nos recomendaron personas para que nos ayudaran o simplemente los que nos dieron aliento en todo momento.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	13
1. MARCO NORMATIVO	17
1.1 MODELO DE DESARROLLO SOSTENIBLE	17
1.2 PRODUCCION MÁS LIMPIA.....	18
2. ¿QUIEN ES AZUK K S.A.?.....	20
2.1 LA EMPRESA: AZUL K S.A.....	20
2.1.1 Historia	20
3. DESCRIPCION DEL PROCESO.....	22
3.1 IDENTIFICACION DE FUENTES DE CONDENSADO EN EL PROCESO 28	
3.1.1 Descripción de la distribución de vapor.....	28
3.1.2 Descripción de los equipos.	28
3.2 ALTERNATIVAS DE RECUPERACION DEL AGUA DEL CONDENSADO EN LOS PROCESOS TERMICOS.	30
3.2.1 Alternativa 1, Filtros de bloqueo de aceite: 99% eliminación de aceites libres, dispersos y emulsionado.	30
3.2.2 Alternativa 2, Reuso de Condensados de Saponificación mediante Resinas de Intercambio Iónico.	33
3.2.3 Alternativa 3, Reuso de Condensados de Saponificación mediante Osmosis Reversa.	35
3.3 CARACTERIZACIÓN DEL CONDENSADO.....	37

3.4 PROCESO DE RECUPERACIÓN DE CONDENSADOS DE LOS PROCESOS DE SAPONIFICACION.....	39
3.4.1 Consumo de agua en la industria AZUL K S.A. En la empresa de jabones AZULK S.A, se consume agua en las siguientes zonas:	39
3.4.2 Generación de Alternativas: En primer lugar, se debe crear la instalación de un condensador para realizar el muestreo de características y adicionalmente para realizar el cambio de fase respectiva.	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	46

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de las Operaciones Básicas de la Fabricación del Jabón. Fuente. Los autores	22
Figura 2. Filtros eliminadores de aceites	31
Figura 3. Propuesta 2, Intercambio Iónico	35
Figura 4. Alternativa 3, Osmosis Reversa.....	37
Figura 5. Consumo de Agua en los Últimos Años. Fuente: Recibo Agua	40
Figura 6. Distribución Porcentual de los Consumos de Agua. Fuente: Autores.....	41
Figura 7. Generación de agua en los procesos de producción m3/mes en AZUL K S.A. Fuente: Los autores.	41
Figura 8. Resumen de alternativas	43

RESUMEN

TITULO: Viabilidad técnica de la recuperación de condensados generados en los procesos térmicos de saponificación de jabones de azul k s.a. para uso en los procesos productivos.¹

AUTOR (ES)**

DIANA MARÍA ACOSTA ZAMORA
ALEJANDRO MERINO GARCÍA

PALABRAS CLAVES

PRODUCCION MAS LIMPIA, DESARROLLO SOSTENIBLE, CONDENSADOS, SAPONIFICACION, REUSO.

DESCRIPCION

El presente trabajo describe la producción más limpia como una aplicación continua de estrategias ambientales preventivas integradas a los procesos, a los productos y a los servicios para aumentar la eficiencia total y reducir los riesgos a los seres humanos y al ambiente. Para los procesos de producción, la producción más limpia resulta a partir de una o la combinación de: conservación de materias primas, agua y energía; eliminación de las materias primas tóxicas y peligrosas; y reducción de la cantidad y la toxicidad de todas las emisiones y desperdicios en la fuente durante el proceso de producción. Es por esto que nuestra necesidad se enfoca a reducir el uso del recurso agua mediante la implementación de un programa de reuso de condensados que mediante caracterizaciones pueden ser regresados al proceso productivo o bien en el mismo proceso de saponificación, esto depende de las necesidades de la industria objeto de este estudio.

Adicionalmente a eso, el agua de los condensados está generando emisiones de gases efecto invernadero y dadas sus características químicas puede generar una afectación del entorno por su alta corrosividad. Por tanto, se plantean algunas alternativas ejecutables a corto plazo dentro de la industria jabonera las cuales son técnicamente viables y pueden evaluarse económicamente para ser implementadas

Se trata de algunas alternativas industriales con posibilidades de reducción de gases efecto invernadero, los cuales son promotores del cambio climático.

Tales proyectos tienen que ver con las alternativas de mejora en los reactores de saponificación generando procesos de emisiones atmosféricas más limpios, especialmente la recuperación con el ahorro en el recurso agua en operaciones y con la reconversión de procesos industriales.

* Proyecto de Grado

** Facultad: Ingenierías Físicoquímicas
Loaiza Millán

Escuela: Ingeniería Química

Director: Marco

ABSTRACT

TITLE

Technical feasibility of recovery of condensate generated in the thermal processes saponification soaps AZUL K S.A. for use in production processes.²

AUTHOR (S) **

DIANA MARÍA ACOSTA ZAMORA
ALEJANDRO MERINO GARCÍA

KEYWORDS

CLEANER PRODUCTION, SUSTAINABLE DEVELOPMENT, CONDENSATE, SAPONIFICATION, REUS.

DESCRIPTION

This paper describes the cleaner production as a continuous application of integrated preventive environmental strategies to processes, products and services to increase overall efficiency and reduce risks to humans and the environment. For production processes, cleaner production results from one or a combination of conservation of raw materials, energy and water, disposal of toxic and dangerous raw materials and reducing the quantity and toxicity of all emissions and waste at source during the production process. This is why we need to focus on reducing use of water resources by implementing a program of reuse through characterizations that condensate can be returned to the production process or in the process of saponification, this depends on the needs of the industry goal of this study.

In addition to this, the water condensate is generating greenhouse gas emissions due to their chemical characteristics and can generate an environment affected by its high corrosivity. Therefore, some alternative short-term executable in the soap industry, which are technically feasible and economically can be evaluated to be implemented.

These are some alternative possibilities for reducing industrial greenhouse gases, which are promoters of climate change.

Such projects have to do with the alternatives of improvement in the saponification reactor generating processes s cleaner air emissions, especially the recovery with savings in water resources in operations and with the conversion of industrial processes.

² * Project Grade

** Faculty: Engineering physicochemical
Loaiza Millán

School: Chemical Engineering

Director: Marco

GLOSARIO

PRODUCCION MAS LIMPIA: aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada, en los procesos productivos, los productos y los servicios, para reducir los riesgos relevantes a los humanos y al medio ambiente.

SAPONIFICACION: es una reacción química entre un ácido graso (o un lípido saponificable, portador de residuos de ácidos grasos) y una base o álcali, en la que se obtiene como principal producto la sal de dicho ácido y de dicha base. Estos compuestos tienen la particularidad de ser anfipáticos, es decir tienen una parte polar y otra apolar (o no polar), con lo cual pueden interactuar con sustancias de propiedades dispares. Por ejemplo, los jabones son sales de ácidos grasos y metales alcalinos que se obtienen mediante este proceso. El método de saponificación en el aspecto industrial consiste en hervir la grasa en grandes calderas, añadiendo lentamente sosa cáustica (NaOH), agitándose continuamente la mezcla hasta que comienza esta a ponerse pastosa.

CONDENSADO: el vapor de agua es un gas que se obtiene por evaporación o ebullición del agua líquida o por sublimación del hielo. Es inodoro e incoloro cuando es químicamente puro.

DESARROLLO SOSTENIBLE: el desarrollo que asegura las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para enfrentarse a sus propias necesidades.

ALCALINIDAD: La basicidad o alcalinidad es la capacidad ácido neutralizante de una sustancia química en solución acuosa. Esta alcalinidad de una sustancia se expresa en equivalentes de base por litro o en su equivalente de carbonato cálcico. Debido a que la alcalinidad de la mayoría de las aguas naturales está compuesta casi íntegramente de iones de bicarbonato y de carbonato, las determinaciones de alcalinidad pueden dar estimaciones exactas de las concentraciones de estos iones.

CORROSIVO: se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno. De manera más general, puede entenderse como la tendencia general que tienen los materiales a buscar su forma más estable o de menor energía interna.

INTRODUCCIÓN

Esta monografía pretende brindar una estrategia de producción más limpia para mejorar la eficiencia del proceso de saponificación en la industria jabonera, mediante la propuesta de una alternativa para generar la recuperación de los condensados del proceso. Ya que los mismos Actualmente salen a la atmosfera por las chimeneas de los reactores en cortina de dispersión, Al mismo tiempo de brindar el soporte al procesos para asegurar un patrón sostenible de producción eco-eficiente. Y a su vez garantizar que no se pierdan a la atmosfera.

Inicialmente se presenta como una recomendación de la secretaria Distrital de Ambiente en la participación de la empresa en el Programa de Excelencia Ambiental Distrital PREAD 2007; explorar en proyectos que tienen algunas características de mejoramiento del desempeño ambiental empresarial que permitan la recuperación del vapor que se fuga en las chimeneas del proceso de saponificación con la ayuda de los ejemplos del mecanismo de desarrollo limpio previsto en el marco del Protocolo de Kioto. Se trata de algunas alternativas industriales con posibilidades de reducción de gases efecto invernadero, los cuales son promotores del cambio climático.

Tales proyectos tienen que ver con las alternativas de mejora en los reactores de saponificación generando procesos de emisiones atmosféricas más limpios s, especialmente la recuperación con el ahorro en el recurso agua en operaciones y con la reconversión de procesos industriales.

Los objetivos establecidos para el desarrollo del proyecto radicaban principalmente en establecer alternativas para Recuperar el agua perdida por condensación en los reactores de saponificación en la fábrica de jabones AZUL K S.A.

A su vez se relacionaban los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Identificar las fuentes en donde se pierde agua por condensación en los procesos térmicos de saponificación de una industria jabonera.
- ✓ Establecer alternativas para la recuperación del vapor de agua generado en los reactores de saponificación de la empresa.
- ✓ Verificar que la calidad de agua recuperada puede ser reutilizada dentro de los procesos productos de la industria de estudio.
- ✓ Verificar la viabilidad técnica de las alternativas propuestas en el transcurso de esta monografía.
- ✓ Relacionar la normatividad ambiental vigente frente al manejo y uso adecuado del agua.

Durante la elaboración del proyecto encontramos que las alternativas para reutilizar el agua de un proceso producto es cuestión de verificar todas las variables que intervienen, así y mediante el manejo de incentivos ambientales, producción mas limpia y desarrollo sostenible, las industrias pueden generar alternativas que mejoren al máximo el desempeño ambiental.

1. MARCO NORMATIVO

1.1 MODELO DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Un primer enfoque interpreta el desarrollo sostenible como un ajuste o modificación del modelo de desarrollo vigente, por lo cual el crecimiento económico se considera como aspecto primordial para el desarrollo sostenible definido este como "el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias". Este concepto implica una visión inter generacional y en consecuencia la capacidad de prospección para prever los efectos de las distintas formas de producción sobre los ecosistemas o áreas de los sistemas naturales (atmósfera, agua, suelos, seres, vivienda).

Lo sustancial de esta visión está en cambiar la economía de despilfarro por la eficiencia económica, es decir, producir más a partir de menos, proceso en el que se hace necesario especialmente una reorientación tecnológica. En este sentido, se requiere según Barbier (1989) "Maximizar los beneficios netos del desarrollo económico, manteniendo los servicios y la calidad de los recursos naturales". Dentro de este modelo de desarrollo sostenible se evidencian los ahorros en producción implementado las teorías de producción más limpia lideradas en Colombia por el Centro nacional de producción más limpia, con las que pretendemos generar productos de mejor o igual calidad con la reducción en el consumo del recurso agua el cual es en los costos de operación uno de los más significativos.

1.2 PRODUCCION MÁS LIMPIA

La Producción Limpia es el concepto que enfrenta el tema de la contaminación industrial de manera preventiva, concentrando la atención en los procesos productivos, productos y servicios, y la eficiencia en el uso de las materias primas e insumos, para identificar mejoras que se orienten a conseguir niveles de eficiencia que permitan reducir o eliminar los residuos, antes que estos se generen. La experiencia internacional comparada ha demostrado que, a largo plazo, la Producción Limpia es más efectiva desde el punto de vista económico, y más coherente desde el punto de vista ambiental, con relación a los métodos tradicionales de tratamiento “al final del proceso”. Las técnicas de Producción Limpia pueden aplicarse a cualquier proceso de producción, y contempla desde simples cambios en los procedimientos operacionales de fácil e inmediata ejecución, hasta cambios mayores, que impliquen la sustitución de materias primas, insumos o líneas de producción más limpias y eficientes. Aunque inicialmente requieren en algunas circunstancias de una inversión inicial considerable en la mayoría de los casos la inversión tiene un tiempo de retorno muy corto y los beneficios son fácilmente demostrables.

Beneficios Financieros

- a) Reducción de costos, por optimización del uso de las materias primas.
- b) Ahorro, por mejor uso de los recursos (agua, energía, etc.)
- c) Menores niveles de inversión asociados a tratamiento y/o disposición final de desechos
- d) Aumento de las ganancias

Beneficios Operacionales

- a) Aumenta la eficiencia de los procesos
- b) Mejora las condiciones de seguridad y salud ocupacional

- c) Mejora las relaciones con la comunidad y la autoridad
- d) Reduce la generación de los desechos
- e) Efecto positivo en la motivación del personal

Beneficios Comerciales

- a) Permite comercializar mejor los productos posicionados y diversificar nuevas líneas de productos
- b) Mejora la imagen corporativa de la empresa
- c) Logra el acceso a nuevos mercados
- d) Aumento de ventas y margen de ganancias

Implementación

Desde la Perspectiva del Proceso: La generación de las emisiones al aire de vapor es inherente a cualquier proceso productivo. No obstante, esta generación de vapor es considerada una pérdida económica y un mal aprovechamiento de los recursos y materia prima empleados.

Técnicas de Producción más Limpia

- a) Mejoras en el proceso
- b) Buenas prácticas operativas
- c) Mantenimiento de equipos
- d) Reutilización y reciclaje
- e) Cambios en la materia prima
- f) Cambios de tecnología

2. ¿QUIEN ES AZUL K S.A.?

Antes de iniciar el desarrollo del proyecto es importante, conocer un poco más de la empresa, su ubicación y su historia.

2.1 LA EMPRESA: AZUL K S.A.

La Empresa AZUL K S.A. se encuentra ubicada en Colombia, en el Distrito Capital de Bogotá, en la localidad de Tunjuelito, en la zona industrial de la localidad 6 donde se encuentran a la vez empresas como Gaseosas Colombianas, Croyfast y detergentes MarTchen entre otras.

2.1.1 Historia En el año de 1942 LABORATORIOS AZUL K S.A. inicio sus funciones siendo sencillamente una dependencia de Almacenes Unidos. Tiempo después, debido a su éxito y crecimiento fue necesario construir una sociedad independiente y fue así como el 18 de febrero de 1958 se fundó AZUL K Ltda. A finales de 1959 la fábrica que funcionaba en el barrio Santander situado en Bogotá fue trasladada a las actuales instalaciones en la autopista sur. En esta época la producción de jabones se realizaba por el método tradicional de saponificación en pailas. El jabón era entonces enfriado en grandes tanques llamados moldes, o en prensa enfriadora obteniendo así grandes bloques que después eran cortados, con cortadora de alambre. El resultado final entregaba un jabón con alto contenido de humedad. En aras del proceso, valor fundamental de la compañía en el año de 1968 AZUL K Ltda., adquirió e instaló un equipo de secado automático del jabón, que fue importado de Italia; de esta forma comenzó la producción de jabones con menor cantidad de aguas y mayor rendimiento en el lavado.

Durante los años 60, AZUL K instaló progresivamente una planta para el procesamiento automático del jabón de tocador y otra para la recuperación de la glicerina como subproducto de la saponificación. Desde la década de los setenta hasta hoy AZUL K se ha esforzado constantemente por estar a la vanguardia de la industria jabonera, adquiriendo nueva tecnología para situarse en un sitio privilegiado en la industria colombiana. Actualmente la Empresa se encuentra registrada bajo la razón social AZUL K S.A., ubicada en la dirección Autopista Sur N° 60-51 y su actividad económica es la fabricación y venta de jabones de lavar, tocador, y glicerina, al igual que la venta de detergente lavalozas y líquidos limpiadores.

3. DESCRIPCION DEL PROCESO

A continuación se presenta en el figura 1 la simplificación de las operaciones básicas llevadas a cabo en la Empresa Azul K S.A. en la elaboración de jabón.

Figura 1. Diagrama de las Operaciones Básicas de la Fabricación del Jabón.

Fuente. Los autores



Materias primas. Las materias primas necesarias para llevar a cabo el proceso de elaboración de la industria, son las siguientes:

Sebo: Es el principal material grasoso para la fabricación del jabón. Contiene los glicéridos mixtos obtenidos de la grasa sólida de ganado por medio de vapor. Esta grasa sólida se coloca en digestión con el vapor; el sebo forma una capa encima del agua, por lo que se puede separar fácilmente. Este insumo aporta al jabón una mayor solubilidad.

Grasas y aceites: Es la segunda materia prima más importante en la fabricación de jabón. La expresión grasa y aceites es muy usada para referirse a aceites, ceras y otros constituyentes similares encontrados en las aguas residuales. El contenido de grasas y aceites en aguas residuales se determina por extracción de la muestra de residuo con triclorotrifluorotano (las grasas y aceites son solubles en este). En términos químicos las grasas y aceites de origen vegetal o animal son similares, pues básicamente son ésteres compuestos de ácidos grasos, alcohol y glicerol (glicerina). De estos triglicéridos, aquellos que se encuentran en estado líquido a temperatura ambiente de denominan aceites, y los que permanecen en estado sólido se llaman grasas. Se refinan por medio de vapor o por extracción por disolventes y pocas veces se emplean sin haber sido mezcladas con otras grasas. En algunos casos, se tratan hasta que liberan la mayor cantidad de sus ácidos grasos, que emplean en la fabricación del jabón en vez de la grasa total.

Soda cáustica: O hidróxido de sodio (NaOH), es un producto comercial importante que se usa para hacer jabón y procesar pasta de papel, en las refinerías de petróleo y para obtener otros productos químicos. Se fabrica principalmente por medio de la electrólisis de una disolución de sal común, dando lugar a hidrógeno y cloro como subproductos importantes.

Sal: O cloruro de sodio (NaCl), es un producto que se puede extraer de la tierra u obtenerla del mar por evaporación. Se purifica hirviendo y cristalizando en diversos grados de finura para producir sal de mesa o industrial. Se utiliza en el proceso de saponificación luego de alcanzar estándares de alcalinidad y humedad para la separación de las fases de jabón y lejía.

Carbonato de Sodio: Este carbonato ($\text{Na}_2 \text{CO}_3$), son disoluciones de álcalis débiles por hidrólisis, se obtiene de depósitos naturales o a partir de disoluciones de sal común. Es utilizado para el proceso de saponificación de jabones transparentes y si se mezclan con otro tipo de saponificantes fabrican jabones flotantes. El carbonato de sodio no es usado como materia prima en la empresa.

Refinación de grasas y aceites. Consta de las cuatro operaciones siguientes: dos neutralizaciones, blanqueo y desodorización.

Neutralización: proceso mediante el cual se eliminan ácidos grasos libres, jabón metálico y mucílago por arrastre con jabón de hidróxido de sodio, que produce la degradación de muchos colorantes y elimina parte de los metales.

Blanqueo: aplicación de Tierra Adsorbente (en vasija abierta, bajo la presión atmosférica, o en tanque cerrado y al vacío) para blanquear y eliminar olores. Necesidad de aplicación de químicos para decoloración o extracción de disolventes para las materias primas de grado medio bajo. Luego se realiza filtrado de la materia grasa blanqueada en un filtro prensa e inmediatamente se conduce la materia grasa a las calderas de jabón.

Desodorización: se utiliza ácido cítrico y tartárico; y materias orgánicas fosfatadas, que se combinan con los metales y se inactivan por medio de una corriente de vapor de presión reducida.

Saponificación. Las grasas y aceites utilizados como compuestos se tratan con una solución acuosa de un álcali, como el hidróxido de sodio, en un proceso denominado saponificación, se descomponen formando la glicerina y la sal de sodio de los ácidos grasos. Los jabones duros se fabrican con aceites y grasas que contienen un elevado porcentaje de ácidos saturados, que se saponifican con el hidróxido de sodio. Los jabones blandos son jabones semifluidos que se producen con diferentes tipos de aceites, los cuales se saponifican con hidróxido de potasio. El sebo que se emplea en la fabricación del jabón es de calidades distintas, desde la más baja del sebo obtenido de los desperdicios (utilizada en jabones económicos) hasta sebos comestibles que se usan para jabones finos de tocador. Si se utiliza sólo sebo, se consigue un jabón que es demasiado duro y demasiado insoluble como para proporcionar la espuma suficiente, y es necesario, por tanto, mezclarlo con aceite de coco. Si se emplea únicamente aceite de coco, se obtiene un jabón demasiado insoluble para usarlo con agua fresca; sin embargo, hace espuma con el agua salada, por lo que se usa como jabón marino. Los jabones transparentes contienen normalmente aceite de ricino, aceite de coco de alto grado y sebo. El jabón fino de tocador que se fabrica con aceite de oliva es de alto grado de acidez.

Para el proceso de saponificación, cada tipo de jabón necesita de diferentes cantidades de materias primas, que se encuentran determinadas por los balances de masa. Estos balances de masa son referenciados por la empresa y se consideran como secretos industriales.

Perfumación y moldeado. Los jabones de tocador y los de lavar son las principales clases de jabón. El jabón de tocador se prepara generalmente con mezclas de sebo y aceite de coco en relaciones de 80/20 o 90/10, y los jabones de gran contenido de grasas tienen relaciones de 50/50 o 60/40 y algunos tienen de 7 a 10% de ácidos grasos libres.

Casi todos los jabones contienen perfumes, aun cuando no se manifieste, cuya función es la de eliminar el olor de jabón puro. Los jabones de tocador se fabrican a partir de materiales selectos y generalmente tienen humedad de 10 a 15%, poseen muy pocos materiales adicionales, con excepción de perfume y una pequeña fracción de dióxido de titanio como agente blanqueador.

El jabón antes de llegar al consumidor pasa por las siguientes operaciones: esto siempre se refiere al hecho que durante el proceso el jabón pasa a través de varios grupos de rodillos pesados, o molinos, que lo mezclan y lo amasan. A causa de la operación de molienda el jabón terminado produce una espuma y en general tiene mejor cualidades, especialmente en agua fría. La operación de molienda es también la forma en que los perfumes se incorporan al jabón frío. Si el perfume se mezclara con el jabón caliente, lo mas seguro es que estos componentes se volatizan evaporándose dichas esencias. Después de la operación de molienda, el jabón se comprime en un cilindro suave y se expulsa en forma continua. Después se corta en barras, se estampa y envuelve.

Fase cristalina en barras de jabón. Las propiedades físicas de la barra de jabón dependen de las fases cristalinas de jabón presentes y de la condición de éstas. Puede haber tres o más fases en el jabón de sodio, según el tipo de grasa utilizada, la humedad y la composición de electrólitos del sistema, así como en las condiciones del proceso.

Los jabones de tocador molidos se trabajan mecánicamente para transformar la fase omega, al menos parcialmente, en la fase beta translúcida, lo que produce una barra de jabón más dura y más fácilmente soluble. Los jabones producidos por flotación contienen ambos tipos de cristales formados en el proceso de congelamiento y también tienen cristales que crecen en el proceso de fundición, cuando abandona el congelador.

Las condiciones de procesamiento se ajustan a una proporción óptima para obtener una matriz cristalizada, que añaden fuerza y rigidez a la barra. En caso de ser necesario, la barra se puede templar por un calentamiento original para darle mayor fuerza y rigidez a la barra.

Subproducto. En toda planta de jabón, siempre se encontrará como subproducto del proceso de saponificación la glicerina. Esta se vende como materia prima para diferentes industrias (recubrimientos de resina y alquídicos; preparación de drogas, cosméticos y pastas dentífricas; producción de tabaco y celofán).

La glicerina es una sustancia incolora, con un sabor dulce a alcohol, de fórmula $C_3H_8O_3$ (1, 2,3-propanotriol), y densidad relativa de 1,26. . La glicerina líquida es resistente a la congelación, pero puede cristalizar a baja temperatura. Es soluble en agua en cualquier proporción, y se disuelve en alcohol, pero es insoluble en éter y muchos otros disolventes orgánicos.

Las grasas y aceites simples son ésteres de ácidos grasos y glicerina. Una vez obtenida como producto secundario en la fabricación del jabón después de haber tratado las grasas y aceites con álcali, la glicerina bruta se purifica por floculación ácida y alcalina, evaporación, destilación y blanqueo.

La base principal del proyecto radica en el concepto de vapor de agua como un gas que se obtiene por evaporación o ebullición del agua líquida o por sublimación del hielo. Es inodoro e incoloro y, a pesar de lo que pueda parecer, las nubes o el vaho blanco de una cacerola o un congelador, vulgarmente llamado "vapor", no son vapor de agua sino el resultado de minúsculas gotas de agua líquida o cristales de hielo.

Muy enrarecido, el vapor de agua es responsable de la humedad ambiental. En ciertas condiciones, a alta concentración, parte del agua que forma el vapor condensa y se forma niebla o, en concentraciones mayores, nubes.

3.1 IDENTIFICACION DE FUENTES DE CONDENSADO EN EL PROCESO

3.1.1 Descripción de la distribución de vapor. El vapor generado por las tres calderas llega a un distribuidor donde por medio de una tubería es repartido a todas las zonas de requerimiento que tiene la empresa, las cuales son: Vacío, pailas, glicerina y materia prima. Se pudo observar que la zona de mayor demanda de vapor es la zona de secado del jabón por medio del vacío.

En algunas ocasiones se presentan fallas esporádicas en el sistema de generación de vapor, por ello es necesario restringir la salida de vapor hacia algunas dependencias.

3.1.2 Descripción de los equipos. Para el proceso de vapor AZUL K utiliza tres calderas: Distral, Continental y Powermaster, cuyas especificaciones son:

Tabla 1. Descripción de las Calderas. Fuente los Autores

PARAMETRO	CALDERA N°1	CALDERA N°2	CALDERA N°3
USO	Generación de vapor	Generación de vapor	Generación de vapor
MARCA	Distral	Continental	Powermaster
MODELO	Titus 2	F112 B	3G-WBS-300-200
AÑO DE COSTRUCCION	1966	1990	1989
CAPACIDAD	200 BHP	250 BHP	300 BHP
COMBUSTIBLE	Gas Natural	Gas Natural	Gas Natural
GENERACIÓN DE	2509	3136	3764

VAPOR (Kg vapor/h)			
CONSUMO DE COMBUSTIBLE	90 m ³ /hora	90m ³ /hora	90m³/hora
TIEMPO DE TRABAJO	Stand-by	24 horas/dia	24 horas/dia

Las calderas están ubicadas una al frente de la otra, en una base de concreto no combustible. En todos los lados de las calderas hay suficiente espacio lo cual permite el acceso a las mismas con el fin de poder inspeccionar y mantenerlas adecuadamente.

Las calderas operan con tiraje por chimenea y poseen un tubo de exhosto adecuado para la salida de los gases de las calderas.

Puesto que las calderas operan en paralelo tienen chimeneas independientes. Estas chimeneas llevan una campana ubicada en la pared superior de la chimenea para protección de aguas lluvias.

Además en cada salida de vapor se usa una válvula de no retorno, para permitir la operación individual de cada caldera.

El agua que alimenta a las calderas proviene de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, y es almacenada en un tanque intermedio que posee un sistema magnético de tratamiento de agua el cual la desioniza para evitar la dureza de ésta.

Es de gran importancia denotar que la empresa, en pro de mejorar la calidad del aire, cambió el combustible de sus calderas. Anteriormente se utilizaba fuel oil, en la actualidad se usa gas Natural.

Adicionalmente al vapor generado por las calderas, el vapor que se adiciona al proceso de saponificación en las pailas, el cual se pierde a la atmosfera y no es recuperado por sus propiedades y adicionalmente porque estas pailas no tienen un sistema de condensadores provistos para realizar la recuperación.

3.2 ALTERNATIVAS DE RECUPERACION DEL AGUA DEL CONDENSADO EN LOS PROCESOS TERMICOS.

Al realizar un balance de masa y energía se estableció que la cantidad mensual de vapor eliminado a la atmosfera es de 750 m³/mes, por tanto, es importante, ejecutar lo antes posible una alternativa que recupere este vapor generado ya sea para retornar al proceso o para usos en servicios generales.

3.2.1 Alternativa 1, Filtros de bloqueo de aceite: 99% eliminación de aceites libres, dispersos y emulsionado.

Los filtros de bloqueo de aceite son filtros de cartucho especialmente diseñados y fabricados para la eliminación eficiente de aceites que se encuentran en el agua en forma libre, dispersa o emulsionada.

El cartucho de absorción esta relleno de un co-polimero único. Este elemento absorbe los hidrocarburos y uniones del aceite en un corto periodo de tiempo. El agua entra de manera radial en el filtro de cartucho y el medio de absorción encapsula el aceite y lo solidifica.

Capacidad

Los filtros de cartucho estándar para aceite absorben alrededor de 2 litros de aceite antes de alcanzar un diferencial de presión de 2,5 bar. Después de la saturación el filtro de bloqueo de aceite puede reemplazarse fácilmente. El bloqueo del aceite previene cualquier desviación/ pérdida de aceite.



Figura 2. Filtros eliminadores de aceites

Aplicaciones

- Tratamiento del agua
- Limpiador de fango
- Limpieza de agua desviada
- Retorno de flujo ácido
- Tuberías/ sistemas de purga (Hidr. test) de emisión vertido
- Limpieza de balastos
- Agua superficial de esorrentía

Beneficios

- Eliminación de un 99.9% de todos los aceites en un solo paso
- Bloqueo del aceite en el cartucho después de su saturación, que impide el paso de hidrocarburos
- Eliminación de todos los vertidos emulsificados fuertes en un solo paso
- La capacidad de absorción es 2 veces mayor que su propio peso (y hasta 8 veces mayor)
- Bloqueo/no liberación de hidrocarburos adsorbidos
- No contacto directo con media saturada durante su manipulación
- Flujos altos
- Fiabilidad y solución sencilla

- Fácil manipulación y funcionamiento
- Se acopla en unidades existentes de cartucho

Especificaciones:

Tabla 2. Especificaciones de los Filtros removedores de aceites

Media de absorción	Bloque de aceite
Capacidad de absorción del medio	2 Kg. de hidrocarburos por cartucho2
Eficiencia	> 99%
Máxima temperatura de operación	60 Celsius
Rango de operación	pH 1-9
Peso del medio por cartucho	0.5 Kg.
Longitud del cartucho	40"
Diámetro del cartucho	2 1/2 "
Conexión	Tipo 222 (Código 3)
Material de construcción del cartucho	Polipropileno (caps y estructura externa)
Flujo máximo recomendado	500 litros/hora/cartucho (2.2 GPM)
Presión requerida de retorno	No requerida
Pre-filtración requerida	25 micron

Es una alternativa viable pero genera un residuo sólido para disposición como residuo peligroso dado su impregnación con aceites.

3.2.2 Alternativa 2, Reuso de Condensados de Saponificación mediante Resinas de Intercambio Iónico.

Para llevar a cabo un proyecto que incluya resinas de intercambio iónico, se debe verificar principalmente que no haya emulsión entre la fase agua-aceite, por tanto, se debe establecer la necesidad de un producto que separe dichas fases.

En el objeto de estudio la emulsión es aceite en agua, en la cual el residuo aceitoso esta disperso en la fase acuosa, puede contener cualquier tipo de aceite dentro de un intervalo grande de concentraciones. Estos aceites pueden extraerse del agua mediante hexano, tetracloruro de carbono, cloroformo o freon. Además de los aceites estas emulsiones pueden contener sólidos, limos, emulsificadores, jabones, limpiadores, solventes y otros residuos.

- a. Rompimiento de emulsiones: Pueden romperse empleado métodos físicos, electrolíticos o químicos. Para esto puede usarse la coagulación, flocuación o la adición de ácidos como el HCl que es muy reconocido por su acción en el rompimiento de emulsiones.
- b. Carbón Activado: La adsorción es un proceso por el cual moléculas de impurezas se adhieren a la superficie del carbón activado. La adherencia es gobernada por una atracción electro-química. El carbón activado es preparado a partir de diversos materiales, tales como, carbón, madera, cáscaras de nueces, turba y petróleo. El carbón se transforma en "activado" cuando es calentado a altas temperaturas (800 a 1000°C) en la ausencia de oxígeno. El resultado es la creación de millones de poros microscópicos en la superficie del carbón. Esta enorme cantidad de área superficial proporciona grandes oportunidades para que tenga lugar el proceso de adsorción. El carbón activado tiene una fuerte atracción adsorptiva para otras moléculas

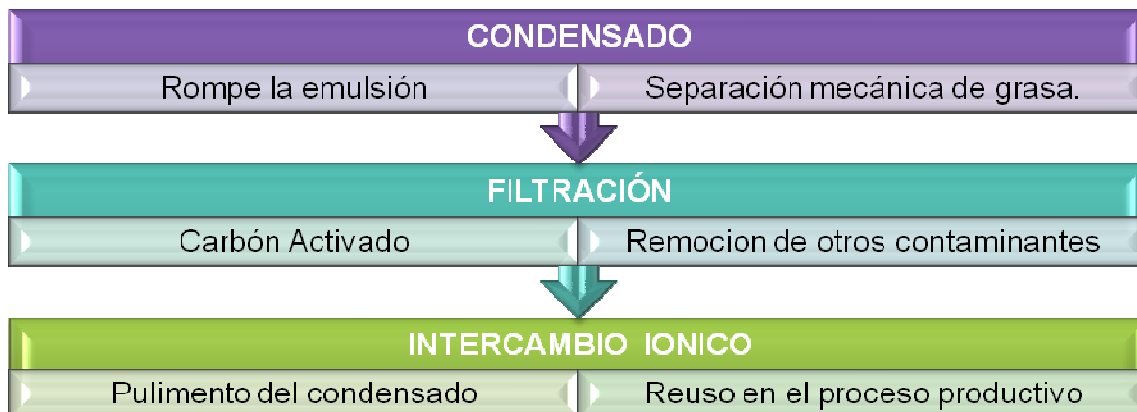
(orgánicas) basadas en el carbono, y es excelente en retener firmemente moléculas más pesadas tales como compuestos orgánicos aromáticos (aquellos que pueden ser oídos). Los filtros de carbón activado remueven los compuestos orgánicos volátiles (VOC), los pesticidas y herbicidas, los compuestos con trihalometano, radon, los solventes y otros productos hechos por hombre y que encontramos en las aguas.

- c. Intercambio Iónico: Este remueve de un agua cruda los iones indeseables transfiriéndolos a un material sólido, llamado intercambiador iónico, el cual los acepta cediendo un número equivalente de iones de una especie deseable que se encuentra almacenada en el esqueleto del intercambiador. Este tiene una capacidad limitada para almacenar iones que es conocida como capacidad de intercambio, en virtud de esto, llegará finalmente a saturarse de iones indeseables. Entonces se le lava con una solución regeneradora que contiene la especie de iones deseables, y genera nuevamente su utilidad en el proceso.

Recomendamos que para este fin y dadas las características del agua de condensado se utilice la resina Dowex Marathon 11, que acepta altas alcalinidades.

Dado esto, el proceso propuesto se describe en el siguiente diagrama:

Figura 3. Propuesta 2, Intercambio Iónico



Si bien, esta alternativa es viable técnicamente se puede establecer la necesidad dentro del proceso para generar alguna eliminación de pasos dentro de la propuesta a seguir. El intercambio iónico es una solución altamente eficiente dado que se instalaría una resina de sacrificio con el fin de evitar la regeneración dada por las características de la tecnología y que puede ser complicada dado el tipo de agua.

3.2.3 Alternativa 3, Reuso de Condensados de Saponificación mediante Osmosis Reversa.

Al igual que el proceso mediante intercambio iónico, previo al uso de la tecnología elegida, se debe realizar dos pasos previo, uno que sustituye una segunda opción.

- a. Rompimiento de Emulsión: Puede realizarse con productos químicos convencionales o en este caso con algún ácido que paralelamente mejorará las características de pH y alcalinidad para la alimentación de la osmosis reversa. Deben separarse las grasas por medios mecánicos.

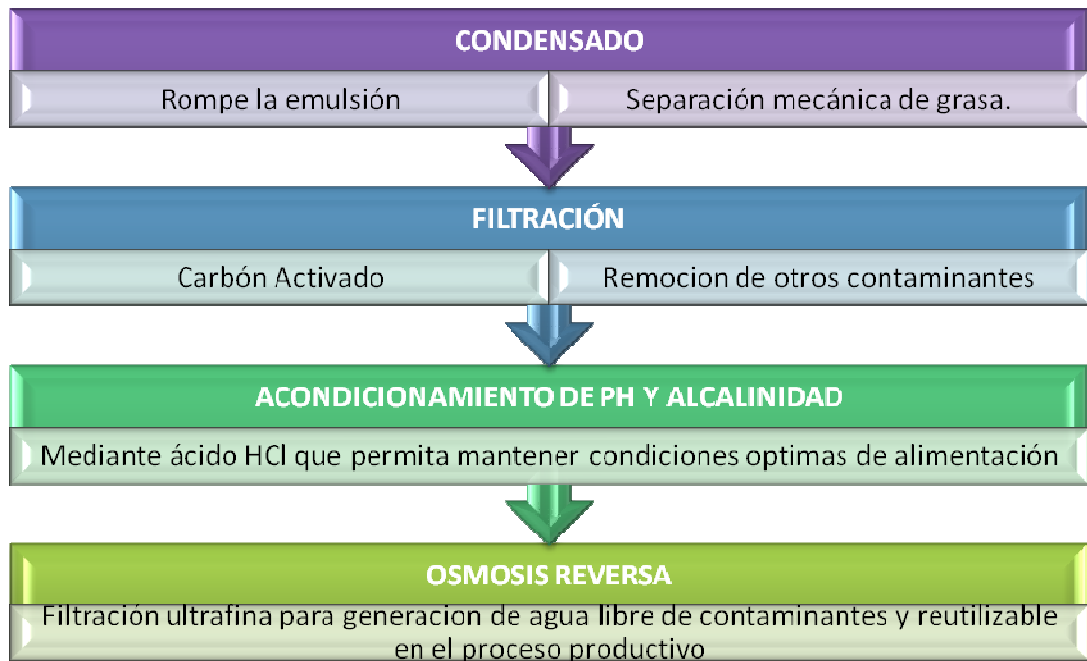
- b. Carbón Activado: Este proceso eliminara los sólidos y parte de la materia orgánica y grasa que no se elimino en el rompimiento de la emulsión.
- c. Acondicionamiento de pH: Si en el rompimiento de la emulsión no se genera un cambio brusco de pH que permita la alimentación a la osmosis, debe generarse un proceso de acondicionamiento para que el equipo reciba y no genere daños por las condiciones tan agresivas que pueden ingresar a partir de un pH aproximado de 12 unidades. Esto puede hacerse mediante productos químicos acidos que mantengan una alcalinidad M que no sobrepase las 88 ppm y un pH entre 6 y 8 unidades.
- d. Osmosis Reversa: Se puede decir que se está haciendo lo contrario de la ósmosis, por eso se llama ósmosis inversa. Téngase en cuenta que en la ósmosis inversa a través de la membrana semipermeable sólo pasa agua. Es decir, el agua de la zona de alta concentración pasa a la de baja concentración.

Los usos industriales pueden resumirse así:

- Producción de agua desmineralizada: las membranas de baja presión eliminan la mayor parte de las sales en el agua, finalizando su desmineralización total con el intercambio iónico.
- Producción de agua ultrapura: además de eliminar las sales en el agua y una gran variedad de sustancias orgánicas, también depura microorganismos consiguiendo un agua ultrapura.

Dado esto, el proceso propuesto se describe en el siguiente diagrama:

Figura 4. Alternativa 3, Osmosis Reversa



Todas las alternativas son viables siempre y cuando en los casos de resina y osmosis la temperatura del agua no sea superior a 30 °C, y aunque en muchas oportunidades el reuso se da para el aprovechamiento de la energía desprendida de estos procesos, es importante, que se incluyan otras fuentes a recuperar con el fin de mantener las condiciones ideales de temperatura.

3.3 CARACTERIZACIÓN DEL CONDENSADO.

Al realizar un análisis físico-químico del condensado generado en los procesos de saponificación.

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	VALORES OBTENIDOS
pH, unidades	12,1
Alcalinidad P (ppm CaCO ₃)	382,356
Alcalinidad M (ppm CaCO ₃)	720,594
Alcalinidad OH (ppm CaCO ₃)	44,118
Dureza (ppm CaCO ₃)	16,668
Cloruros, ppm Cl	12,1
Sílice, ppm SiO ₂	21,4
Hierro, ppm Fe ⁺³	3,5
DQO, (mg/L)	843
Grasas y Aceites (mg/L)	85

Basados en estos parámetros que pueden ser puntuales y los cuales deben ser objeto de otros estudios, se realizará la verificación de alternativas para el reuso de agua. Es importante, que se realice un monitoreo compuesto o se verifique durante un periodo de tiempo no menor a dos meses las variaciones que allí se presentan para así, encontrar la solución más eficiente en todos los rangos de operación.

Dado que en este momento existe una persona realizando este proyecto con todos los requisitos técnicos y económicos, la investigación y desarrollo requerido y el potencial para ejecutar la verificación de variables, solo daremos alternativas a implementar para que técnicamente sean tenidas en cuenta por la persona que está realizando todos los monitoreos respectivos en las instalaciones de AZUL K S.A. A su vez que para la empresa de estudio sean viables económicamente para manejar en su implementación.

3.4 PROCESO DE RECUPERACIÓN DE CONDENSADOS DE LOS PROCESOS DE SAPONIFICACION.

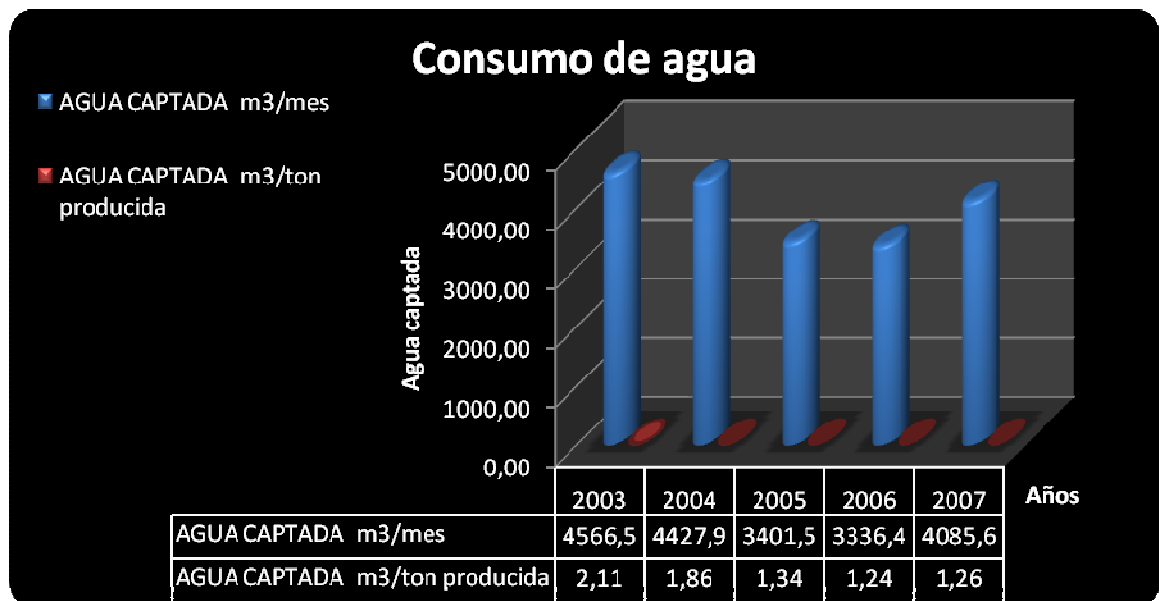
Dadas las características de una empresa como AZUL K, que desde el 2007 fue declarada empresa de bajo impacto ambiental en el concurso de meritos que lleva a cabo la secretaria distrital de ambiente (PROGRAMA DE EXCELENCIA AMBIENTAL DISTRITAL PREAD), en donde adicionalmente se obtuvo el titulo de Empresa con Excelencia Ambiental generando desarrollo sostenible, es importante que ese proceso de mejoramiento continuo se mantenga con alternativas de recuperación de recursos.

3.4.1 Consumo de agua en la industria AZUL K S.A. En la empresa de jabones AZULK S.A, se consume agua en las siguientes zonas:

1. Áreas administrativas uso en baños y cafetería.
2. Recepción De Materias Primas: lavado de pisos, vapor para calentar silos.
3. Blanqueo y desodorización: refrigeración, consumo de vapor, lavado de equipos y pisos.
4. Pailas: agua requerida en el proceso de la saponificación del jabón, refrigeración, lavado de pisos y equipos, consumo de vapor y corte de lejías.
5. Planta de glicerina: refrigeración, consumo de vapor, lavado de equipos y pisos.
6. Planta de vacio 1 y 2: agua para el funcionamiento de equipos, lavados de pisos y equipos.
7. Planta de tocadores A, B, y C: elaboración del jabón, lavado de pisos y equipos, refrigeración.
8. Planta de líquidos: elaboración del producto, lavado de pisos y equipos.
9. Planta de cremas: elaboración del producto, lavado de pisos y equipos.

Siendo el consumo del agua un aspecto ambiental significativo como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 5. Consumo de Agua en los Últimos Años. Fuente: Recibo Agua

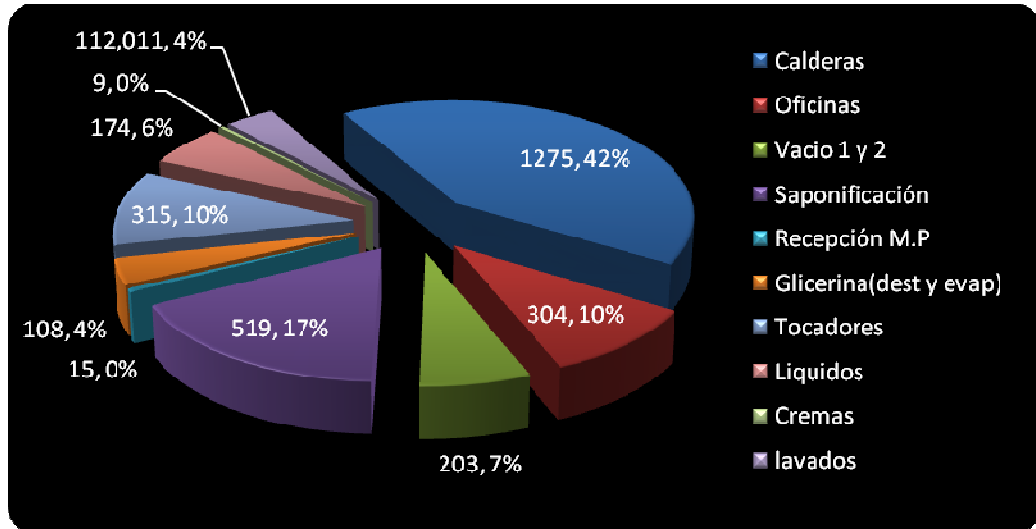


En la figura 5 se observa que, a través de los últimos años, desde el 2003, la empresa de jabones AZULK S.A ha venido reduciendo el consumo del recurso agua optimizando sus procesos tales como:

- Implementación de un tanque de sedimentación en planta de glicerina.
- Implementación de un tanque de condensados el cual recupera los vertimientos en los procesos de destilación y las reincorpora de nuevo al proceso productivo. Aunque actualmente dado que no se le realiza un procedimiento adecuado para el manejo, el agua aquí contenida es desechada por que se generan procesos de descomposición del glicerol.
- Recuperación del agua en el momento de los lavados por cambio de formato o referencia*, mejorando de ésta forma el proceso de la fabricación del jabón y sus subprocesos.

La figura 6, presenta la distribución porcentual y consumos de agua en las diferentes zonas de la empresa.

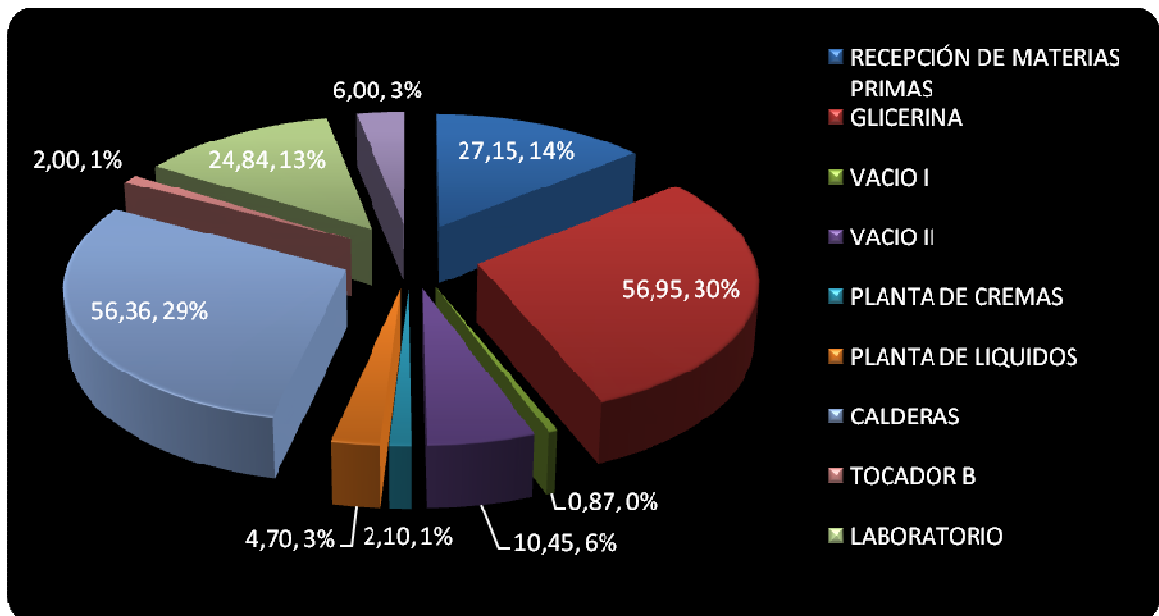
Figura 6. Distribución Porcentual de los Consumos de Agua. Fuente: Autores



En la gráfica anterior se puede observar que la zona en donde más se consume agua es en calderas con un 42%, luego en saponificación con un 17% y en donde más se generan residuos líquidos es en la zona de glicerina y de calderas (ver figura 7)

Adicionalmente, separamos el consumo de aguas de acuerdo a los procesos específicos donde esta es utilizada.

Figura 7. Generación de agua en los procesos de producción m3/mes en AZUL K S.A. Fuente: Los autores.



3.4.2 Generación de Alternativas: En primer lugar, se debe crear la instalación de un condensador para realizar el muestreo de características y adicionalmente para realizar el cambio de fase respectiva.

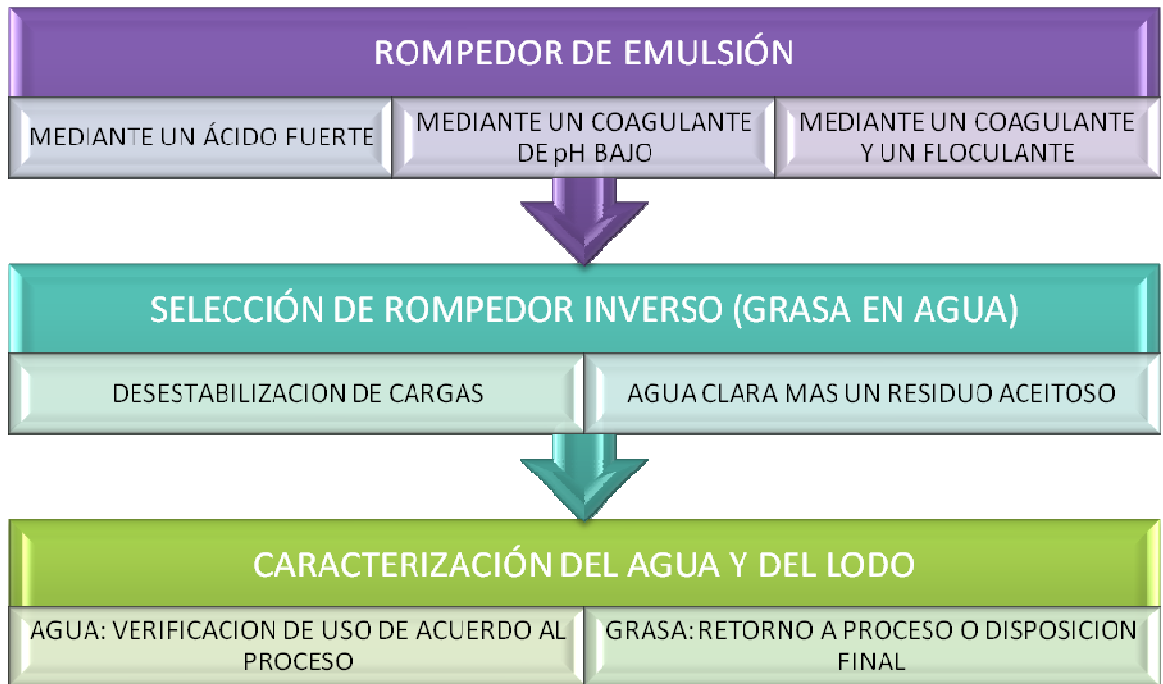
En cualquier operación en la que un material sufre de un cambio de fase se deben tomar disposiciones para la adición o retiro de calor, para prever el calor latente del cambio de fase más cualquier otro calentamiento o enfriamiento sensible que tenga lugar en el proceso. El calor se puede transferir por uno o tres modos distintos o una combinación de ellos (conducción, convección y radiación). El proceso que incluye cambio de fase implica la transferencia simultanea de masas con transferencia de calor.

De acuerdo a las alternativas antes mencionadas es fácilmente recuperable el condensado de los procesos térmicos siempre y cuando se realice mínimo el siguiente listado de actividades:

1. Instalación de trampas de vapor para retornar los condensados generados en las calderas. No es posible utilizar todo el condensado generado por la caldera en alimentación de la misma, pues altas temperaturas, pueden generar problemas con la instrumentación, deformación y cavitación de equipos.
2. Condensadores en cobre para reusar el condensado de pailas en el mismo proceso de saponificación o bien en actividades que requieran de altas temperaturas sin ver afectados equipos por la composición química del producto de estudio.
3. No solo limitarse a los procesos de saponificación, verificar todos los procesos donde puede recuperar agua, pues esta misma puede ayudar a la dilución del condensado de saponificación y a su vez, puede hacerlo más tratable.
4. Realizar todas las mediciones posibles en el proceso donde existan salidas de agua para el fin de reuso, o bien solo enfocarlo a pailas, pero generar caracterizaciones con puntos de variación y a su vez, generar graficas de dispersión que identifiquen el comportamiento promedio con picos de operación y las razones por las cuales son dados estos cambios.
5. Generación de oportunidades de ahorro y uso eficiente del agua.
6. Implementación de soluciones y verificación de resultados dada las alternativas y el uso final del recurso.

En la figura se observa el resumen de alternativas y los planteamientos básicos encontrados en el estudio. Ya la puesta en marcha será objeto de otro estudio.

Figura 8. Resumen de alternativas



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Con el fin de continuar el proyecto es importante que se establezca que el reuso y reducción de recursos son una alternativa eficiente para reducir costos y mejorar algunas prácticas ambientales.
2. El proyecto es viable y totalmente ejecutable si se llevan a cabo las recomendaciones dadas para verificar todas las alternativas existentes y establecer los costos asociados al proyecto.
3. Esta alternativa es económicamente sostenible si la empresa aplica los incentivos tributarios que son el mecanismo de ejecución de proyecto de inversión ambiental, siendo estos aplicables en las etapas del proceso.
4. Con la implementación de este proyecto se pueden mejorar los indicadores de desempeño ambiental y hacer sostenible el manejo integral de la empresa.
5. Se sugiere realizar pruebas a nivel planta piloto para verificar el funcionamiento de las alternativas propuestas.
6. Como conclusión final del trabajo desarrollado, se establece como alternativa para generar el desarrollo del proyecto, iniciar por el proceso de clarificación o rompimiento de la emulsión y el paso por un filtro de carbón para eliminar olores no deseables, realizado esto depende del uso final del recurso, la implementación de las otras alternativas.

BIBLIOGRAFÍA

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. DIRECCION GENERAL AMBIENTAL SECTORIAL. CENTRO DE PRODUCCION MAS LIMPIA. Guia para el ahorro y uso eficiente del agua. Ed 1. Diciembre de 2002. 500 ejemplares. URL: <http://www.cnpml.org/html/archivos/GuiasDocumentos/GuiasDocumentos-ID1.pdf>

CEPAL. DIVISION DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y ASENTAMIENTOS HUMANOS. Evaluación de la Aplicación de los Beneficios Tributarios para la Gestión e Inversión Ambiental en Colombia. Santiago de Chile, Abril de 2005. 80 p.

THE DOW CHEMICAL COMPANY (1995-2009) Trademark of The Dow Chemical Company ("Dow") or an affiliated company of Dow.

Internet : (http://www.dow.com/liquidseps/prod/dx_mar_11.htm
http://www.dow.com/PublishedLiterature/dh_0200/0901b8038020084a.pdf?filepath=liquidseps/pdfs/noreg/177-01585.pdf&fromPage=GetDoc)

NALCO CHEMICAL COMPANY. Manual del Agua. 1979. Primera Edición.

LENNTech WATER TREATMENT & AIR PURIFICATION HOLDING B.V. Rotterdamseweg 402 M 2629 HH Delft, The Netherlands. 1998-2008. Internet: (<http://www.lenntech.com/espanol/filtracion-aceite.htmixzz0FowffY7c&B>
<http://www.lenntech.com/espanol/filtracion-aceite.htm>)

RIGOLA LAPEÑA, Miguel. Tratamiento de aguas residuales industriales. Barcelona. Boixareu editores, 1989.

ROMERO ROJAS, Jairo. Tratamiento de aguas residuales. Editorial: Escuela colombiana de ingeniería. Bogotá, 2002. p 240-478.

METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización. Editorial: Mcgraw Hill, Tercera edición. España. 1995. P 125-487