LOGISTICA INVERSA EN EL MANEJO DE RESIDUOS PROVENIENTES DEL PROCESO DE SAPONIFICACIÓN EN EMPRESAS PRODUCTORAS DE JABONES EN BARRA

REVERSE LOGISTICS APPLIED TO WASTE MANAGEMENT GENERATED FROM SAPONIFICATION IN BAR SOAP´S MANUFACTURING COMPANIES

Diana Del Pilar Cardenas Rios
Adm. Seg. y S.O, Especialista en Gerencia en Logística Integral
Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
Dicard15@hotmail.com

RESUMEN

Este artículo propone la optimización del tratamiento de aguas glicerinosas y disminución de lodos en un proceso de producción de jabones en barra. Se estudiaron las etapas del proceso de fabricación de jabón y los puntos de generación de aguas residuales, se diseñaron experimentos a nivel de laboratorio realizando análisis en los que se determinó tipo de coagulante a utilizar, eficiencia de la filtración, variabilidad entre otras, usando los residuos generados durante el proceso de saponificación, buscando disminuir el impacto ambiental y reducir la generación de lodos durante la producción. Con los resultados obtenidos a través de los ensayos realizados en laboratorio se hizo selección del sulfato de aluminio como coagulante el cual precipita con mayor rapidez las impurezas, disminuye la presencia de solidos suspendidos y mejora el color del agua, considerando las condiciones de almacenamiento, transporte y facilidad de manipulación se presenta como una ventaja sobre el otro coagulante en prueba el cloruro férrico por ser una sustancia menos peligrosa. Así mismo dentro de los ensayos realizados se dio mayor credibilidad y viabilidad técnica al proceso de filtración como tratamiento primario de estas aguas. A su vez se hicieron las recomendaciones correspondientes al área de producción para los ensayos e implementación en el proceso de producción.

Palabras claves: Logística inversa, aguas glicerinosas, saponificación, lodos, proceso de fabricación, residuos.

ABSTRACT

This paper proposes optimization of glycerol water treatment and sludge reduction in a production of bar soaps. The stages of soap making points wastewater generation were studied , experiments at the laboratory level is bags designed to performing analyzes that type of coagulant was determined to use , efficient filtration , variability among others , using the waste generated during the saponification process , seeking to reduce the environmental impact and reduce sludge generation during production. With the results obtained from the tests performed in the laboratory was selection of aluminum sulfate as a coagulant which precipitates faster impurities decreases the presence of suspended solids and improves the color of the water,

considering the conditions of storage, transportation and ease of handling is presented as an advantage over the other coagulant ferric chloride test for being a less hazardous substance. Also within trials credibility and technical feasibility as the primary filtration process sewage treatment was given. Turn recommendations to the production area for testing and implementation in the production process were made.

Keywords: reverse logistics, waters glycerol saponification, sludge, production process, byproducts.

INTRODUCCION

(REPUBLICA, 2011) La logística se ha venido manejando de forma tradicional ya que los procesos de almacenamiento, transporte y distribución, no se han manejado integralmente ni se ha dado la importancia que juega en las organizaciones como cadena de abastecimiento. Para esta parte de logística también es cierto que se esta consumiendo entre un 35% y 40% del precio total del producto (precio puesto en venta). A hoy y el avance de la tecnología y muchos otros factores, la logística ha ido evolucionando para brindar un mejor servicio, mejor manejo de inventarios control de abastecimiento sistemas de información datos estadísticos tecnología de punta alineación de procesos y departamentos que han ido modernizando a punto que muchos errores han sido corregidos o mitigados, logrando optimizar los recursos en un menor costo y tiempo, sin embargo hay una parte muy importante a la que la mayoría de las empresas les están apuntando, teniendo en cuenta el nivel de conciencia que se ha despertado en las personas o usuarios, y es el tema del cuidado del medio ambiente (SARMIENTO, 2013). Es importante comprometer a todas y cada una de las compañías en el mundo a tomar conciencia del cuidado del medio ambiente, es de aclarar que estos temas de reinversión y de muchas veces reingeniería genera unos costos adicionales que muchas empresas no les gusta asumir o que su poder financiero no es tan sólido que prefieren solo generar el coste mínimo de inversión a corto plazo poco rentable y fácilmente enmascarable para con los entes de control. La logística inversa se encarga de cada una de los aspectos dentro de la cadena de suministro como planificar, implementar y controlar de forma eficiente y al coste optimo del flujo de materias primas, materiales en curso de producción y productos acabados, de su información asociada desde el cliente final hasta cualquiera de los eslabones de una cadena productiva como proveedores, productores y distribuidores con el fin de adecuar los productos en el lugar indicado y crear valor económico, ecológico legal o de imagen, incluyendo actividades como devoluciones, reciclaje ecodiseño y reutilización (Mercedes Hortal, Vicente Francisco Navarro, departamento de Sostenibilidad de Itene, 2011).

1. MARCO CONCEPTUAL DE REFERENCIA

1.1 LOGISTICA INVERSA EN LAS CADENAS DE SUMINISTRO

En nuestro caso vamos a catalogar dos aspectos importantes de la logística inversa uno la reingeniería (proceso de saponificación continuo) y visión del mercado de los productos para el aseo que tienden a ser líquidos y en Colombia no es la excepción, a su vez un análisis de materiales y composiciones químicas con el fin de dar un mejor manejo y disposición de los lodos provenientes de la saponificación. La logística hoy en día es la razón de ser para muchas empresas que viven de esta modalidad de negocio y como estilo de vida, ya que cada día la adoptan más ya que

permite ser integradora de procesos y crear un forma de trabajo que acopla todas las áreas de la compañía en un foco totalmente distinto que abarca la definición de situación ecológica de las empresas y como se pueden beneficiar. En el contexto de la economía de una empresa también se analiza el costeo de su producción, tiempo de entrega de materias primas, por parte de los proveedores según (BOWERSOX DONALD J; CLOSS DAVID J, 2001). Hoy en día las grandes compañías productoras avanzan en sus diseños e innovaciones de nuevos productos, sustituyendo materias primas de mayor costo por unas de menor costo. Es claro que la organizaciones buscan obtener un punto de equilibrio por debajo de sus competencias según el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (2013), la (ANDI), (Vanegas M; Kernbaum S. Seliger G., 2004). (SANCHEZ, 2004), (Logyca, 2009).

Siendo consecuentes con el deterioro del planeta, las grandes organizaciones y grupos ambientales, ponen en tela de juicio el comportamiento de los productos que generan impacto negativo sobre el medio ambiente, lo cual se expresa por medio de marchas multitudinarias en las grandes ciudades, exigiendo cambio de cultura y hábitos en el comportamiento ambiental de los grandes productores (R, 1998). Cuando los grandes productores empiezan a ver bajas en sus ventas debido al tema ambiental, se empiezan a dar los grandes cambios en sus procesos productivos tales como reconversión tecnológica, producción más limpia y programas de pos-consumo. Según el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (2013), pos consumo, hace referencia a aquellos productos que después de ser utilizados y quedan sin vida ya sean (aparatos o bienes) al ser arrojados a la basura por los usuarios estos pasan a ser un residuo pos consumo, siendo esto una estrategia para resurgir en los mercados y ser más competitivos a nivel local e internacional de acuerdo con el Decreto 4741 de 2005, capitulo IV Articulo 21-23. Estas estrategias siguen unos parámetros de acuerdo a las reglamentaciones o lineamientos establecidos en las cumbres ambientales como Kioto y Rio entre otras. Las materias primas que antes eran utilizadas para la producción de los productos empiezan a ser parte de un balance de aspectos que pueden ser parte o pueden incorporarse como un residuo, evidenciando maneras de desarrollo sostenible dentro de estas con el fin de implementar estrategias verdes como lo son el pos consumo, que es simplemente una manera de ver la logística inversa (Logyca, 2009).

Básicamente estos residuos deben devolverse a sus Productores (que son los fabricantes o importadores del producto) a través de los Programas Pos consumo para que sean aprovechados sus materiales y para que no generen impactos a la salud y al medio ambiente (SANCHEZ, 2004). El producto final que es entregado por los productores tiene repercusiones en los grandes distribuidores ya que se adopta la estrategia del reciclaje para los productos que pueden ser adecuados para tal fin, generando un valor agregado a las compañías dentro de un marco de gestión ambiental, como política de integración de un sistema de gestión (ANDI, 2009). Además, la población está cada vez más implicada en los procesos de reciclaje (Vanegas M; Kernbaum S. Seliger G., 2004). Por todo ello la logística Inversa es un proceso muy importante como parte del cierre del ciclo logístico.
A medida que la legislación ambiental es cada vez es más restrictiva para evitar el impacto generado por las materias primas y productos, las cuestiones medio ambientales se vuelven cada vez más prioritarias para las compañías llegando a una escala social dentro de estas encaminadas a una educación ambiental, lo que les da

un valor agregado ya que son de bajo costo y repercuten en una alta eficiencia en sus producciones respetando el medio ambiente mitigando los impactos ambientales generados dentro de estos (CENTRO INTERNACIONAL DE RESPONSABILIDAD SOCIAL & SOSTENIBILIDAD, 2013). El impacto ambiental según (Amaya, 2008) se genera por nosotros los humanos por no tener conciencia del cuidado de nuestra naturaleza, por la tala de árboles, la contaminación de nuestros mares y ríos atacando nuestras especies, los plaguicidas, fertilizantes, el uso de productos de aerosol, los proyectos de urbanización que hacen que acaben con nuestra naturaleza. La tendencia con el manejo de logística inversa y/o verde es poder lograr reducir con conciencia los efectos negativos sobre nuestro planeta tierra para lograr la conservación del mismo (R, 1998).

Las devoluciones forman parte de otro problema visto desde la perspectiva de la logística inversa, ya que eran productos que de una manera no se volverían a incorporar dentro del proceso productivo de los grandes productores, ya que no se tenían estrategias para la reutilización y reciclaje de estos (Vanegas M; Kernbaum S. Seliger G., 2004). Sin embargo al ver de una manera sostenible que esta estrategia podría brindarles beneficios económicos incorporando estos productos al proceso y obtener mejoras dentro de sus procesos de acuerdo a las fallas encontradas en estos productos.

Es aquí donde el cuidado del planeta empieza a tener importancia para la logística inversa, implicando cambios en las etapas de producción, haciendo el análisis desde el momento de la investigación y desarrollo, su empaque, creando productos que sean reutilizables en el proceso productivo y se haga un rediseño en el proceso productivo el rediseño de la parte de distribución donde se deben establecer los medios para recibir en devolución los productos por daños, reclamaciones, de recuperación o en su defecto por exceso de inventario (ANDI, 2009). Así mismo establecer en las empresas programas de concientización de reciclo y programas de residuos peligrosos. Según BENAVIDEZ (2000) uno de los mayores problemas a nivel mundial en las industrias productoras de Jabón es la acumulación de lodos en los procesos para la obtención de este. La necesidad de darles un uso adecuado o una disposición adecuada, nos hace pensar que es uno de los problemas medioambientales más importantes de la actualidad en cuanto a la contaminación de los ecosistemas terrestres y acuáticos debido a la alta carga orgánica contenida en estos.

Debido a esta problemática las autoridades ambientales han venido trabajando en las legislaciones mucho más rígidas para la mitigación de los impactos ambientales causados por los residuos y/o lodos provenientes de los procesos químicos, ya que sus cargas contaminantes afectan directamente al suelo y al agua (ALONSO, 2013). Es así como vemos que para Colombia se viene trabajando en una normatividad que reglamenta todos los vertimientos a fuentes artificiales y naturales con parámetros restrictivos hasta para un promedio de 20 años, obligando a las empresas a que cierren sus ciclos en los procesos productivos y reduzcan sus residuos generados en estos procesos de acuerdo al numeral 14 del artículo 5 de la Ley 99 de 1993. Los lodos pueden ser de características peligrosas o no peligrosas de acuerdo al tipo de proceso en el que se encuentre la industria. De acuerdo con esto, la legislación colombiana regulo estos residuos según el Decreto 4741 de 2005 capitulo II Articulo 6-8 **"**por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral."**,** con el fin de que los procesos productivos no generen este tipo de residuos para lo cual deben realizar un tratamiento a estos antes de ser enviados a rellenos sanitarios o

por consiguiente contratar una empresa autorizada para realizar una disposición final adecuada.

En las empresas dedicadas a la producción y a la elaboración de jabones en barra, según (PHILIP S BAILEY; CHRISTINA A BAILEY, 1998) la saponificación consiste en un proceso de convertir las grasas en jabón. Siendo esto una reacción y/o transformación química ÁCIDOS GRASOS + SOLUCIÓN ALCALINA = JABÓN + GLICERINA. Para estos subproductos es necesario desarrollar una estrategia el cual nos permita disminuir los residuos generados en sucesos anteriores, promoviendo el buen desarrollo sostenible de los recursos. Para esta etapa de la saponificación, las aguas con contenido de glicerol de un 8% (Sublejías), son llevadas a un proceso de tratamiento con el fin de eliminar impurezas (Lodos) de materias primas, y concentrar el contenido de glicerol a un 80%, para luego ser filtradas y obtener un producto con una concentración del 99% (TITUS, GALEMA Samuel; Oblitas Xavi Castellví, 2011). Este tratamiento se basa en una fase acida y una fase alcalina, con el fin de precipitar las impurezas de la fase acida y evitar la formación de jabones metálicos en la fase alcalina.

En la actualidad el proceso que se realiza en la empresa en estudio, para la fabricación del jabón en barra, se indica en el siguiente diagrama y se explicará detalladamente a continuación:

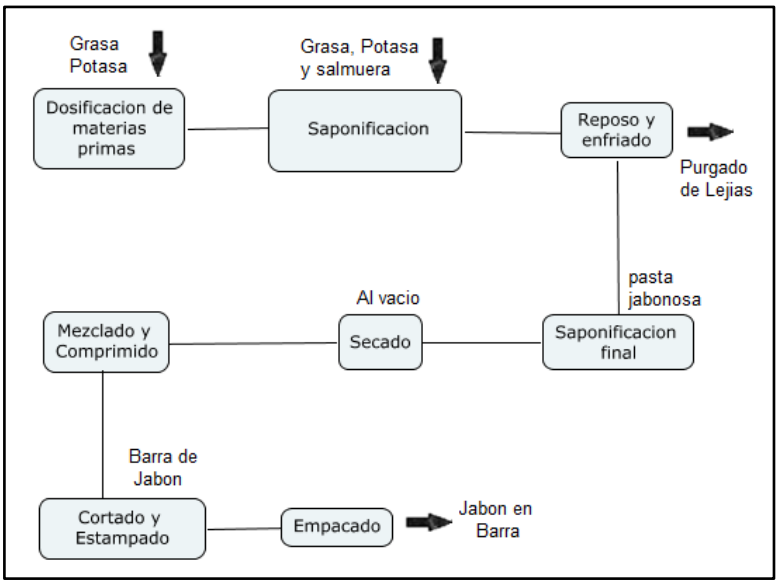

Figura 1. Descripción del proceso de Fabricación de Jabón en Barra.
Fuente: Manual de procedimientos estándar Empresa en estudio.

1.2 PROCESO DE FABRICACIÓN DE JABÓN EN BARRA.

Para poder obtener en una planta de producción un proceso continuo se debe tener en cuenta como operan las condiciones de temperatura y presión. Es importante contar con un sistema de tecnología de punta que permita optimizar la materia prima por unidad de producto elaborado, se ha estimado que el tiempo de residencia en el reactor de saponificación, desde cuando se alimenta la materia prima, hasta la

descarga de la masa jabonosa oscila en un rango de 30 minutos (ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PREVENTIVAS.).

Este es un proceso de reingeniería total y logística inversa en una proporción macro, con la visión de explorar a nuevos mercados (líquidos) es muy cierto que lo niveles de Detergencia en Colombia va en aumento al igual que en el resto del mundo, y el mercado de los líquidos está empezando a ocupar un lugar importante dentro de la conciencia del consumidor y las crecientes campañas en los colegios, el estado ,las marchas, los beneficios tributarios y demás, dan a renombrar un nuevo mercado en los productos para el aseo, quedando hacia atrás los jabones en barra que cada año están perdiendo mas participación en los mercados actuales y que según su tendencia irían a ocupar estatus muy por debajo de los actuales según (METRO, 2012). El proceso de saponificación continua en si nos daría elementos y Sub – Productos derivados de este mismo que son base fundamental para la elaboración de líquidos (alcoholes grasos y otros sub productos resultantes de un proceso de saponificación continuo. Actualmente tenemos un proceso similar, pero lo usamos en la obtención de metilester (ácido palmítico) este es un sub-producto para la elaboración de los Detergentes (polvo-liquido) jabones en Barra línea ecológicos según (MATOS, 2012) . El resultante de este proceso de saponificación continuo es la obtención de Sub-Productos bases para los líquidos, adicional el producto mucho mas rápido y con mejores condiciones de calidad. Para poder realizar un proyecto que cumpla el proceso de saponificación continua y cumplir con estas condiciones se necesita mucha inversión, MP de mejor calidad, acondicionar instalaciones, capacitar personal, es una tarea muy larga pero con beneficios a largo plazo que garantizaría la sostenibilidad de la empresa, manteniendo la competitividad en el mercado que se muestra y seguir con la pauta mostrando el liderazgo en el mercado colombiano. Según (CARLOS, 2009) una de las mayores retos de las compañías de productos de aseo es brindar es poder ofrecer productos de calidad, tecnología de punta, procesos altamente automatizados, permitiendo que el coste de producción disminuya. Es aquí donde se habla de sostenibilidad todos los procesos son sostenibles uno del otro, la elaboración de subproductos son materia para los otros procesos y así se sostienen uno detrás del otro. La oportunidad que se tiene con el proceso de saponificación continua es elaborar un jabón en barra en menos tiempo, con una alta probabilidad de no obtener lodos y crear un proceso que contenga todos los requisitos necesarios para obtener un proceso que cumpla con todos los estándares de calidad según Norma ISO 14000, OSHAS18000 y ISO 9001, proyecto de calidad integral con altas probabilidades de certificar los productos que de allí se deriven, con sellos de calidad nacionales e Internacionales explorando así nuevos mercados. Así el tema de logística inversa quedaría en un muy buen concepto aplicando sostenibilidad del producto a muchos años, logrando un proceso de producción mas limpio, ahorro de energía, ahorro de agua, mejoras en las condiciones ergonómicas de los empleados (CENTRO INTERNACIONAL DE RESPONSABILIDAD SOCIAL & SOSTENIBILIDAD, 2013).

De acuerdo con la Norma No. IN-645-002 Pag. 2 de 4 (Saponificación de materia grasa). En el proceso de fabricación de jabón se dosifica las materias primas para la carga, estas pasan a la saponificación inicial en donde se convierte el cuerpo graso en jabón, haciendo actuar sobre las grasas la sosa o potasa. De allí se incorpora la salmuera y la mezcla se agita durante 30 min (EMPRESA EN ESTUDIO, 2012). La reacción química genera un aumento de temperatura, luego se deja el conjunto en

reposo hasta dejar enfriar el contenido de la caldera a temperatura ambiente. De esta manera se consigue que se libere masa de su exceso de lejía, quedando la masa en un pH neutro (ESTUDIO, 2010). Esta masa queda durante 12 horas en reposo, para alcanzar una temperatura ambiente, luego de este reposo se forman dos capas, una superior constituida por el jabón solidificado en forma de pasta neutra y en el fondo de la caldera las aguas glicerinosas, pasa a un proceso de purgado donde las aguas glicerinosas se evacuan por el dispositivo de purga, que se vacía sobre el conducto que ha de llevarla al tanque colector. Al realizar el purgado, la masa que se encuentra en la caldera pasa a un proceso de saponificación final, en donde se agita el dispositivo de caldeo para obtener una pasta jabonosa. Se envía a secado, el cual es realizado al vacío, se mezcla y se comprime para formar la barra de jabón, se corta según la referencia requerida y pasa a un túnel de secado donde es estampado. Posteriormente las piezas pasan al empacado en donde sale el producto terminado a un almacenamiento temporal, distribución y entrega al cliente. El proceso de saponificación en la fabricación del jabón en barra se realiza en pailas, con una generación cada día de 85 a 90 toneladas de aguas glicerinosas (ESTUDIO, 2010), (ALONSO R. H., 2009). De acuerdo con los ensayos a realizar se tiene en cuenta lo siguiente:

- **La coagulación,** se realiza en el primer tanque utilizando como coagulante cloruro férrico, la duración se estima entre 45-60 minutos agitando con aire. Al final de este proceso el pH debe encontrarse entre 3,5 y 4. Se deja en reposo 1 hora antes de enviar a filtración preliminar (ESTUDIO, 2010).
- **Filtración:** Se realiza en dos filtros prensa (20 t c/u) donde el proceso tiene una duración aproximada de 8 horas. El lodo generado es de 6 t en 24 horas. Estos lodos son almacenados en bolsas y posteriormente son dispuestos por la entidad encargada (ESTUDIO, 2010).
- **Alcalinización:** Se realiza adicionando hidróxido de sodio (aproximadamente 720 – 800 kg) la cual se adiciona por gravedad con calentamiento con vapor a una temperatura de 80 – 90ºC. Esta agua se deja en decantación y reposo en el tanque por 12 horas. El pH resultante debe estar entre 10 –12 Norma No. IN 655 002 Tratamiento Alcalino.
- **Filtración:** Se realiza en el tercer filtro prensa, solo si es requerido (si se encuentra grasa remanente), en 16 horas se filtran 80 t, a un pH de 12. Estos lodos son almacenados en bolsas y posteriormente son dispuestos por la entidad encargada (ESTUDIO, 2010).

1.3 DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS GLICERINOSAS

En la actualidad el proceso que se realiza en la empresa en estudio, para el tratamiento de aguas glicerinosas generadas en el proceso de saponificación en la fabricación del jabón en barra se indica en la figura No. 2 y se explicara detalladamente a continuación de acuerdo con la Norma No. IN 655 002 Tratamiento Alcalino.

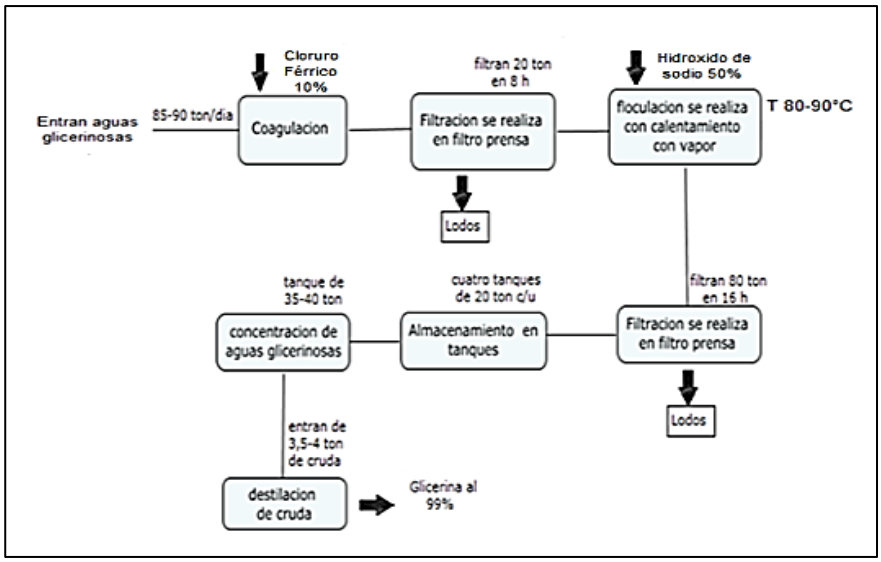

Figura 2. Proceso actual del tratamiento de aguas glicerinosas
Fuente: Manual de procedimientos estándar empresa en estudio.

El proceso de obtención del jabón se realiza por medio de batch, entre menor sea la temperatura de operación permite tener un control de la reacción. Esta reacción implica un mayor tiempo para alcanzar una completa saponificación, el cual incide en aumento de consumo de MP, energía eléctrica y consumo de vapor (ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PREVENTIVAS.). Al completarse la reacción de saponificación, se realiza el lavado del jabón que se forma en un contactor continuo de disco rotatorio en contracorriente. La etapa de terminado del jabón se realiza en una planta existente en el proceso batch o por medio de una centrifuga continua. En este proceso se obtienen las aguas glicerinosas, partiendo de las sublejías de saponificación de aceites y grasas. Una vez clarificadas y filtradas, las sublejías se neutralizan empleando indistintamente un tratamiento ácido y un tratamiento alcalino, concentrándolas mediante calentamiento con un serpentín a vapor indirecto en tanques abiertos con mucha superficie de evaporación esta concentración determina que resulten cristalizadas sales en gran cantidad (ALONSO R. H., 2009).

2. METODOS Y MATERIALES

2.1 FILTRACIÓN

Se realizaron cuatro ensayos de laboratorio para evaluar el comportamiento de las aguas neutras realizando filtración, para la realización de este procedimiento se tomó 500 ml de muestra de aguas glicerinosas y se filtró con tela lienzo de algodón en embudos, se tomó las muestras en días diferentes y se determinó el pH inicial y la cantidad de sólidos suspendidos. En la (Figura 3) se muestra el proceso.

Figura 3. Ensayo de filtración en el laboratorio

Fuente: Laboratorio Empresa en estudio.

Los datos obtenidos se presentan en la (Tabla 1).

Tabla 1. Condiciones iniciales de las muestras.

Prueba día	pH	Sólidos suspendidos (g)
1	10,27	6,32
2	8,54	6,27
3	9,46	6,08
4	8,91	5,98
5	10,6	6,46
6	9,51	6,14
7	10,4	6,73
Promedio	6,28	
Desviación Estándar	0,25	
Coeficiente de Variación	4,03	

Fuente: Laboratorio empresa en estudio.

En la tabla se observan los datos de la cantidad de sólidos suspendidos y el promedio que se obtuvo es de 6,28 g, con una desviación estándar de 0,25 que indica un porcentaje de variación de la cantidad de sólidos suspendidos de un 4%.
La muestra filtrada presenta un cambio en la apariencia: disminución de la intensidad del color y en la presencia de sólidos en suspensión, como se puede observar en la (Figura 4) Laboratorio (EMPRESA EN ESTUDIO, 2012).

Figura 4. Comparación entre agua Neutral inicial y agua filtrada
Fuente: Laboratorio empresa en estudio.

2.2 COAGULACIÓN – DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE

Se realizó una prueba de jarras para determinar qué cantidad de coagulante se requiere, para ajustar el pH a un valor cercano a 4. Se utilizó un sistema de agitación de paletas movido por un motor eléctrico. Cada día se tomó una muestra de 500 ml de aguas glicerinosas y se utilizó como coagulantes cloruro férrico y sulfato de aluminio con las siguientes condiciones (ALONSO R. H., 2009).

Velocidad de Agitación: 50 rpm; Tiempo de agitación: 10 min; Volumen de la muestra: 500 ml Coagulantes: Cloruro Férrico concentración al 10%, Sulfato de Aluminio concentración al 10%.

Tabla 2. Dosificación de coagulantes: Cloruro férrico y Sulfato de aluminio.

Muestra día	pH inicial	Cloruro Férrico 10%			Sulfato de Aluminio 10%		
		Cantidad (ml)	Concentración (mg/l)	pH final	Cantidad (ml)	Concentración (mg/l)	pH final
1	10,6	4,8	19,2	4	7,9	31,6	4,06
2	10,4	4,2	16,8	4,1	7,8	31,2	4
3	8,54	3,5	14	4,02	7,1	28,4	4,08
4	9,46	3,8	15,2	4,1	7,3	29,2	4,06
5	10,27	4,1	16,4	4,06	7,5	30	4,02

Fuente: Laboratorio empresa en estudio.

La muestra se dejó en reposo por un tiempo de 15-20 minutos para que sedimentara.

- Se observó que la muestra con el sulfato de aluminio precipita con mayor rapidez.
- La muestra con sulfato de aluminio tiene mayor volumen final con respecto a la del cloruro férrico.
- Con el sulfato de aluminio el agua tratada tiene un color más claro que con el cloruro férrico.

A continuación se presentan las gráficas de la relación entre el pH inicial y la cantidad de coagulante requerido para disminuir este Ph (ESTUDIO, 2010).

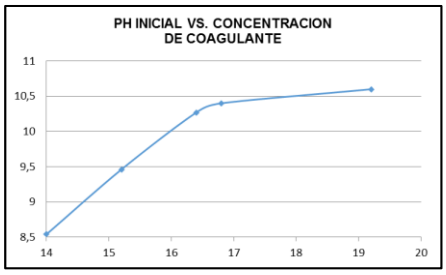

Figura 5. pH inicial vs concentración del Cloruro Férrico
Fuente: Ingenieros Químicos, empresa en estudio.

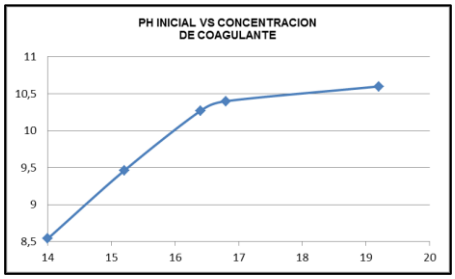

Figura 6. pH inicial vs concentración del Sulfato de Aluminio
Fuente: Elaboración propia.

En estos resultados se observa que para lograr el mismo valor de pH es necesario agregar una mayor concentración de sulfato de aluminio que de cloruro férrico. Revisando los resultados anteriores y graficándolos se observa una clara relación entre el valor de pH inicial y una mayor dosificación de los coagulantes para alcanzar un pH final aproximado a 4,00 (EMPRESA EN ESTUDIO, 2012).

Por lo que se considera un factor importante el pH inicial, luego al comparar los dos coagulantes se observa que con el sulfato de aluminio se utilizó casi el doble de coagulante que con el cloruro férrico, pero en los resultados de color y cantidad de sólidos se observa que el sulfato de aluminio mejora los parámetros, esto se puede observar en (Figura 7 y Figura 8) (CASTAÑO, 2011).

Figura 7. Muestra tratada con Cloruro férrico
Fuente: Laboratorio Empresa en estudio.

Figura 8. Muestra tratada con Sulfato de Aluminio
Fuente: Laboratorio Empresa en estudio.

2.3 SELECCIÓN DEL COAGULANTE

Para la selección de coagulante se debe tener en cuenta ciertos factores que fueron revisados en las pruebas de laboratorio y otros que se deben revisar como son los siguientes:

PH y alcalinidad: El valor de pH entregado por las pailas está entre 9 y 12 y al agregar cada uno de los dos coagulantes el pH baja a un nivel de 4, en los ensayos se utilizó 7,5 ml de sulfato de aluminio y para el cloruro férrico se utilizó 4,2 ml para lograr este pH.

Consideraciones de almacenamiento y transporte. El coagulante debe ser poco perecedero, seguro y fácil de manejar (ALONSO R. H., 2009).

- **Cloruro férrico,** para su almacenamiento se recomienda no usar estanques enterrados ya que es corrosivo, se debe almacenar en estanques atmosféricos de resinas termoestables reforzadas con fibra de vidrio. No deben estar en áreas expuestas al fuego. Teniendo en cuenta su ubicación y clasificación acorde a el

riesgo por su clasificación es una sustancia peligrosa, se requiere que exista un dispositivo lavaojos y una ducha de seguridad cercana (a no más de 30 metros) (OCCIDENTAL CHEMICAL CHILE LIMITADA).

- **Sulfato de aluminio** para su almacenamiento deberá mantenerse en lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor, marcados rotulados y totalmente tapados. La manipulación debe hacerse a través de elementos de protección. Cumplir con las normas de Seguridad Industrial. S u clasificación no es como sustancia peligrosa puesto que para su almacenamiento y transporte es mucho mejor utilizar el sulfato que el cloruro (OCCIDENTAL CHEMICAL CHILE LIMITADA).

- **Disponibilidad en el mercado**.

Sales de Hierro. Se utiliza cloruro Férrico, $FeCl_3$, Sulfatos de Hierro férrico y Ferroso, Fe $(SO_4)_3$ y $FeSO_4$. Estos forman un lodo más pesado y de mayor velocidad de asentamiento que las sales de aluminio.

Sales de Aluminio. El Sulfato de Aluminio, Al_2 (SO_3) $14H_2O$,y el Aluminato Sódico. El sulfato se usa con mayor frecuencia por su bajo costo y manejo sencillo. Estos dos coagulantes se encuentran en el mercado y varían en el costo y número de proveedores: el cloruro férrico solo se consigue con un proveedor certificado y que maneje grandes volúmenes en Colombia (ALONSO R. H., 2009).

- **Costos de Coagulantes**

Los costos fueron suministrados por la empresa en estudio, esta negocia con otra entidad que nos da los costos, los cuales se muestran en la (Tabla 3).

Tabla 3. Costos de Coagulantes

COAGULANTE	PRECIO $ / kg.
Sulfato de Aluminio	500
Cloruro Férrico	800

Fuente: Empresa suministro de Coagulantes

Además de los precios suministrados por la empresa se hizo una cotización adicional en una compañía que son quienes suministraron los valores que se encuentran en la (Tabla 4).

Tabla 4. Costos de Coagulantes

COAGULANTE	PRECIO $ / kg.
Sulfato de Aluminio	**1.400**
Cloruro Férrico	**3.900**

Fuente: Compañía en estudio.

- **Valoración Económica:** 1/día 90 toneladas

Tabla 5. Valoración Económica

Sulfato de aluminio	Cloruro Férrico
700 kg* $500	450 kg*$800
$ 350.000	**$ 360.000**

Fuente: Empresa en estudio.

- **Rendimiento de dosificación** para controlar el pH de la muestra se utilizó más cantidad de sulfato de aluminio que de cloruro férrico, en estos términos podemos decir que es más efectivo el cloruro férrico.

2.4 ALCALINIZACIÓN

De acuerdo con la Norma No. IN 655 002 Tratamiento Alcalino. Luego de que la muestra de agua residual fue tratada con el coagulante sulfato de aluminio y se filtró, se realizó el proceso de alcalinización. Para esto se tomó la muestra de agua tratada y se agregó soda caustica y carbonato de calcio respectivamente hasta que la muestra alcanzó un valor de pH de 10-12. Los datos obtenidos se presentan en la tabla No. 5 (ESTUDIO, 2010).

Tabla 5. Dosificación con Soda caustica y Carbonato de calcio

PH SULFATO	SODA CAUSTICA (ML)	PH FINAL	CARBONATO DE CALCIO (G)	PH FINAL
4,06	3,9	11,50	1,5	11,58
4,00	3,6	11,60	1,5	11,62
4,08	2,7	11,62	1,8	11,54
4,06	3,1	11,51	1,5	11,71
4,02	3,6	11,80	1,5	11,75

Fuente: Compañía en estudio

3. RESULTADOS Y ANALISIS

3.1 ANÁLISIS DE FILTRACIÓN

Como resultado se obtuvo que el agua que fue pre filtrada presento mejor aspecto en cuanto a la disminución de sólidos en suspensión que esta presenta. Este proceso ayudaría en la planta de tratamiento para que el agua llegue en mejores condiciones al proceso de coagulación–floculación y disminuya la cantidad de reactivos utilizados (ALONSO R. H., 2009).

3.2 ANÁLISIS DE COAGULANTES

Las muestras tratadas con sulfato de aluminio presentaron menor cantidad de solidos suspendidos después del tratamiento, igualmente el color se tornó mucho más claro y fue de fácil dosificación. Las aguas tratadas con cloruro férrico presentaron mayor cantidad de impurezas y un color más oscuro, sin embargo se utilizó menor cantidad de coagulante (Cárdenas, 2000).

3.2 COMPARACIÓN DE LOS COAGULANTES

Características a comparar	Sulfato de Aluminio	Cloruro Férrico
Dosificación	Mayor dosificación: se necesita mayor cantidad de coagulante en el proceso de coagulación	Menor dosificación: para el proceso de coagulación se necesita menor cantidad de cloruro férrico
Corrosión	Menor corrosión: el sulfato de aluminio al ser una sal de aluminio presenta fácil manejo sin problemas de corrosividad.	Mayor corrosión: las sales de hierro tienen más problema de corrosividad por lo que los tanques se han visto afectados por el efecto del cloruro férrico sobre estos, llegando inclusive a generar fugas.
Apariencia del agua tratada	Menores impurezas: el agua después del proceso de coagulación sale de un color claro amarilloso que contiene pocas partículas suspendidas	Mayores impurezas: se aprecian más cantidad de partículas suspendidas después del proceso y presenta un color café oscuro
Disponibilidad	Mayor disponibilidad en el mercado: según averiguaciones realizadas se encuentra más fácilmente el sulfato de aluminio en el mercado que otros coagulantes por ser este más utilizado en varios tratamientos de aguas	Menor disponibilidad en el mercado: según datos suministrados por la empresa en Colombia solo cuentan con un distribuidor confiable
Costo	Menor costo. Presenta menor costo con respecto al cloruro férrico.	Mayor costo: el cloruro férrico presenta un costo de aproximadamente el doble de lo que tiene el sulfato de aluminio

3.4 ALCALINIZACION

De acuerdo con la Norma IN 655 002 Tratamiento Alcalino Numeral 5.1.2 dice que al comparar la soda caustica y el carbonato de calcio para alcalinizar el agua, se utilizaron cantidades aproximadas y el aspecto en cuanto a color y sólidos suspendidos resulto muy similar pero no se estimó otras condiciones que puedan afectar el proceso o los equipos. El carbonato de calcio funciona mejor como alcalinizador, para el tratamiento con el Sulfato de Aluminio, ya que este presenta un mejor rendimiento que el hidróxido de sodio (soda caustica) pues se utiliza una menor cantidad. Se debe evaluar la formación de lodos, la velocidad de agitación, ya que se puede mejorar el proceso dando una mejor homogenización en la planta de producción, esto podría realizarse con un sistema de aireación (ALEXANDER, 2007).

4. CONCLUSIONES

La filtración como medida de pre tratamiento, ayuda a mejorar las condiciones de color del agua y la disminución de solidos suspendidos presentes en esta, disminuyendo así, cantidad de insumos y tiempos de tratamiento, lo cual aumenta la productividad del proceso productivo. Se selecciona el sulfato de aluminio como coagulante ya que precipita con mayor rapidez las impurezas, disminuye la presencia de solidos suspendidos y mejora el color del agua; considerando las condiciones de almacenamiento, transporte y facilidad de manipulación se presenta como una ventaja sobre el cloruro férrico por ser una sustancia menos peligrosa (METRO, 2012).

Con esto el lodo disminuirá en un 70% logrando evacuar mayor cantidad de agua que será favorable para el proceso de saponificación. Teniendo en cuenta que la compra de grasas refinadas para la compañía tiene un costo muy alto, se da mayor credibilidad y viabilidad técnica al proceso de filtración como tratamiento primario de estas aguas (CARLOS R. , 2009), Norma No. IN 645 002 Saponificación de materia grasa en la sección de pailas.

De acuerdo a lo realizado, se demuestra que en los procesos productivos de la planta, se puede aplicar lo que es la logística inversa ya que es posible utilizar los residuos generados en el proceso como materia prima o subproducto para una nueva producción. Las aguas glicerionosas actualmente son vertidas a la planta de tratamiento de la compañía y tratadas para bajar su carga contaminante y cumplir con la legislación aplicable al tema (ADENSO DIAZ;M JOSE ALVAREZ;PILAR GONZALEZ, 2004). Es por esto que es importante la implementación de la logística inversa en este proceso ya que deja de ser un residuo como vertimiento y se vuelve un insumo para la planta y una MP para la elaboración de glicerina, y a su vez baja la carga contaminante a tratamiento de plantas residuales con las que cuenta la compañía dando un mejor rendimiento de esta y una vida útil más duradera.
Se deberán actualizar los procedimientos e instructivos que se tiene actualmente, pues este tratamiento se hace de una manera muy tradicional, no hay reconversión tecnológica para la adición de materia prima ya que los operarios se guian de acuerdo al pH del agua que se encuentre en el bache, ocasionando excesos de insumo en el proceso (ANTONIO, 2006).

5. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los procedimientos e instructivos que se encontraron para el proceso productivo en la actualidad, se puede decir que vienen siendo utilizados desde hace 50 años cambiando únicamente fechas de actualización y versiones. No hay reconversión tecnológica, no se tienen estudios para cambiar el tipo de tratamiento así como los insumos químicos para este (ESTUDIO, 2010).

Este artículo busca ver de otra forma los tratamientos que se tienen para la saponificación en las empresas productoras de jabones en barra, el manejo que se le da a los residuos provenientes de este, técnicas de dosificación y pruebas de laboratorio que puedan aportar al proceso productivo.

Se recomienda revisar o analizar los diferentes tipos de coagulantes, con el fin de reducir los lodos generados en el proceso y los costos tanto de disposición final y tratamiento de estos; además se debe analizar el costo beneficio del insumo con el que se trabaja actualmente y la materia prima, ya que presenta un 10% de impurezas lo cual hace más dispendioso el tratamiento, por esto se sugiere un pretratamiento (filtración), si no es posible contratar empresas con grasas refinadas (ALONSO R. H., 2009).

La posibilidad de utilizar diversos tipos de tratamiento de acuerdo a la reconversión tecnológica sigue siendo un tema de debate, ya que es difícil cambiar la mentalidad de los líderes de los procesos productivos, pues se guarda un respeto de tradición. De acuerdo con los análisis realizados en este estudio con coagulantes tradicionales, podemos concluir que si se hace un estudio con otros tipos de insumos como lo es el hidroxicloruro de sodio, que es un tipo de químico más robusto pero de mayor costo, que aportaría una mayor optimización del proceso, logrando la reducción de los lodos y disminución en costos del tratamiento y/o disposición final de estos (MATOS, 2012), (CASTAÑO, 2011).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

(s.f.). Obtenido de http://www.logisnet.com/es/busqueda-de-terminos/_page:1,word:2060/

CENTRO INTERNACIONAL DE RESPONSABILIDAD SOCIAL & SOSTENIBILIDAD. (2013). RS EDICION VERDE RESPONSABILIDAD SOSTENIBILIDAD. *INNOVACION AMBIENTAL PARA UN DESARROLLO INTEGRAL*, 70.

ADENSO DIAZ;M JOSE ALVAREZ;PILAR GONZALEZ. (2004). *LOGISTICA INVERSA Y MEDIO AMBIENTE.* ESPAÑA: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA S.A.

ALEXANDER, Q. G. (2007). *OPTIMIZACION DE LA RED DE ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE ORITO PUTUMAYO.* PUTUMAYO: INVESTIGACION.

ALONSO, A. L. (2013). METODOS DE EVALUACION DE LA SOSTENIBILIDAD. *RESPONSABILIDAD SOSTENIBILIDAD*, 98.

ALONSO, R. H. (2009). *Evaluacion del proceso de coagulacion- floculacion de un tratamiento de agua potable.* BOGOTA: INVESTIGACION UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PREVENTIVAS. (s.f.). Obtenido de TECNOLOGIAS AMBIENTALMENTE SANAS Y TECNOLOGIAS AL FINAL DEL TUBO.: http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/352302/352302_tas.htm

Amaya, A. O. (29 de FEBRERO de 2008). *CONCEPTO DE IMPACTO AMBIENTAL.* Recuperado el 02 de NOVIEMBRE de 2013, de http://www.avesyturismo.com/concepto-de-impacto-ambiental.html

ANDI. (2009). LOGISTICA Y OBRAS. . *ANDI LA REVISTA DE LOS EMPRESARIOS DE COLOMBIA. LOGISTICA Y OBRAS* , 40-45.

ANTONIO, F. R. (2006). *TRATAMIENTOS AVANZADOS DE AGUAS RESIDUALES.* BUCARAMANGA: CIRCULO DE INNOVACION DE TECNOLOGIAS MEDIOAMBIENTALES Y ENERGIA.

BENAVIDEZ, L. (2000). *GUIA PARA LA DEFINICION Y CLASIFICACION DE RESIDUOS PELIGROSOS CEPIS.* Recuperado el 11 de NOVIEMBRE de 2013, de http://www.icesi.edu.co/blogs/manejousorsi201002/files/2010/08/GUIA-PARA-LA-DEFINICION-Y-CLASIFICACION-DE-RESIDUOS-PELIGROSOS_CEPIS.pdf

BOWERSOX DONALD J; CLOSS DAVID J. (2001). *LOGISTICA EMPRESARIAL.* San Pablo: Atlas.

Cárdenas, Y. A. (2000). *Tratamiento de Agua - Coagulación y Floculación SEDAPAL.* Lima.

CARLOS, Q. (2006). *DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.* BOYACA: INVESTIGACION.

CARLOS, R. (2009). *OPERACION Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA.* BOGOTA: INVESTIGACION .

CASTAÑO, D. M. (2011). *ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE DOS MATERIAS PRIMAS COAGULANTES.* PEREIRA: ESTUDIO DE INVESTIGACION.

CENTRO INTERNACIONAL DE RESPONSABILIDAD SOCIAL & SOSTENIBILIDAD. (2013). HACIA UNA CADENA DE VALOR MAS EFICIENTE. *RESPONSABILIDAD SONTENIBILIDAD*, 98.

Decreto 4741 de 2005, c. I.-2. (s.f.).

EMPRESA EN ESTUDIO. (05 de MAYO de 2012). INICIACION OPERACION Y PARADA DEL SISTEMA DE DESDOBLAMIENTO. BOGOTA, COLOMBIA.

ESTUDIO, E. E. (2010). *Manual de Procedimientos estandar para la iniciacion, operacion y parada planta de concentracion de sublejias.* BOGOTA.

Logyca. (2009). Sostenbilidad un nuevo reto para la operacion logistica. *Directorio de Soluciones para la Red de valor 2009.* , 20.

MATOS, D. A. (2012). *LA SAPONIFICACION.* EL SALVADOR: ESTUDIO DE INVESTIGACION.

Mercedes Hortal, Vicente Francisco Navarro, departamento de Sostenibilidad de Itene. (28 de MARZO de 2011). *EMAGAZINE LOGISTICA, ALMACENAJE Y TRANSPORTE.* Recuperado el 06 de OCTUBRE de 2013, de http://www.interempresas.net/Logistica/Articulos/50133-La-logistica-inversa-que-es-y-para-que-sirve.html

METRO, O. (ABRIL de 2012). *OREGON METRO.* Recuperado el 18 de NOVIEMBRE de 2013, de http://library.oregonmetro.gov/files//productos_de_limpieza.pdf

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (24 de OCTUBRE de 2013). Recuperado el 10 de OCTUBRE de 2013, de http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=1342&conID=8554

MUERZA, A. F. (10 de SEPTIEMBRE de 2012). *FUNDACION EROSKI CONSUMER.* Recuperado el 10 de OCTUBRE de 2013, de http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2012/09/10/212515.php

OCCIDENTAL CHEMICAL CHILE LIMITADA. (s.f.). *MANUAL CLORURO FERRICO FeCl3.* CHILE: OCCIDENTAL CHEMICAL CHILE LIMITADA.

PHILIP S BAILEY; CHRISTINA A BAILEY. (1998). *QUIMICA ORGANICA CONCEPTOS Y APLICACIONES.* MEXICO: PEARSON EDUCACION.

R, S. J. (1998). *Reverse Logistics Programs.* illinois: COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT.

REPUBLICA, B. D. (2011). *INFORME DE SOSTENIBILIDAD.* BOGOTA: BANCO DE LA REPUBLICA.

Rogers y Tibben-Lembke . (1998). *Reverse Logistics Trends and.* Recuperado el 06 de OCTUBRE de 2013, de http://www.rlec.org/reverse.pdf

SANCHEZ, M. F. (2004). *GESTION Y MINIMIZACION DE RESIDUOS.* MADRID, MADRID: FUND. CONFEMETAL.

SARMIENTO, F. A. (10 de AGOSTO de 2013). *RSNOTICIAS*. Recuperado el 12 de SEPTIEMBRE de 2013, de CONSTRUCCION SOSTENIBLE PARA CIUDADES VERDES: WWW.RSNOTICIAS.COM

TITUS, GALEMA Samuel; Oblitas Xavi Castellví. (OCTUBRE de 2011). *MANUAL DE JABON .* Recuperado el 19 de NOVIEMBRE de 2013, de Teoría y desarrollo práctico a escala local: www.gotaverde.org

Valencia, J. A. (2000). *Teoría y Practica de la purificación del agua.* Santa Fe de Bogotá: MCGRAM-HILL/INTERAMERICANA DE COLOMBIA.

Vanegas M; Kernbaum S. Seliger G. (29 de SEPTIEMBRE de 2004). *Actas de la conferencia mundial sobre desarrollo sontenible de producto e Ingenieria del cliclo de vida.* Berlin.

VARON, E. (05 de MAYO de 2008). *PROCESO PRODUCTIVO Y DIAGRAMAS DE BLOQUES Y EQUIPOS.* Recuperado el 21 de OCTUBRE de 2013, de http://producciondejabonesydetergesporestefa.blogspot.com/2008/05/proceso-productivo.html

Decreto 4741 de 2005, capitulo IV Articulo 21-23.

Norma No. IN 655 002 Tratamiento Alcalino.
Norma No. IN 645 002 Saponificación de materia grasa en la sección de pailas.
FR 645 001.