

DESARROLLO DE MATERIALES TENSOACTIVOS CON BAJO EFECTO RESIDUAL EN  
LA PIEL

MARIO ALEXANDER DUARTE ALFONSO

FREDDY DAVID ZULUAGA GUERRA

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIEROS QUÍMICOS

DIRECTOR

CRISTIAN BLANCO TIRADO

Químico, Ph.D.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO QUÍMICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BUCARAMANGA

2017

*En este trabajo están plasmados  
años de esfuerzos, dedicación, arduo estudio y muchas ganas  
de aprender algo nuevo.*

*Cada momento vivido me ha servido de experiencia para conocer  
un mundo lleno de posibilidades, que podemos hacer realidad  
con voluntad pura.*

*Los logros obtenidos en este momento no han sido solo con mi propio  
sudor  
así que aquellos que añadieron cada gota de su cansancio para verme  
llegar a este momento, quiero decirles gracias.*

*Mis amados padres que me dieron la vida, son el motivo de mi mensaje.  
Ellos siempre me mostraron su preocupación en los momentos difíciles,  
siempre estuvieron allí cada vez que los necesité,  
nunca me sobró un consejo por parte de ellos, y sé que seguirán  
guiándome  
aún cuando ya pueda sostenerme con mis propios pies.*

*Quiero decirles gracias por permitirme esta oportunidad que me ha  
hecho crecer como profesional y ser humano.*

*Freddy Zuluaga Guerra*

*A Dios por regalarme la inspiración y la perseverancia para hacer este sueño una realidad.*

*A mis amados padres Flor María e Ismael D. y a todos esos seres amados por su apoyo incondicional y por ser mi motivación más grande para emprender cada nuevo reto.*

*A mis docentes y alma máter por su grandiosa contribución en mi formación personal y profesional.*

*Y por supuesto, a esa mágica y hermosa mirada que siempre me mostró el camino.*

*Mario A. Duarte*

## TABLA DE CONTENIDO

Introducción .....	15
2. Metodología .....	23
3. Resultados: presentación, análisis y discusión.....	26
3.1 Estudio de mercado.....	26
3.1.1 Marca y logotipo.....	27
3.1.2 Demanda y oferta.....	27
3.1.3 Precio.....	29
3.2 costos.....	30
3.2.1 Materias primas.....	30
3.2.2 Maquinaria y equipos.....	31
3.2.2.1 <i>Reactor Batch</i> .....	31
3.2.2.2 Tanques de almacenamiento y bombas de dosificación .....	32
3.2.2.3 Maquina mezcladora de jabón y extrusora.....	33
3.2.2.4 Prensa y estampado.....	33
3.2.3 Servicios industriales .....	33
3.2.4 Mano de obra .....	34
3.3 Ventas.....	35
3.4 Estudio financiero .....	35
3.5 Simulación en ASPEN HYSYS .....	36
3.6 Experimentación.....	36
3.6.1 Medición de solubilidad.....	36
3.6.2 Medición de consumo de agua.....	37
3.6.3 Optimización de las composiciones.....	38
3.6.4 Medición de solubilidad óptima.....	40
3.6.6 Evaluación de ahorro .....	42
4. Conclusiones.....	43
Bibliografía .....	44

Anexos ..... 48

## Lista de figuras

Figura 1. Reacción de saponificación entre el estearato de glicerilo e Hidróxido de sodio para producir estearato de sodio (jabón) y glicerol como subproducto. ....	17
Figura 2. Distribución de las cadenas alifáticas según aceite o grasa comercial utilizada en la industria del jabón. ....	18
Figura 3. Disposición molecular de un jabón solido cristalino mostrando el espaciamiento de largo y de corto alcance. ....	19
Figura 4. Cristal líquido de jabón en fase laminar y en fase hexagonal .....	20
Figura 5. Micelas esféricas. Y de gusanos. ....	21
Figura 6. Cuadro metodológico. ....	24
Figura 7. Gráfica de proyección de la demanda efectiva ajustada a una regresión lineal. ....	28
Figura 8. Relación variación de la densidad con la cantidad de masa disuelta. ....	36
Figura 9. Medida de solubilidad de jabones experimentales y comerciales. ....	37
Figura 10. Diseño de experimentos Box-Behnken. ....	38
Figura 11. Gráficas de respuesta de los experimentos realizados (contorno y superficie). ....	39
Figura 12. Solubilidad de jabón optimo experimental con jabones comerciales. Consumo de agua del jabón óptimo. ....	40
Figura 13. Consumo de agua por jabones comerciales y experimentales. ....	41
Figura 14. Barras de consumo de agua en prueba de lavado de manos de jabones comerciales y el óptimo de laboratorio. ....	42

## Lista de tablas.

Tabla 1. Porcentaje en masa de los componentes principales del jabón base utilizados en la producción de barras por Colgate-Palmolive.....	22
Tabla 2. Proyecciones de precio de la barra según el IPC Actual. ....	30
Tabla 3. Precio de los componentes de una barra de jabón AWA.....	30
Tabla 4. Costos totales de materia prima por año. ....	31
Tabla 5. Costos totales de maquinaria en pesos colombianos. ....	33
Tabla 6. Costos en servicios industriales para el proyecto de inversión.....	34
Tabla 7. Costos de mano de obra. ....	34
Tabla 8. Ventas totales durante los años del proyecto. ....	35
Tabla 9. Resultados del estudio financiero del proyecto. ....	35

## Lista de anexos.

<b>Anexo A.</b> Consumo de Agua promedio por actividad en Bucaramanga. ....	48
<b>Anexo B.</b> Tabla de índices de saponificación para las grasas y aceites más usados en la producción de jabón de tocador. ....	49
<b>Anexo C.</b> Mapa geográfico de Bucaramanga y su zona metropolitana. ....	50
<b>Anexo D.</b> Diseño del logotipo de la empresa Jabones AWA. ....	51
<b>Anexo E.</b> Proyección de crecimiento de población en la ciudad de Bucaramanga, periodo 2005-2020.....	52
<b>Anexo F.</b> Distribución de la población proyectada de la zona metropolitana de Bucaramanga por edad y sexo.....	53
<b>Anexo G.</b> Proyecciones de demanda y oferta para jabón de tocador. ....	54
<b>Anexo H.</b> Principales países importadores de jabón de tocador a Colombia. ....	55
<b>Anexo I.</b> Precios de jabones comerciales. ....	56
<b>Anexo J.</b> Capacidad a instalar de la planta. ....	57
<b>Anexo K.</b> Costo de las materias primas.....	58
<b>Anexo L.</b> Reactor Batch para compra. ....	59
<b>Anexo M.</b> Impuesto cobrado a la importación de maquinaria industrial .....	60
<b>Anexo N.</b> Tanques de almacenamiento para la producción de jabón.....	61
<b>Anexo O.</b> Bomba dosificadora de aceite de palma.....	62
<b>Anexo P.</b> Mezcladora de jabón.....	63
<b>Anexo Q.</b> Extrusora de jabón. ....	64
<b>Anexo R.</b> Troqueladora manual para prensado de jabón. ....	65
<b>Anexo S.</b> Flujo de caja neto.....	66

**Anexo T.** Consumo y ahorro con el jabón AWA en Bucaramanga y su área metropolitana. .... 67

**Anexo U.** Simulación HYSYS y resultados. .... 68

## Lista de abreviaturas.

**AC** Antes de Cristo

**KOH** Hidroxido de Potasio

**ASL** Alquibencensulfonatos lineales

**NaOH** Hidroxido de Sodio

**CRA** Comisión Reguladora

**Qdem** Cantidad de producto en la demanda

**DANE** Departamento Administrativo Nacional  
de Estadística

**Qofe** Cantidad de producto en la oferta

**IPC** Índice de precios al consumo

**SAB** Sulfonatos de alquibenceno

**UIS** Universidad Industrial de Santander

## Resumen

**TÍTULO:** “DESARROLLO DE MATERIALES TENSOACTIVOS CON BAJO EFECTO RESIDUAL EN LA PIEL”.\*

**AUTORES:** Mario Alexander Duarte Alfonso – Freddy David Zuluaga Guerra.\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Jabón ahorrador de agua, solubilidad del jabón, saponificación.

### DESCRIPCIÓN:

El proyecto titulado “Desarrollo de materiales tensoactivos con bajo efecto residual en la piel” con código 14973 se planteó con el objetivo de reducir el consumo de agua mediante la formulación de un material tensoactivo que en contacto con el agua se pueda eliminar rápidamente de la piel, adicionalmente se propuso realizar un diseño experimental en el cual se mejore esta cualidad en el material.

La propuesta está compuesta de seis etapas. La primera inicia con la fabricación de una barra base de jabón inocua para la piel humana, la segunda consiste en determinar los factores que influyen en el consumo de agua en actividades relacionadas con el uso de materiales tensoactivos, en la etapa 3 se refina la formulación del material de manera que se desarrollen nuevas propiedades fisicoquímicas al material tensoactivo de la etapa 1. Las etapas 4 y 5 consisten en evaluar el consumo de agua del nuevo material producido en el laboratorio y comparar ese valor con los jabones comerciales más comunes y analizar los resultados obtenidos, finalmente en la etapa 6 se realiza un estudio financiero para determinar la viabilidad financiera de la construcción de una planta de producción de jabón con las características obtenidas en los experimentos. Nuestros resultados muestran que es posible obtener materiales que mejoran la eficiencia de lavado de la piel en un 35.3% en comparación con diferentes jabones comerciales. El análisis financiero para la construcción de una planta de producción del tensoactivo muestra un VPN de 207,642,805 COP y una TIR de 25.9% para un horizonte de 10 años.<sup>1</sup>

---

\*Trabajo de grado

\*\*Facultad de Ingenierías Físico- Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Cristian Blanco Tirado.

### **Abstract**

**TITLE:** "DEVELOPMENT OF TENSIONIC MATERIALS WITH LOW RESIDUAL EFFECT ON SKIN".

**AUTHORS:** Mario Alexander Duarte Alfonso - Freddy David Zuluaga Guerra.

**KEYWORDS:** Water-saving soap, soap solubility, saponification.

**DESCRIPTION:**

The project entitled "Development of surfactant materials with low residual effect on the skin" with code 14973 was proposed with the aim of reducing the consumption of water by the formulation of a surfactant material that in contact with water can be quickly removed from the skin. In addition, it was proposed to carry out an experimental design in which the quality of the material is better.

The proposal is composed of six stages. The first initiative with the manufacture of an innocuous soap base for human skin, the second is to determine the factors that influence the consumption of water in activities related to the use of surfactants, in stage 3 the formulation is refined from the material so that new physico-chemical properties are developed to the surfactant material of step 1. Steps 4 and 5 consist of the value of the water consumption of the new material produced in the laboratory and the price of this value with the most common commercial soaps. And analyze the results obtained, finally in stage 6 a financial study is carried out to determine the financial viability of the construction of a soap production plant with the characteristics obtained in the experiments.

Our results we obtained materials that improve the efficiency of skin washing by 35.3% compared to different commercial soaps. The financial analysis for the construction of a tactometer production plant shows a VPN of 207,642,805 COP and a TIR of 25.9% for a 10 year horizon.

---

\*Work degree

\*\*Faculty: of Physicochemical Engineering. School of Chemical Engineering. Director: Cristian Blanco Tirado.

## Introducción

Los jabones son productos utilizados como agentes de limpieza, quizás fueron los primeros artículos de tocador creados por el hombre, la referencia literaria más antigua al jabón se refiere al lavado de la lana y se encuentra en las tablas sumerias de arcilla que datan de ~ 2500 AC. Desde su aparición en la historia, el jabón ha ayudado a salvaguardar dos de nuestros mayores tesoros: nuestra salud y nuestros hijos. La salud está directamente relacionada con la limpieza. Los datos demuestran que cuanto mayor sea el consumo de jabón en un país, menor será la tasa de mortalidad infantil. En los países industrializados, el jabón es el más aceptado y el producto de cuidado personal disponible en el cuerpo todos los días (Spitz, 2004).

El uso del jabón implica un gasto significativo de agua, que representa mal aprovechamiento del recurso, altos costos del servicio de acueducto y alcantarillado, además de la reducción de las fuentes hídricas necesarias para la supervivencia del ser humano. La industria del jabón en los últimos años ha estado encaminada hacia el cuidado de la salud y la estética, implementando nuevas tecnologías para ello, sin embargo, se ha visto poco interés en lo relacionado con el consumo de agua que conlleva el uso de este producto; el aumento constante de la población implica mayor uso de jabón y por ende mayor consumo de agua, consecuencia preocupante para la fuentes hídricas y las generaciones futuras.

En Colombia, el consumo de agua por unidad familiar promedio (5 personas) es de 20 m<sup>3</sup> mensuales (CARVAJAL, 2011, pág. 6), equivalente a 133.4 L/persona-día aproximadamente, esto corresponde a todo el consumo en general incluyendo actividades no cotidianas y que utilizan agua en una cantidad considerable, pero en este texto haremos referencia a las actividades diarias más

comunes en la vida de una persona promedio como lavado de manos, ducha, lavado de ropa, lavado de platos, higiene bucal y cocina. En la medición realizada por los autores se encuentra que una persona en la ciudad de Bucaramanga consume anualmente  $29.7 \text{ m}^3$  en promedio en todas estas actividades ([Anexo A](#)), de esa cantidad de agua, aproximadamente el 38.8% ( $11.52 \text{ m}^3$ ) se utiliza en actividades relacionadas con el uso de jabón de tocador, tales como ducha y lavado de manos.

En varios departamentos de Colombia se evidencian elevados consumos de agua, por ello desde el 2014 la CRA (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico) junto con el Ministerio de Vivienda activaron una medida para sancionar a las personas, unidades familiares y entes públicos que desperdicien agua en regiones con alta vulnerabilidad de sequía, entre las que se encuentran Santander, Atlántico y Boyacá (CRA, 2014).

El desarrollo de un material tensoactivo que en contacto con el agua pueda ser retirado rápidamente de la piel, puede reducir en gran porcentaje el consumo de agua. El principal objetivo de este trabajo es formular un material tensoactivo que requiera la menor cantidad de agua para que sea eliminado de la piel. Para lograrlo es necesaria la elaboración de una barra de jabón aceptable para su uso, seguido a esto se pretende alterar su composición adicionando componentes comerciales y estudiar los posibles cambios en el consumo de agua; puesto que las fábricas de jabón pueden ser un proyecto de inversión, también es importante estudiar el proceso industrial de fabricación con el fin de simular una planta piloto de producción para tal propósito, con esto se puede realizar un estudio de mercado y evaluar los costos más importantes en la instalación la planta para consolidar un análisis financiero y realizar una propuesta de inversión.

Una barra de jabón se obtiene de la reacción química entre un alcalí (NaOH) y un ácido graso o ésteres de ácidos grasos. Esta reacción se conoce como saponificación. Como una molécula tensoactiva, el jabón contiene una cabeza hidrofílica (el grupo carboxilato) y una cola hidrófoba

(la cadena alifática). Este carácter dual da al jabón su capacidad para disolver tanto las fases acuosas como las orgánicas, su capacidad para formar monocapas en la interfaz aire-líquido (como en la generación y estabilidad de la espuma), y su capacidad para limpiar. Estas propiedades se determina tanto por el (los) ión (es) y la (s) cadena (s) alifática (s) presentes. Dependiendo de la fuente de grasa o aceite utilizado como materia prima, la distribución de las cadenas alifáticas pueden variar, incluyendo longitudes de cadena de C8 a C22 así como un rango de insaturación, incluyendo oleico, y linolénicas (Moaddel & Hill, 2004).

El principal método de producción de jabón de tocador es la reacción de una solución acuosa de sosa cáustica (NaOH) con aceites saponificables comerciales, que son ésteres de tres ácidos grasos con la molécula de glicerol, por ejemplo en estearato de glicerilo. Esta reacción se puede representar en una ecuación como en la figura 1.

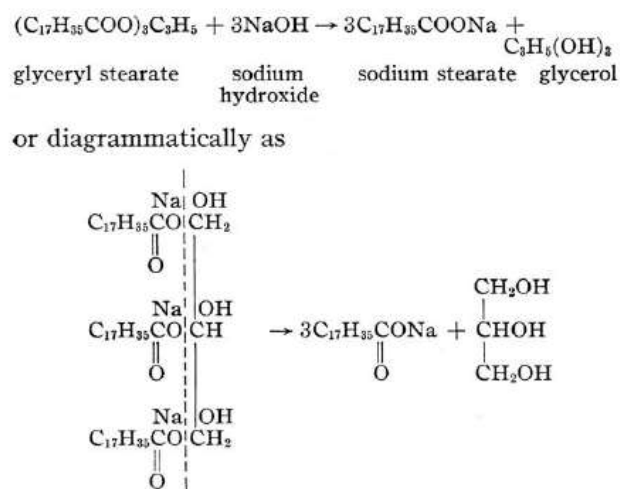


Figura 1. Reacción de saponificación entre el estearato de glicerilo e Hidróxido de sodio para producir estearato de sodio (jabón) y glicerol como subproducto.

Fuente: Foster D. Snell, I. B. (1942). *Soap, and Glycerol*. 173.

Ésta es la reacción química para obtener un jabón base, es decir sin aditivos, en este punto la barra solo cumple la función de limpieza. Dependiendo de la fuente de grasa o aceite utilizado, la

distribución de las cadenas alifáticas puede variar como se muestra en la Figura 2, incluyendo longitudes de cadena de C8 a C22. También pueden presentar insaturaciones, como en los casos de los ácidos oleico y linoléico.

Common name	Chemical name	Chemical formula	Symbol	Tallow	Lard	Coconut	Palm kernel	Soybean
Saturated fatty acids								
Caprylic	Octanoic	$C_8H_{16}O_2$	C8			7	3	
Capric	Decanoic	$C_{10}H_{20}O_2$	C10			6	3	
Lauric	Dodecanoic	$C_{12}H_{24}O_2$	C12			50	50	0.5
Myristic	Tetradecanoic	$C_{14}H_{28}O_2$	C14	3	1.5	18	18	0.5
Palmitic	Hexadecanoic	$C_{16}H_{32}O_2$	C16	24	27	8.5	8	12
Margaric	Heptadecanoic	$C_{17}H_{34}O_2$	C17	1.5	0.5			
Stearic	Octadecanoic	$C_{18}H_{36}O_2$	C18	20	13.5	3	2	4
Unsaturated fatty acids								
Myristoleic	Tetradecenoic	$C_{18}H_{34}O_2$	C18:1	1				
Palmitoleic	Hexadecenoic	$C_{18}H_{34}O_2$	C16:1	2.5	3			
Oleic	Octadecenoic	$C_{18}H_{34}O_2$	C18:1	43	43.5	6	14	25
Linoleic	Octadecadienic	$C_{18}H_{32}O_2$	C18:2	4	4	1	2	52
Linolenic	Octadecatrienic	$C_{18}H_{30}O_2$	C18:3	0.5	0.5	0.5		6

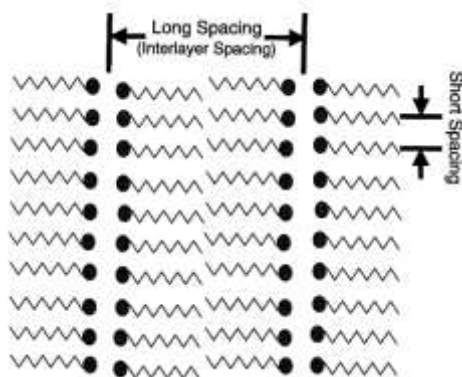
Figura 2. Distribución de las cadenas alifáticas según aceite o grasa comercial utilizada en la industria del jabón.

Fuente: Bartolo and Lynch (23). Bartolo & Lynch, R. G. (4 de December de 2000). Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. doi:10.1002 / 0471238961.1915011602011820.a01

Posteriormente se desarrollaron tecnologías que mejoraron y añadieron valor al jabón base para mejorar la experiencia de uso de este producto. Las principales mejoras fueron la adición de olor y color. Posteriormente se mejoraron esas características para hacer estos materiales más blancos, adicionando óxido de titanio, por ejemplo, neutralizantes (ácido cítrico y ácidos grasos), antibacteriales (Triclosan y triclorocarban), sal (NaCL) (Friedman & Wolf, 1996, pág. 8), entre otros. La reacción de saponificación a nivel industrial no es tan simple como una ecuación de un solo reactivo como en el ejemplo de la figura 1, pues resulta mucho más costoso realizar el proceso con un ácido graso puro, y como consecuencia se obtendría un jabón muy caro para participar en el mercado, por ello las materias primas esenciales para la saponificación a nivel industrial se reduce a grasas y aceites de origen vegetal y animal, estas sustancias se diferencian porque en sus moléculas contienen enlaces simples, dobles o raramente triples. El siguiente problema

encontrado al añadir estas materias primas consistía en encontrar la relación estequiométrica para adecuar la cantidad de masa de cada reactivo a utilizar en la reacción de saponificación debido a que las grasas y aceites pueden contener gran variedad de sustancias lipídicas como ácidos grasos libres, ésteres, colesterol, entre otros. Por esta razón, era necesario caracterizar y estandarizar los compuestos de las grasas utilizadas en la producción de jabón de tocador, de este modo fue posible construir la relación estequiométrica para cada tipo de aceite y grasa, posteriormente se publicaron tablas que relacionaron la cantidad de base según el compuesto graso y se denominaron tablas de índice de saponificación o número de saponificación ([Anexo B](#)).

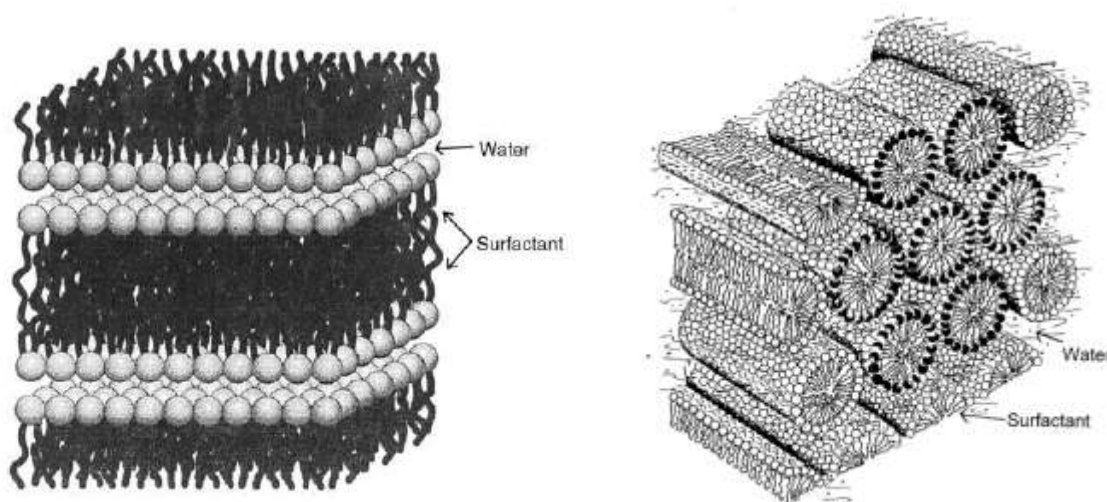
Los jabones sódicos, producto de los procesos de saponificación con NaOH, forman estructuras cristalinas sólidas al enfriarse totalmente, estas estructuras consisten generalmente en bicapas empaquetadas de moléculas de jabón, dispuestas cabeza a cabeza y cola a cola, los cristales han sido probados por difracción de rayos X (Moaddel & Hill, 2004). Los patrones de difracción observados se pueden dividir en dos grupos: los espaciamientos largos que corresponden a la separación perpendicular entre las cabezas de carboxilato en las bicapas (orden de largo alcance) y los espaciamientos cortos que corresponden a la separación lateral entre cadenas alifáticas paralelas (orden de corto alcance), Como se muestra en la Figura 3.



*Figura 3. Disposición molecular de un jabón sólido cristalino mostrando el espaciamiento de largo y de corto alcance.*

*Fuente: Moaddel & Hill (2004). Moaddel & Hill, M. H. (2004). Soap Structure and Phase Behavior. American Oil Chemists' Society AOCS, chapter 2.*

Otro grupo de fases de jabón cristalino pueden formarse cuando el jabón anhidro (que no tiene agua) se calienta o se mezcla con agua. Estas fases se clasifican como cristales líquidos termotrópicos y liótropos, respectivamente. Cuando el jabón anhidro se calienta, pasa a través de numerosas fases antes de la fusión. Estas fases son cristales líquidos termotrópicos, ya que su formación está determinada principalmente por la temperatura (en contraposición a la composición), sin embargo, estas fases no se producen en barras de jabón comerciales a temperaturas normalmente encontradas, son de interés principalmente académico (4).



*Figura 4. Cristal líquido de jabón en fase laminar y en fase hexagonal*

*Fuente: Fennell & Wennerstrom (1999) & Rosevear (1968). Fennell, E., & Wennerstrom, H. (1999). The Colloidal Domain, Where Physics, Chemistry, Biology, and Technology Meet (2 ed.). New York: Wiley-VCH. Liquid Crystals: The Mesomorphic Phases of Surfactant Compositions. J. Soc. Cosm. Chemist, 19: 581–594.*

Una variedad de fases de cristal líquido liotrópico en una secuencia bien definida puede formarse cuando una molécula del material tensioactivo se mezcla con agua. Sin embargo, en

sistemas binarios de agua y jabón, sólo dos de estas fases son aparentes. Cuando se mezcla jabón y agua y se dejan equilibrar a la temperatura apropiada (dependiendo de la longitud de la cadena de la sal del ácido graso y del grado de insaturación), dos fases cristalinas líquidas liotrópicas pueden formar: una fase de cristal líquido laminar con menor humedad y una fase de cristal líquido hexagonal a concentraciones mayores de humedad, como se ve en la figura 4.

Se ha demostrado que en diferentes concentraciones de jabón en disolución con agua las formas micelares pueden variar, de igual manera ocurre con cambios en la temperatura de la solución, pero al contacto con una interfase agua-aceite algunas disposiciones moleculares dejan de existir o rompen su estructura como por ejemplo la fase laminar, puesto que la dualidad del jabón obliga a las moléculas a organizarse según la afinidad con los compuestos de la interfase, dando como resultado formas esféricas o de gusanos figura 5.



*Figura 5. Micelas esféricas. Y de gusanos.*

*Fuente: Fennell & Wennerstrom (1999). Fennell, E., & Wennerstrom, H. (1999). The Colloidal Domain, Where Physics, Chemistry, Biology, and Technology Meet (2 ed.). New York: Wiley-VCH.*

Los compuestos grasos se almacenan en la zona apolar de las micelas (en el centro) en donde se encuentran las cadenas alifáticas hidrófobas junto con la suciedad que suelen ser partículas apolares de igual manera y las cabezas polares (del grupo carboxilo) quedan expuestas a la fase acuosa. En el lavado de la piel las micelas son retiradas con el constante uso de agua y el efecto resultante es una piel sin residuos grasos ni suciedad (efecto de limpieza).

Los procesos de producción industrial de jabón de tocador son muy variados dependiendo de cada empresa, puesto que las empresas más grandes desarrollaron sus propios métodos para producirlo, a continuación se explica el método para producir jabón de Colgate-Palmolive (Wansbrough, s.f).

La saponificación, en este proceso se utiliza como componentes grasos el sebo de res y aceite de coco, en las siguientes proporciones.

<b>Componentes</b>	<b>Porcentaje Másico</b>
Aceite de Coco	69.34%
Sebo de Res	17.33%
NaOH	6.65%
Agua	6.65%

*Tabla 1. Porcentaje en masa de los componentes principales del jabón base utilizados en la producción de barras por Colgate-Palmolive.*

*Fuente: Wansbrough, (s.f). Wansbrough, H. (s.f.). New Zealand Institute of Chemistry. Recuperado el 2017, de <http://nzic.org.nz/ChemProcesses/detergents/11A.pdf>*

Luego de la reacción, el jabón húmedo se bombea a un "separador estático"; un recipiente de sedimentación que no utiliza ninguna acción mecánica. La mezcla de jabón-lejía se bombea en el tanque donde se separa en función del peso. La lejía gastada se deposita en el fondo desde donde se canaliza hacia la unidad de recuperación de glicerina, mientras que el jabón se eleva hasta la parte superior y se canaliza para su posterior procesamiento. El jabón contiene todavía la mayor parte de su glicerina en esta etapa, y esto se elimina con lejía fresca en una columna de lavado, se deja que el jabón rebose desde la parte superior de la columna y la lejía ("lejía gastada") se bombea lejos del fondo a una velocidad controlada y se añade al reactor.

A medida que se añade la lejía cerca del tubo de desbordamiento, el jabón lavado es aproximadamente 20% de lejía fresca, dando al jabón niveles de agua y cáusticos inaceptablemente altos, el jabón y la lejía se separan en una centrífugadora, dejando un jabón que es 0,5% de NaCl y 0,3% de NaOH, y aproximadamente 31% de agua., la lejía eliminada se utiliza como lejía fresca. Ahora bien, aunque los niveles cáusticos en el jabón son bastante bajos, todavía son inaceptablemente altos para su uso. El NaOH se elimina por reacción con un ácido débil, tal como aceite de coco (que contiene niveles significativos de ácidos grasos libres), ácido cítrico o ácido fosfórico, eligiéndose el ácido principalmente por razones económicas. También se añade algún conservante en esta etapa. Por último, los niveles de agua deben reducirse hasta un 12%. Esto se hace calentando el jabón a aproximadamente 125 ° C bajo presión (para evitar que el agua se hierva mientras el jabón está todavía en las tuberías) y luego rociándolo en una cámara evacuada a 40 mm Hg (5,3 kPa). El calor latente de evaporación perdido a medida que el agua hierve reduce la temperatura del jabón hasta 45 grados Celsius, temperatura a la que se solidifica en las paredes de la cámara. Las virutas de jabón son raspadas de las paredes y exprimidas por tornillos conocidos como "gusanos plodder" para formar fideos de jabón, luego se realiza el moldeado y empaclado.

## 2. Metodología

En la figura 6 se muestran los pasos y mecanismos utilizados para el desarrollo de este proyecto de investigación.

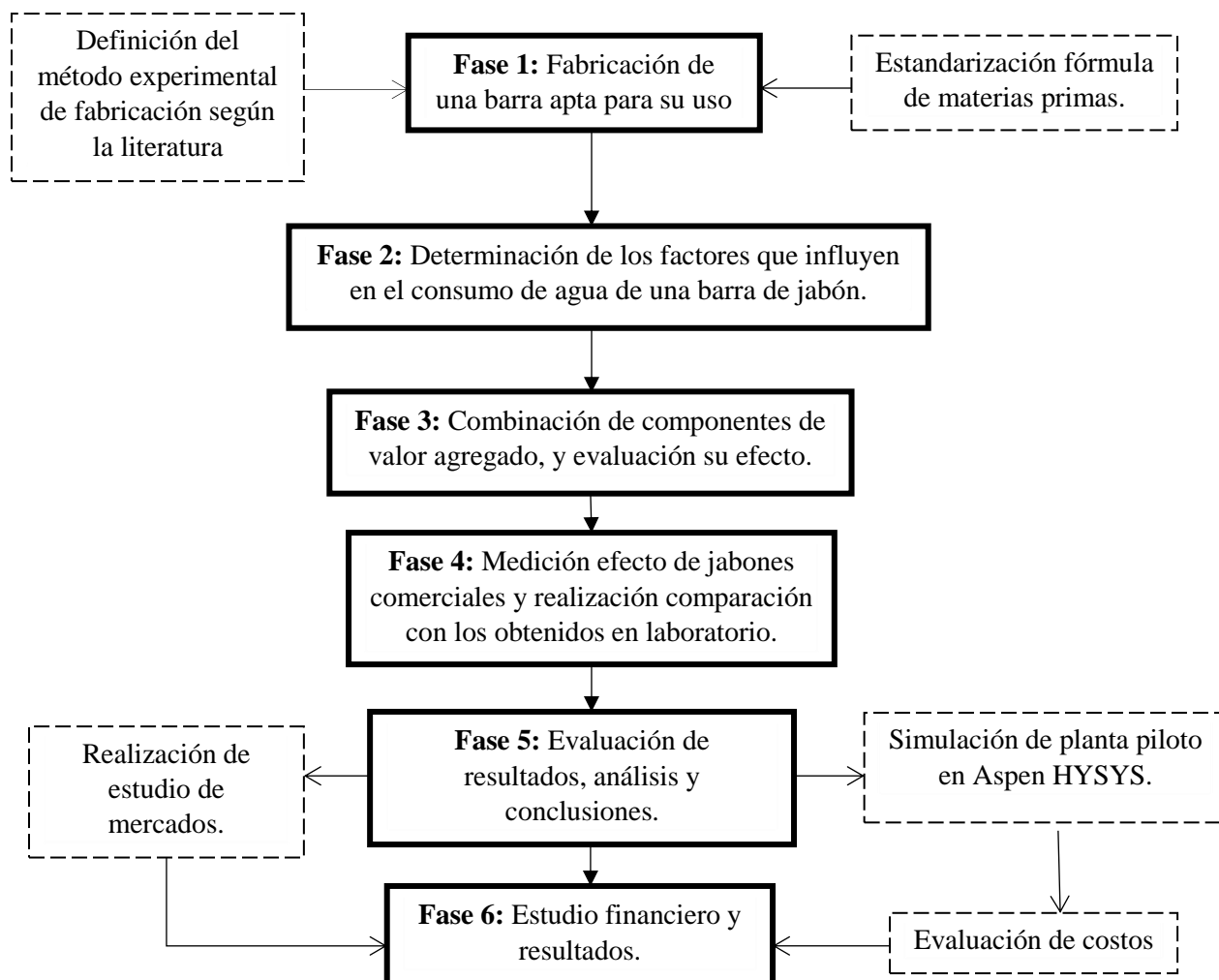


Figura 6. Cuadro metodológico.

**Fase 1:** El jabón base se realizó de acuerdo a un promedio de fórmulas establecidas en la literatura, utilizando como reactivos, aceite de palma (20% p/p), sebo de res (31%p/p), NaOH en escamas (8% p/p) y agua (41% p/p), calentando el aceite hasta una temperatura de 90 °C (DSI, 2012, pág. 21), mientras en otro recipiente se disuelve uniformemente la sosa en el agua provocando una reacción exotérmica, luego se mezclan las sustancias con una agitación de 1000 rpm durante 40 minutos hasta obtener una pasta viscosa, esta se vierte en un recipiente y se deja curar durante 24 horas.

**Fase 2:** Se desean evaluar las variables que pueden afectar el tiempo de residencia de las películas de jabón en la piel, como en el lavado de manos o la ducha, esto se reduce a la acción que realiza este producto en contacto con el agua, las grasas y suciedad depositada en la piel, y se determinaron algunos factores tanto internos como externos a la barra de jabón que pueden afectar el consumo de agua. Entre los factores externos tenemos la temperatura del agua, el caudal y su dureza, y como factor interno se determinó la solubilidad de jabón en agua. Puesto que el jabón de tocador es un producto de uso masivo, además es sometido a interactuar con incontables condiciones de temperatura, caudal y dureza del agua, solo se evaluó la solubilidad del jabón en agua, ya que es una característica controlable y relacionada con la fabricación del material, se midió basándose en la técnica propuesta por la patente (U.S. Patente n° US2674889, 1954).

**Fase 3:** Se obtuvieron muestras de jabón base añadiendo un porcentaje de algunos de los compuestos usados comercialmente y por separado para medir la solubilidad final y estudiar su variación, los compuestos utilizados fueron genapol (sodio lauril éter sulfato, SLES al 28%) al 1 y 2% en peso, sal de cocina al 0.7 y 2% en peso, y ácido cítrico al 3 y 4% en peso de la barra de jabón.

**Fase 4:** En esta fase se determinó el consumo de agua según las muestras de laboratorio y según los jabones comerciales más comunes tales como jabón Palmolive, Protex, Savital, Jhonson's, Natura y Rexona. Ante la inexistencia de metodologías analíticas estandarizadas para determinar el contenido del material tensoactivo en el agua, diseñamos una metodología sencilla que consiste en medir el pH del agua en función del tiempo. Sabemos que el agua tratada tiene un pH de alrededor de 7. Debido a que los materiales tensoactivos tienen en promedio pH 10, la prueba consiste en demostrar que la remoción de las películas de jabón fue exitosa, utilizando una

cantidad finita de agua, cuando el pH del agua de lavado se aproxime a 7. Para esto se utilizaron 10 muestras de 50 mL de jabón disuelto en agua después de lavar manos.

**Fase 5 y 6:** En la fase 5 se realiza todo el análisis de los resultados. En la fase 6 se realiza un estudio financieros para el establecimiento de una factoría para la producción de un material que muestre las mejores características de lavado y que mitigue el uso desbordado de agua. En este análisis se tuvieron en cuenta los diferentes costos directos e indirectos de la construcción de la factoría, así como la simulación de los costos de operación de la planta.

### **3. Resultados: presentación, análisis y discusión**

#### **3.1 Estudio de mercado**

La instalación de una planta de producción de jabón de tocador puede implicar grandes costos según la capacidad a instalar y esto se determina según la demanda efectiva derivada de la población objetivo, para este proyecto se plantea instalar la fábrica en la ciudad de Bucaramanga con mercado objetivo inicial el área metropolitana. Bucaramanga es un municipio colombiano, capital del departamento de Santander, declarada según el Banco Mundial en su estudio de "ciudades competitivas para estudios y crecimientos" como una de las ciudades más prósperas de América Latina (Müller, 2016). Se encuentra localizada al nororiente del país sobre la Cordillera Oriental, rama de la Cordillera de los Andes, a orillas del Río de Oro. Cuenta con una población aproximada de 528.480 habitantes y junto con Floridablanca, Girón y Piedecuesta conforman el área metropolitana con un total de 1,160,113 habitantes aproximadamente (DANE, 2005) ([Anexo C](#)). El horizonte propuesto para la aplicación del proyecto es de 10 años, el cual se distribuye en

la construcción de la planta (establecido para el primer año, 2018), el inicio de operaciones y su mantenimiento (a partir del segundo año hasta el cierre del proyecto, periodo 2027).

### **3.1.1 Marca y logotipo.**

El nombre de la empresa, luego de un estudio de concepto de marca y conciencia de marca fue consolidado como “Jabones AWA”, por dos motivos, en primera instancia por la analogía sonora de pronunciación al compararlo con la palabra “agua” puesto que el factor diferenciador del producto es ahorrar agua mediante su aplicación, y en segunda instancia por el nombre de la tribu Awá Kuaiker, tribu indígena que se ubica entre la frontera de Colombia y Ecuador (Ministerio de Cultura, 2010, pág. 1), puesto que para el pueblo Awá Kuaiker el territorio es un espacio de vida que permite mantener el equilibrio con los espíritus y la naturaleza, generando un verdadero respeto y armonía espiritual (UNIPA, Corponariño, & Critical Ecosystem, 2008), El diseño del logotipo Se puede encontrar en el apartado de anexos ([Anexo D](#)).

### **3.1.2 Demanda y oferta.**

Bucaramanga cuenta en la actualidad con 528,480 habitantes, y su área metropolitana de Girón con 200,733 habitantes, Floridablanca con 267,538 habitantes y Piedecuesta con 163,362 habitantes según las proyecciones (2005-2020) realizadas por el DANE en el año 2005, estas se organizaron y se presentan en la gráfica del [Anexo E](#), así mismo la estructura poblacional donde se indica la clasificación por sexo y edad, muestra que alrededor del 47% de la población son personas con edades entre 0-24 años, un índice alto en los individuos jóvenes ([Anexo F](#)).

Los datos sobre la producción y venta de jabón de tocador a nivel nacional organizado por año que se encuentran disponibles en la página web del DANE se toman como referente para determinar la demanda y oferta de este producto, los datos se encuentran disponibles desde el 2004 hasta el 2013, por ello es necesario realizar proyecciones teniendo en cuenta la tendencia que lleva la información y el modelo matemático que mejor se ajusta, llevándolo hasta el año 2027, periodo en el cual culmina el proyecto de inversión, la tabla de datos iniciales y proyecciones a nivel nacional está disponible en el apartado de anexos ([Anexo G](#)). La característica más importante para favorecer la viabilidad del proyecto, es determinar la demanda efectiva ( $Q_{\text{Demanda}} - Q_{\text{Oferta}} = Q_{\text{dem efectiva}}$ ), debido a que en caso de ser positiva durante el periodo de horizonte indica que hay de una demanda insatisfecha, para el caso del área metropolitana de Bucaramanga en la figura 7 se puede apreciar este valor y su aumento.

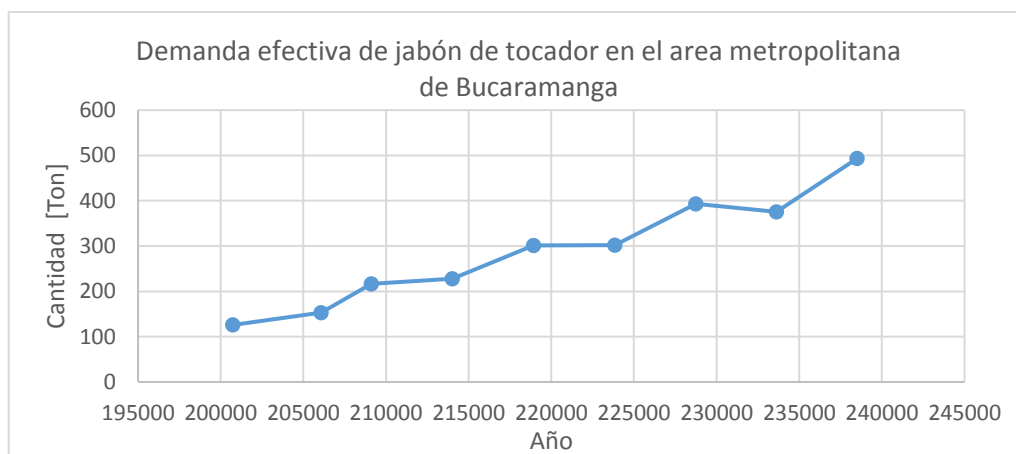


Figura 7. Gráfica de proyección de la demanda efectiva ajustada a una regresión lineal.

La demanda efectiva lleva un curso positivo en el transcurso del horizonte del proyecto, pues la población va en aumento según los datos del DANE la producción anual no aumenta en gran medida. En el diagrama de barras del [anexo H](#) se encuentra la lista de los mercados proveedores de jabón de tocador importado a Colombia entre 2003 y 2015, con lo cual se determina que México

en unos de los países que suple la demanda de jabón a Colombia, seguido de Brasil, Indonesia y Turquía, cabe resaltar que en el año 2015 hubo una reducción de las importaciones desde México.

### **3.1.3 Precio.**

Los precios de los jabones al igual que todo producto en el mercado aumentan anualmente, y es considerable estimar un precio unitario de venta posicionándose dentro del rango propuesto por las empresas que incursionan en el mismo tipo de mercado, teniendo en cuenta ciertas características como valor agregado del producto, estándares de calidad, y lo más importante los costos de producción. El costo de los jabones comerciales más comunes en el mercado se puede ver en el [anexo I](#). El precio estimado para este producto con valor agregado relacionado al ahorro de agua es de 1.800 COP por unidad de 130 g. el precio, se toma dentro del rango de precios existentes comercialmente en productos con características similares, se considera un precio competente y no limita la economía de los intermediarios debido a que el precio final al consumidor no es menor al 120% del precio al salir de fábrica, además, los precios van aumentando anualmente según el IPC (Índices de precios al consumo), en el segmento de productos de vivienda, los jabones tienen un IPC de 2.03% para el año 2017 (DANE, 2017, pág. 13). En la tabla 2 se puede observar la variación de precios durante el horizonte del proyecto.

Año	Precio COP\$/Unidad
2019	1800
2020	1837
2021	1874
2022	1912
2023	1951
2024	1990
2025	2031
2026	2027
2027	2114

*Tabla 2. Proyecciones de precio de la barra según el IPC Actual.*

### 3.2 costos.

En el [Anexo J](#), se puede encontrar la tabla para determinar la capacidad a instalar en la planta según proyecciones del DANE y la demanda insatisfecha (demanda efectiva), la meta para el cierre del proyecto de 10 años (año 2027) es abarcar el 10% del mercado de jabón de tocador en la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana, empezando el primer año con el 1% aumentando el 1% cada año y el 2% en el noveno año. La capacidad a instalar de la planta es de 49.3 toneladas de jabón de tocador para ser producidas en un año equivalente a 379,230 barras.

#### 3.2.1 Materias primas.

La composición de la barra de jabón en función de las materias primas está en la tabla 3.

Componente	Porcentaje p/p	Costo por Kg COP\$
Sebo	29%	\$ 900
Aceite de palma	19%	\$ 4,647
NaOH	7%	\$ 5,700
Agua	38%	\$ 3.2
Dioxido de titanio	0.5%	\$ 18,800
Perfume	2%	\$ 210,037
Acido cítrico	2%	\$ 7,700
Sal	2%	\$ 590
SLES	0.6%	\$ 29,100

*Tabla 3. Precio de los componentes de una barra de jabón AWA.*

Adaptado de (World Bank, 2017; Quiminet.com, 2015; Makro, 2017; laboratorios León; autores).  
Quiminet.com. (2015). Obtenido de <http://www.quiminet.com/productos/sebo-de-res->

[4112046556/precios.htm](http://4112046556/precios.htm). Makro. (2017). Obtenido de <http://www.makrovirtual.com/tunja/sal-refisal-bulto-x-50-kg.html>. World Bank. (2017). Index Mundi. Obtenido de <http://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=aceite-de-palmiste&meses=12&moneda=cop>.

Año	Mat. Prima Kg/año	Total costo COP\$	Costo por Kg [COP\$/Kg]
2019	1262.0	\$ 7,781,221	\$ 6,291
2020	3067.3	\$ 18,912,861	\$ 6,419
2021	6502.8	\$ 40,095,660	\$ 6,549
2022	9132.0	\$ 56,306,884	\$ 6,682
2023	15117.7	\$ 93,213,850	\$ 6,818
2024	18178.3	\$ 112,085,045	\$ 6,956
2025	27586.8	\$ 170,096,365	\$ 7,097
2026	30119.6	\$ 185,713,231	\$ 7,241
2027	49435.5	\$ 304,812,878	\$ 7,388

*Tabla 4. Costos totales de materia prima por año.*

El dióxido de titanio funciona como colorante (tonalidad blanca) y opacificante, además mejora la estructura del jabón haciéndolo resistente al quiebre (George, 2004). El costo del agua se toma como servicio industrial y no en costos de materia prima. En el [Anexo K](#), se puede encontrar el costo de materia prima por año según la producción proyectada para ese año y los costos totales de materia prima se encuentran en la tabla 4.

### **3.2.2 Maquinaria y equipos**

#### *3.2.2.1 Reactor Batch.*

El material adecuado de construcción del reactor debe ser un acero inoxidable resistente a la corrosión como el SS316L (BSSA, s.f.) debido al contacto con NaOH. En Colombia, la jornada de trabajo es de ocho (8) horas al día y cuarenta y ocho (48) a la semana (Ministerio de Trabajo, 2017). Debido a esto la planta estará en operación de lunes a sábado, y anualmente esto equivale a 312 días, ahora teniendo en cuenta las paradas de producción por imprevistos o mantenimiento,

se toma el 10% del tiempo de producción como factor que representa dicha pausa, por ende anualmente la fábrica opera 281 días. La capacidad máxima de la planta es de 49.3 Toneladas al año, con esto, la capacidad máxima diaria de producción debe ser de 175.44 Kg y el tiempo que tarda en realizarse una carga de jabón es de 2 horas, en una jornada diaria se pueden realizar hasta 4 cargas al reactor, así la capacidad del reactor debe ser de 43.86 Kg, puesto que la densidad en promedio del jabón en fase líquida es de 1.1 Kg/L medido en el laboratorio, el volumen del reactor debe ser de 39.87 L en teoría.

La mínima capacidad encontrada en el mercado es de 60 L, el costo total se encuentra en la tabla 5 teniendo en cuenta el cambio del dólar (Dolar-Colombia, 2017) y el IVA es el único impuesto para el ingreso al país ([Anexo M](#)), el equipo se puede ver en la sección de anexos ([Anexo L](#)).

### **3.2.2.2 Tanques de almacenamiento y bombas de dosificación**

Se requieren 2 tanques de almacenamiento el primer tanque es para el almacenamiento de agua, y el segundo es un tanque con agitación para la solución NaOH-agua, los precios de ambos tanques se encuentran en la tabla 5 (Liaoning Huaying Engineered Products Co., 2017) (Taian Luqiang Metal Container, 2017), el cuerpo de ambos tanques se encuentra en el apartado de anexos ([Anexo N](#)). Respecto al aceite no es necesario mantener tanques de almacenamiento debido a que la cantidad requerida es baja y el distribuidor provee los tanques con las cantidades necesarias como tipo empaque de producto. Para el transporte de los aceites hasta el reactor se requiere de una bomba de dosificación (Botou Honghai Pump Co, 2017) Además se requiere otra bomba anti corrosión para el transporte de NaOH en mezcla con agua hacia el reactor (Shanghai Shuangbao Machinery, 2017) ([Anexo O](#)), los costos se pueden encontrar en la tabla 5.

### 3.2.2.3 Maquina mezcladora de jabón y extrusora.

La máquina mezcladora, combina los compuestos faltantes con el jabón para completar la Fórmula (Shandong Longxing Chemical Machinery Group, 2017) ([Anexo P](#)). La extrusora de jabón provee una barra consistente y uniforme con el acabado ideal. (Jiangxi Brilliant Industrial Co, 2017) ([Anexo Q](#)), los costos de ambos equipos se encuentran en la tabla 5.

### 3.2.2.4 Prensa y estampado.

Para el moldeado y estampado se utiliza una máquina troqueladora (Wenzhou T & D Packaging Machinery, 2017) ([Anexo R](#)). Los costos totales de equipos se encuentran en la tabla 5.

Equipo	material	Capacidad	Fabricante	Precio COP\$
Reactor Batch	SS316L	60 L	Zhejiang L & B Industry	\$17,165,750
Tanque de Agua	SS316L	50 L	Taian Luqiang Metal Container	\$6,866,300
Tanque de mezcla	Q345R	50 L	Liaoning Huaying Engineered Products	\$8,582,875
Bomba Aceites	SS316L	2.1 m <sup>3</sup> /h	Botou Honghai Pump	\$1,888,232
Bomba de mezcla	PTFE	2.4 m <sup>3</sup> /h	Wenzhou Ronda Pump Valve	\$2,506,199
Mezcladora de jabón	ss304	100 L	Shandong Longxing Chemical Machinery Group	\$ 9,856,573
Extrusora	SS316L	100 L	Jiangxi Brilliant Industrial	\$26,311,200
Troqueladora	SS316L	-	Wenzhou T&D Packaging Machinery Factory	\$5,836,355
Total				\$79,013,484

*Tabla 5. Costos totales de maquinaria en pesos colombianos.*

### 3.2.3 Servicios industriales

Los servicios a utilizar en la fábrica son el consumo de agua y la energía eléctrica, el costo industrial para el servicio de acueducto y alcantarillado en Bucaramanga para marzo de 2017 es

de 2,380.94 COP\$/m<sup>3</sup> (AMB a. m., 2017), en el caso de la energía eléctrica es de 542.86 COP\$/kWh para marzo de 2017 (ESSA, 2017).

Equipos	Consumo KWh/año	Costo de energía	Consumo m <sup>3</sup> /año	Costo de acueducto
Reactor Batch	13488	\$ 7,322,096	3567	\$ 8,492,813
Tanque Agua	0	\$ -	0	\$ -
Tanque Mezcla	2248	\$ 1,220,349	0	\$ -
Bomba NaOH	2697.6	\$ 6,422,824	0	\$ -
Bomba	3372	\$ 1,830,524	0	\$ -
Mezcladora	2472.8	\$ 1,342,384	0	\$ -
Extrusora	4945.6	\$ 2,684,768	0	\$ -
Troqueladora	0	\$ -	0	\$ -
<b>Total</b>	<b>29224</b>	<b>\$ 20,822,945</b>	<b>3567</b>	<b>\$ 8,492,813</b>

*Tabla 6. Costos en servicios industriales para el proyecto de inversión.*

### 3.2.4 Mano de obra

Cargo	Cantidad	Sueldo	ARL	Pensión	Salud	Total año
Operador	2	\$737,717	4.35%	12.00%	8.50%	\$ 22,104,952
Gerente	1	\$1,200,000	-	12.00%	8.50%	\$17,352,000
Servicio mercadeo	1	\$ 737,717	-	12.00%	8.50%	\$10,667,388
					<b>Total</b>	<b>\$50,124,340</b>

*Tabla 7. Costos de mano de obra.*

Puesto que el riesgo de los operadores de la planta es de clase IV según el ministerio de trabajo (Mintrabajo, 2017) en la cartilla de riesgos laborales, el costo en la cotización y afiliación de los empleados operadores es del 4.35% Por cada SMMLV durante el año (Minsalud, 2017), 16.5% en pensiones pero a la empresa solo le corresponde el 12%, y el 4% al empleado (Santa María, García, & Mujica, 2009), y salud 8.5% (Salariominimo2017, 2017) y aumentarán de acuerdo a la inflación cada año, situada en 5,75% (Banco de la republica, 2016).

### 3.3 Ventas

Las ventas previstas para el proyecto son las siguientes:

Años	Producción [Ton]	Unidades por Tonelada	Precio/ Unidad COP\$	Ventas COP\$
2019	1.3	9686	\$1,500	\$14,528,662
2020	3.1	23542	\$1,530	\$36,029,894
2021	6.5	49910	\$1,562	\$77,934,725
2022	9.1	70089	\$1,593	\$111,666,530
2023	15.1	116029	\$1,626	\$188,612,233
2024	18.1	139519	\$1,659	\$231,400,859
2025	27.5	211730	\$1,692	\$358,294,562
2026	30.1	231169	\$1,727	\$399,131,418
2027	49.3	379420	\$1,762	\$668,396,655

*Tabla 8. Ventas totales durante los años del proyecto.*

### 3.4 Estudio financiero

Al realizar los estudios y compilación de datos obtienen los siguientes resultados.

<b>HORIZONTE</b>	<b>IMPUESTO DE RENTA</b>	<b>TMAR</b>	<b>CRÉDITO</b>
<b>10</b>	<b>34%</b>	<b>12%</b>	<b>0</b>
CRITERIOS FINANCIEROS SIN ENDEUDAMIENTO			
<b>VPN</b>	<b>TIR</b>	<b>PAYBACK</b>	<b>PAYBACK DESCONTADO</b>
<b>207,642,805</b>	<b>25.90%</b>	<b>7</b>	<b>8</b>

*Tabla 9. Resultados del estudio financiero del proyecto.*

El proyecto es factible hasta el final del periodo estipulado, con una tasa interna de retorno de 25.9% y un VPN de 207.6 millones de pesos, con una recuperación de la inversión al final del séptimo año con un impuesto de renta de 34% (DIAN, 2017). El flujo de caja se encuentra en [anexo s.](#)

### 3.5 Simulación en ASPEN HYSYS

Se desarrolló la simulación de una reacción de saponificación utilizando estearina y oleína de palma en presencia de NaOH en un reactor CSTR a 120°C y 250 rpm. La estimación de las propiedades físicas y químicas se obtuvo por medio del paquete de fluidos Peng-Robinson EOS. Se demostró mediante la simulación que las condiciones escogidas fueron las óptimas para obtener el mayor valor de conversión posible, tal como se había obtenido experimentalmente ([Anexo U](#)).

### 3.6 Experimentación.

#### 3.6.1 Medición de solubilidad.

En la figura 8 se pueden ver los resultados obtenidos, se aprecia que la solución de jabón que contiene genapol al 2% tuvo una mejor solubilidad que el resto, indica que a mayor porcentaje puede mejorar la solubilidad aún más, pero lo recomendado para el uso comercial no debe ser mayor al 3.5%.

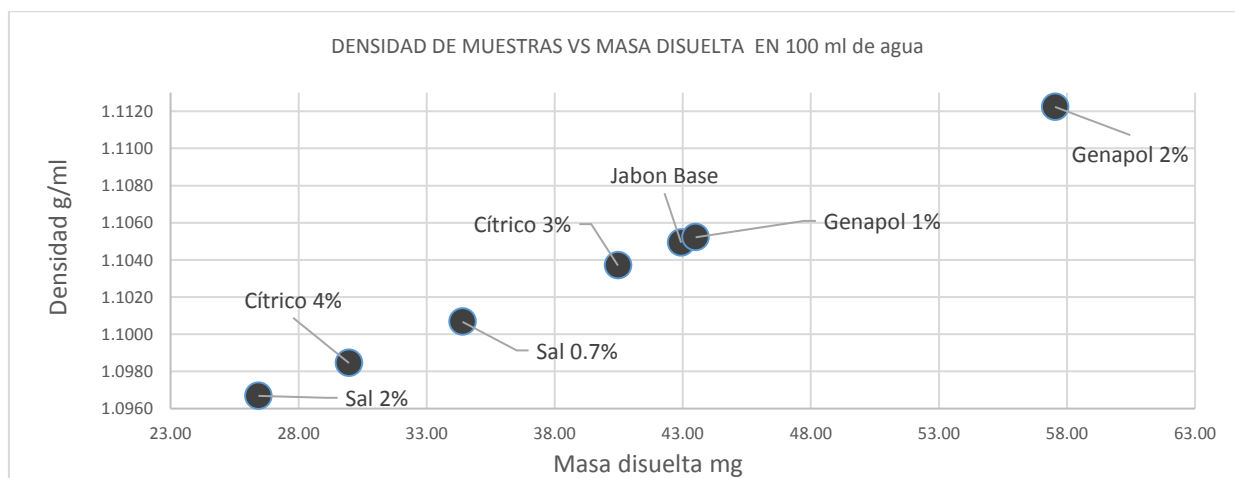


Figura 8. Relación variación de la densidad con la cantidad de masa disuelta.

Con el fin de estudiar la solubilidad a una mejor escala, se realizó el mismo experimento para jabones comerciales comunes en el mercado y se compararon con los mejores obtenidos en el laboratorio, como se ve en la figura 9.

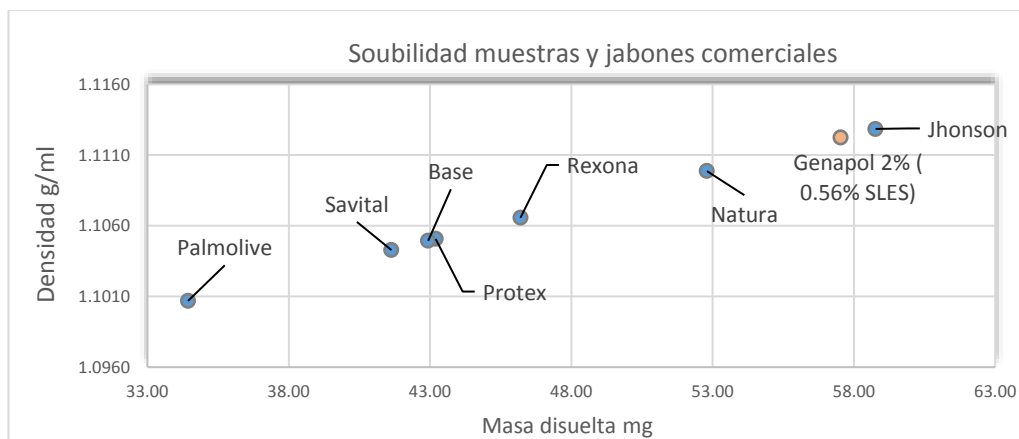


Figura 9. Medida de solubilidad de jabones experimentales y comerciales.

Respecto a la solubilidad el mejor producto es el jabón de la marca Jhonson's y seguido del jabón realizado en el laboratorio con 2% de genapol (0.56 % SLES), en última instancia con la mínima solubilidad medida se encuentra el jabón Palmolive.

### 3.6.2 Medición de consumo de agua.

En la figura 6 se pueden encontrar los resultados aplicando la técnica de medición mencionada anteriormente, se puede notar el comportamiento de cada medición, en donde favorece que el consumo de agua de algunos jabones, se diferencian por la solubilidad en agua, puesto que el Jhonson's (línea azul) fue el primero en acercarse al pH del agua (6,83) usando aproximadamente 350 mL del mismo, de igual manera el jabón base con genapol (AWA Genapol 2%, línea roja) fue

el segundo en alcanzar la neutralidad, lo mismo sucede con el jabón Palmolive (Verde claro) donde no se alcanzó dentro de las 10 mediciones el pH del agua coincidiendo con su baja solubilidad.

### 3.6.3 Optimización de las composiciones.

Se realizó un diseño de experimentos del tipo Box-Behnken, el objetivo de este diseño consiste en relacionar los factores de experimentación (concentraciones de genapol, ácido cítrico y sal) tanto en sus valores altos como bajos adicionando un punto intermedio para cada factor. Se realizó este tipo de diseño ya que en él se permite realizar pocos experimentos para medir el resultado de sus interacciones y así proceder a encontrar el punto óptimo de operación.

	GENAPOL	CITRICO	SAL
1	1%	2%	1%
2	2%	2%	1%
3	1%	4%	1%
4	2%	4%	1%
5	1%	3%	0.50%
6	2%	3%	0.50%
7	1%	3%	2%
8	2%	3%	2%
9	1.50%	2%	0.50%
10	1.50%	4%	0.50%
11	1.50%	2%	2%
12	1.50%	4%	2%
13	1.50%	3%	1%
14	1.50%	3%	2%
15	1.50%	3%	1%

*Figura 10. Diseño de experimentos Box-Behnken.*

Luego de haber hecho cada uno de estos experimentos y medido el valor de masa diluida con cada tipo de combinación se procedió a realizar la optimización, la optimización se hizo en el software Minitab 16 ®. Obteniendo los siguientes resultados.

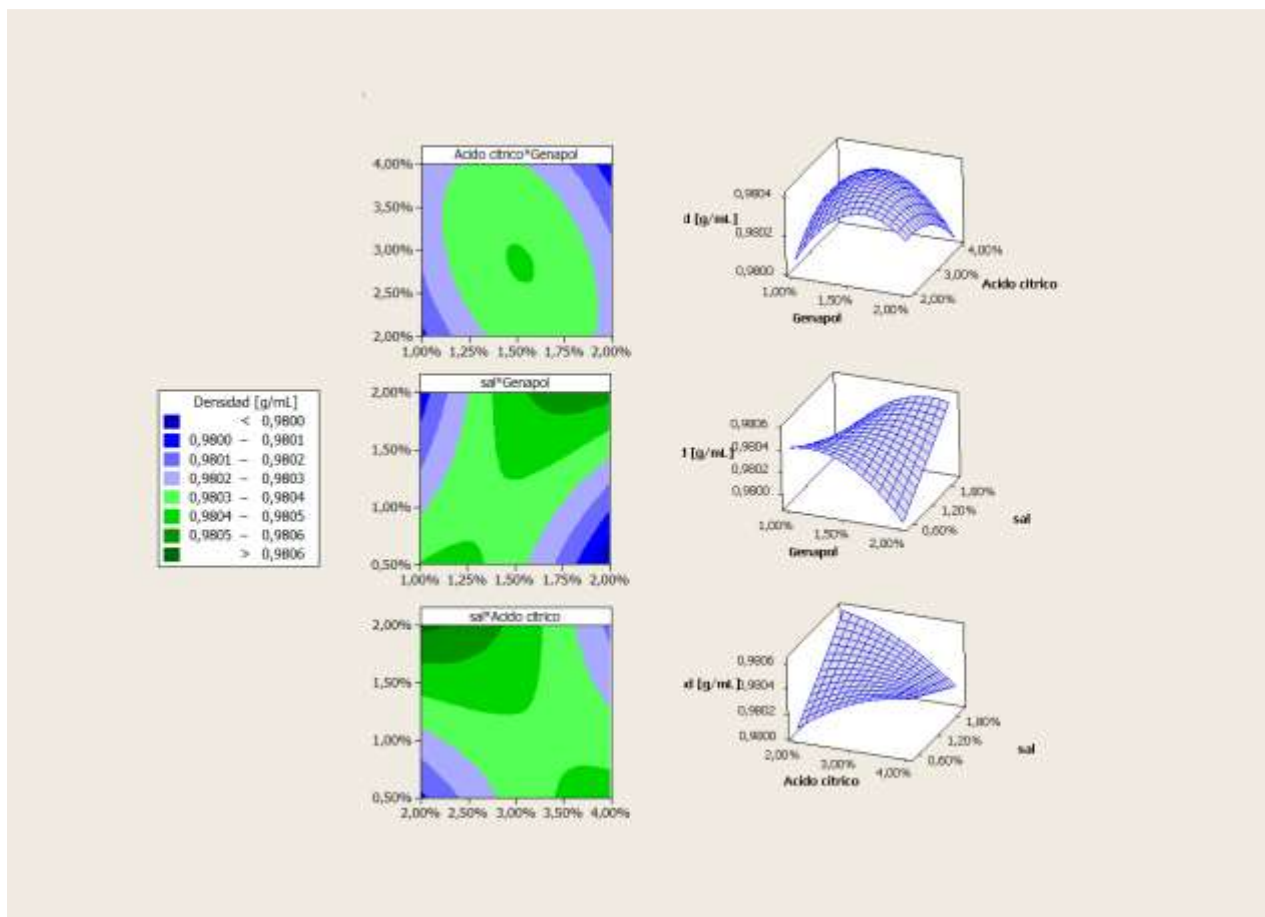


Figura 11. Gráficas de respuesta de los experimentos realizados (contorno y superficie).

En la figura 10 se pueden distinguir los puntos máximos y mínimos de los resultados obtenidos en la experimentación dando una clara idea de cuál podría ser el valor aproximado de cada uno de los tres factores para obtener la combinación que proporcione la mejor respuesta posible.

Al insertar los datos en la plantilla dispuesta por el software, ejecutar un análisis exhaustivo con el fin de realizar la optimización y ejecutar el programa. Se encuentra el punto en el cual se

obtuvieron los mejores resultados (mayor cantidad de masa disuelta) fue el de: genapol 2%, ácido cítrico 2% y sal 2%. Simultáneamente se procedió a fabricar la nueva barra con las concentraciones obtenidas.

### 3.6.4 Medición de solubilidad óptima.

Con las concentraciones de la barra experimental  $AWA_{G2\%} C2\% S2\%$ , se midió nuevamente la solubilidad en agua, se comparó con los jabones comerciales obteniendo el gráfico de la figura 11.

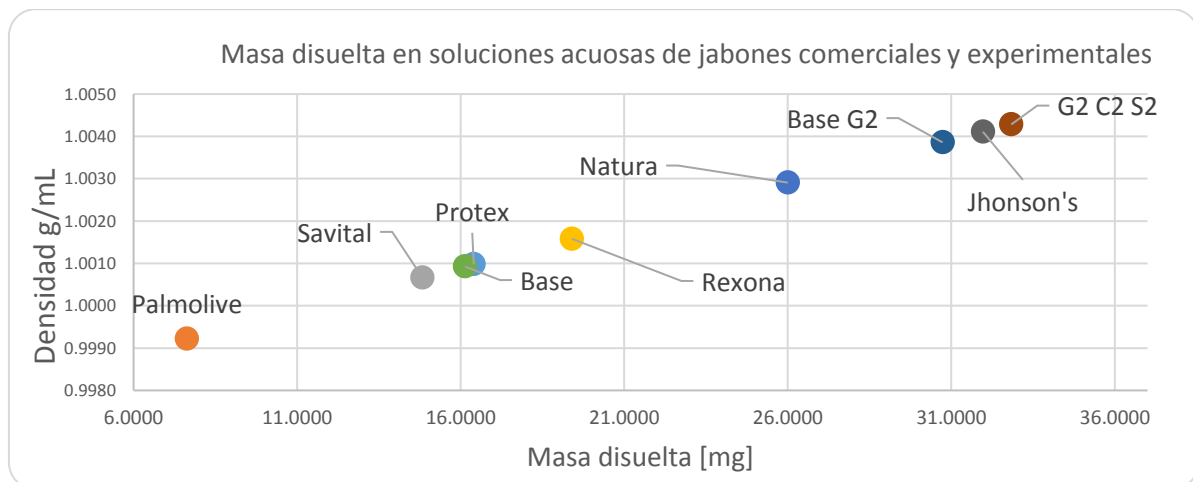


Figura 12. Solubilidad de jabón óptimo experimental con jabones comerciales. Consumo de agua del jabón óptimo.

Según se puede apreciar en el gráfico, fue posible fabricar un jabón con una solubilidad por encima de los jabones comerciales medidos, esta composición representa el resultado de la optimización, el siguiente paso es medir el consumo de agua para el jabón óptimo.

En la figura 12 se puede apreciar la diferencia en consumo de agua comparando los jabones comerciales con el óptimo experimental, y es notable puesto que el Base  $G_{2\%} S_{2\%} C_{2\%}$  o lo que es

lo mismo AWA G<sub>2%</sub> S<sub>2%</sub> C<sub>2%</sub>, obtuvo un mejor rendimiento que el resto de los jabones, en la figura 12 se puede apreciar con mayor detalle, en esta figura se adjuntan las barras de error puesto que cada experimento se hizo en tres ocasiones. Cabe mencionar que los errores relativos de cada medición no superan el 8% de su valor total.

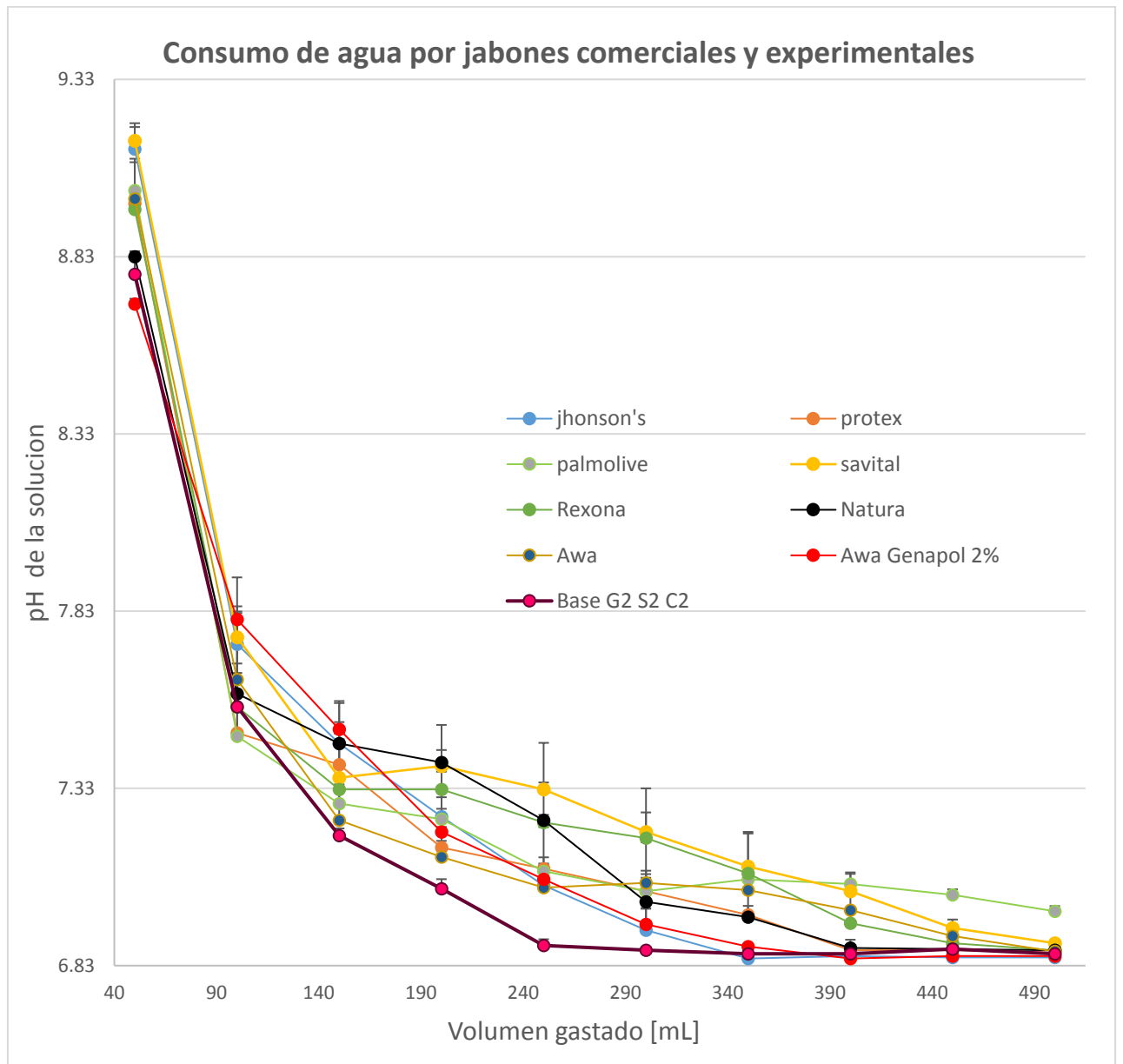
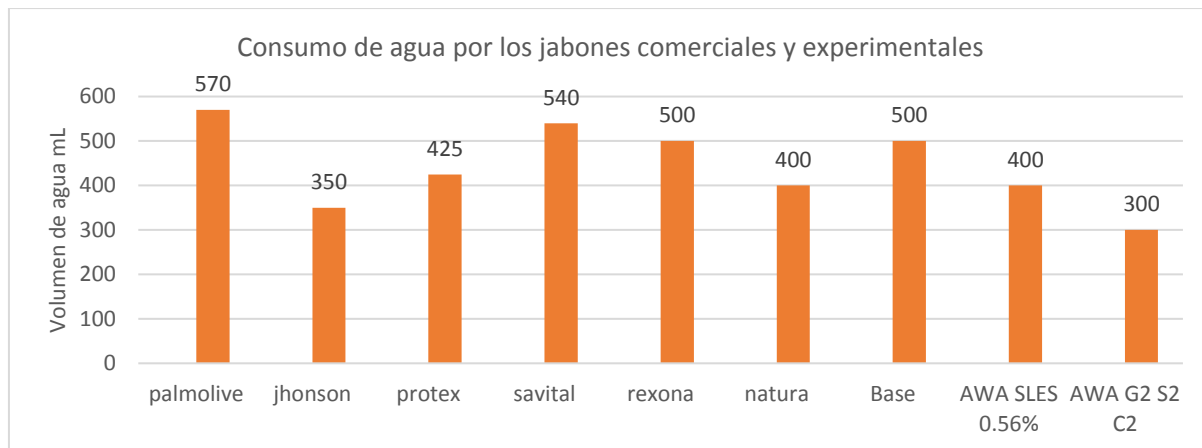


Figura 13. Consumo de agua por jabones comerciales y experimentales.



*Figura 14. Barras de consumo de agua en prueba de lavado de manos de jabones comerciales y el óptimo de laboratorio.*

Según la figura 13 el jabón AWA G<sub>2%</sub> S<sub>2%</sub> C<sub>2%</sub> fue un 47.36% más eficiente que la barra de más consumo (Palmolive), un 25% más eficiente que el jabón comercial de menor consumo (Jhonson's) y un 35.3% más eficiente que el promedio de consumo (464 mL) para ahorrar agua.

### 3.6.6 Evaluación de ahorro

Al realizar la comparativa del [anexo T](#), se obtiene que al crear suposición en donde la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana utilizan este producto con la totalidad de los habitantes (1,160 millones), cada habitante ahorra alrededor de 7 metros cúbicos de agua al año y 25,500 pesos en costos de acueducto y alcantarillado, escalando esta cantidad un poco más, una unidad familiar promedio (5 personas), ahorra alrededor de 37.7 m<sup>3</sup> por año y 127,600 pesos en servicios de acueducto, y llevándolo a escalas mayores, Bucaramanga y su área metropolitana ahorra 8 millones de metros cúbicos en un año y 27,800 millones de pesos en servicios de acueducto y alcantarillado.

#### 4. Conclusiones

- De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas experimentales se puede concluir que la solubilidad de una barra de jabón en el agua afecta directamente el tiempo de residencia de películas del mismo en la piel humana, y de forma indirecta la magnitud de agua consumida. Se alcanzó un ahorro de 35.3% respecto al promedio de consumo de los jabones comerciales, por consiguiente se puede reducir considerablemente el gasto de agua y así mismo mitigar impactos en las fuentes hídricas mejorando la solubilidad en productos de aseo personal, del mismo modo se reduce el costo en servicios públicos de acueducto y alcantarillado.
- Con la mínima variación en la formulación de las barras se puede aumentar o disminuir ampliamente la solubilidad, no dependiendo tanto así de la disposición molecular del tensoactivo o de la longitud de las cadenas alifáticas contenidas en la materia prima para su fabricación.
- El proyecto de inversión para construcción de una planta de producción de jabones ahorradores de agua en Bucaramanga y su área metropolitana representa una oportunidad viable para contribuir con el ahorro de agua general de la zona, economía y empleo, del mismo modo la ampliación de esta empresa progresivamente construirá una red de bajo consumo en Colombia.

**Bibliografía**

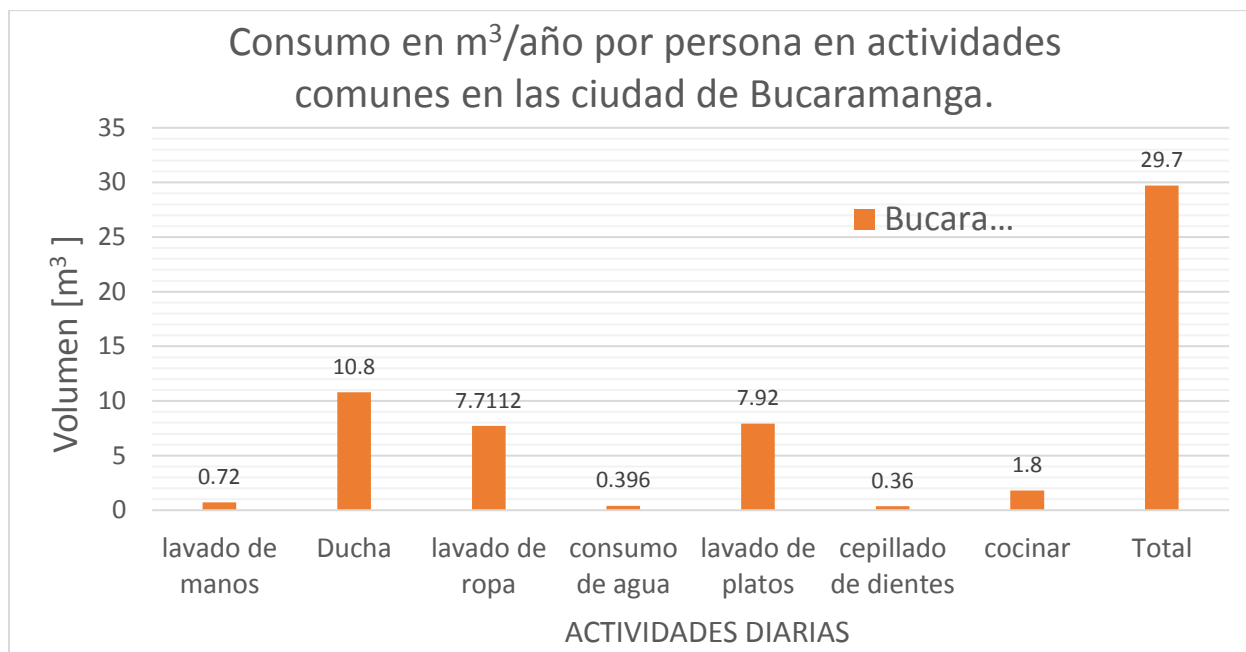
- AMB. (2016, Noviembre 18). *Acueducto Metropolitano de Bucaramanga*. Retrieved from <http://www.amb.gov.co/>
- AMB, a. m. (2017). *AMB*. Retrieved from <http://www.amb.com.co/frmInformacion.aspx?inf=32>
- Banco de la republica. (2016). *Portafolio.co*. Retrieved from <http://www.portafolio.co/economia/inflacion-en-colombia-en-2017-503144>
- Bartolo & Lynch, R. G. (2000, December 4). Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. doi:10.1002 / 0471238961.1915011602011820.a01
- Botou Honghai Pump Co, L. (2017). *Alibaba.com*. Retrieved from <https://spanish.alibaba.com/product-detail/honghai-2cy-series-marine-electric-gear-oil-pump-1602885217.html?s=p>
- BSSA, B. I. (n.d.). *BRITISH INOX ASOCIACIÓN*. Retrieved from <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=34>
- Buerguer, M. J. (1942). The Characteristics of Soap Hemihydrate Crystals. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 28:529–535.
- Buerguer, M. J., Smith, L. B., & Ryer, F. V. (1945). The Crystalline Phases of soap. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 31: 226–233.
- Buerguer, M. J., Smith, L. B., Bretteville Jr, A., & Ryer, F. V. (1942). The Lower Hydrates of soap. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 28: 526–529.
- CARVAJAL, L. G. (2011). ESTIMACIÓN DEL CONSUMO BÁSICO DE AGUA POTABLE EN COLOMBIA (Tesis de Pregrado). Universidad Del Valle. Cali, Valle del cauca, Colombia.
- Connell, D. W. (2005). *Basic Concepts of Environmental Chemistry* (Vol. 2). CRC press. doi:10.1201 / b12378
- CRA, C. d. (2014, agosto 20). *CRA*. Retrieved from <http://www.cra.gov.co/es/novedades/noticias/20915-minvivienda-y-cra-activan-medida-para-sancionar-a-quienes-desperdicien-agua-en-12-departamentos-con-alta>
- DANE. (2005). Retrieved from <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- DANE. (2015). Retrieved from <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/industria/encuesta-anual-manufacturera-enam>
- DANE. (2017). Retrieved from [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ipc/ipc\\_prese\\_feb17.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ipc/ipc_prese_feb17.pdf)

- DIAN. (2017). *dian.gov.co*. Retrieved from [http://www.dian.gov.co/descargas/centrales/2017/Abece\\_Reforma\\_Tributaria\\_2016.pdf](http://www.dian.gov.co/descargas/centrales/2017/Abece_Reforma_Tributaria_2016.pdf)
- DIAN, D. d. (2017). *DIAN*. Retrieved from <https://muisca.dian.gov.co/WebArancel/DefResultadoConsNomenclaturas.faces>
- Dolar-Colombia. (2017, Abril 2). *Dolar-Colombia*. Retrieved from <http://www.dolar-colombia.com/>
- DSI, D. s. (2012). *Sapi.gov.ve*. Retrieved from <http://sapi.gob.ve/wp-content/uploads/2015/10/RevistaJabones.pdf>
- Endres, L. N. (2003). Cold Process Soap Making 101: The Basics & Much More. 12. Retrieved from [https://thenovastudio.com/wp-content/uploads/woocommerce\\_uploads/2014/10/Final-HANDOUT-Lori-Soap-CP-101-022415.pdf](https://thenovastudio.com/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2014/10/Final-HANDOUT-Lori-Soap-CP-101-022415.pdf)
- ESSA, E. d. (2017). *ESSA*. Retrieved from [http://www.essa.com.co/site/Portals/14/Docs/Tarifas/tarifas%202017/Tarifa\\_ESSA\\_201703.pdf](http://www.essa.com.co/site/Portals/14/Docs/Tarifas/tarifas%202017/Tarifa_ESSA_201703.pdf)
- Éxito, A. (2017). Retrieved from [http://www.exito.com/browse?Ntt=jabon&\\_requestid=1563931#](http://www.exito.com/browse?Ntt=jabon&_requestid=1563931#)
- Fennell, E., & Wennerstrom, H. (1999). *The Colloidal Domain, Where Physics, Chemistry, Biology, and Technology Meet* (2 ed.). New York: Wiley-VCH.
- Ferguson, R. (1944). The Four Known Crystalline Forms of Soap. *oil soap*, 21: 6–9.
- Ferguson, R. H., Rosevear, F. B., & Stillman, R. C. (1943, Septiembre). Solid Soap Phases. doi: 10.1021 / ie50405a015
- Foster D. Snell, I. B. (1942). Soap, and Glycerol. 173.
- Friedman, M., & Wolf, R. (1996). Chemistry of Soaps and Detergents: Various Types of Commercial Products and Their Ingredients. *Elsevier Science inc.*, 8.
- George, E. D. (2004). Formulation of Toilet, Combo, and Synthetic Cleansing Bars. *AOCS Press*.
- Jiangxi Brilliant Industrial Co, L. (2017). *Alibaba.com*. Retrieved from <https://spanish.alibaba.com/product-detail/price-small-scale-soap-extruding-machine-60582245196.html>
- Jinxin Factory. (2017). *Alibaba.com*. Retrieved from <https://spanish.alibaba.com/p-detail/naoh-acid-tanque-de-almacenamiento-para-la-industria-qu%C3%ADmica-300004510260.html>
- Laughlin, R. (1994). The Aqueous Phase Behavior of Surfactants. *Academic Press*, 106-136, 380.

- Liaoning Huaying Engineered Products Co., L. (2017). *Alibaba.com*. Retrieved from <https://spanish.alibaba.com/product-detail/lee-mixing-tank-1599703703.html?s=p>
- Makro. (2017). Retrieved from <http://www.makrovirtual.com/tunja/sal-refisal-bulto-x-50-kg.html>
- McBain, J. W., & Bretteville, A. (1942). McBain, J.W., and A. de Bretteville, X-Ray Evidence for a Third Polymorphic Form of Sodium Stearate. *Science*, 96: 470.
- Ministerio de Cultura, R. d. (2010). *Observatorio Étnico Cecoin*. Retrieved from <http://observatorioetnicocecoin.org.co/cecoin/files/Caracterizaci%C3%B3n%20del%20pueblo%20Awa.pdf>
- Ministerio de Trabajo. (2017). Jornada de Trabajo.
- Minsalud, M. d. (2017). Retrieved from <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VP/DOA/RL/Aseguramiento%20en%20riesgos%20laborales.pdf>
- Mintrabajo, M. d. (2017). *Ministerio de trabajo*. Retrieved from <http://www.mintrabajo.gov.co/medios-febrero-2014/3090-cartilla-de-riesgos-laborales-para-trabajadores.html>
- Moaddel & Hill, M. H. (2004). Soap Structure and Phase Behavior. *American Oil Chemists' Society AOCS*, chapter 2.
- Muller, F. (2016). *Software Freedom Day*. Retrieved 11 18, 2016, from <http://wiki.softwarefreedomday.org/2016/Colombia/Bucaramanga>
- Müller, F. (2016, Noviembre 18). *Software Freedom Day*. Retrieved from <http://wiki.softwarefreedomday.org/2016/Colombia/Bucaramanga>
- Quiminet.com*. (2015). Retrieved from <http://www.quiminet.com/productos/sebo-de-res-4112046556/precios.htm>
- Rosevear, F. (1968). Liquid Crystals: The Mesomorphic Phases of Surfactant Compositions. *J. Soc. Cosm. Chemist*, 19: 581–594.
- Salariominimo2017. (2017). *Salariominimo2017*. Retrieved from <http://www.salariominimo2017.de/colombia/cuanto-cuesta-realmente-un-trabajador-con-un-salario-minimo-en-colombia/>
- Santa María, M., García, F., & Mujica, A. V. (2009). Los costos no laborales y el mercado laboral: Impacto de la reforma de salud en Colombia. *Fedesarrollo*. Retrieved from <http://incp.org.co/Site/info/archivos/fedesa.pdf>
- Shadong Longxing Chemical Machinery Group, C. L. (2017). *Alibaba.com*. Retrieved from <https://spanish.alibaba.com/product-detail/100-200l-soap-screw-extruding-kneader-machine-with-heating-jacket-60570179146.html>

- Shanghai Shuangbao Machinery. (2017). *Alibaba.com*. Retrieved from <https://spanish.alibaba.com/product-detail/reciprocationg-pump-naoh-feed-pump-60421963835.html?s=p>
- Skoulios, A., & Luzzati, V. (1961). La Structure des Colloides d'Association. III. Description des Phases Mesomorphiques des Savons de Sodium Purs, Rencontrees audessus de 100°C. *Acta Crystallogr.*, 14: 278.
- Spitz, L. (2004). The History of Soaps and Detergents. *American Oil Chemists' Society AOCS*, chapter 1.
- Taian Luqiang Metal Container, C. L. (2017). *alibaba.com*. Retrieved from <https://spanish.alibaba.com/product-detail/316-and-304-stainless-steel-water-storage-tank-60191372410.html?s=p>
- Toof, F. L. (1954). *U.S. Patent No. US2674889*.
- Trade Map. (2015). *International Trade Center ITC*. Retrieved from <http://www.trademap.org/Index.aspx>
- UDI, U. d. (2016, Noviembre). *Universitaria de Investigación y Desarrollo - UDI*. Retrieved from <http://www.udi.edu.co/robotica/>
- UNIPA, U. I., Corponariño, & Critical Ecosystem. (2008).
- Universitaria de Investigación y Desarrollo - UDI*. (2016). Retrieved 11 18, 2016, from <http://www.udi.edu.co/robotica/bucaramanga/>
- Vold, M. J., Macomber, M., & Vold, R. D. (1941). Stable Phases Occurring between True Crystals and True Liquid Crystals for Single pure Anhydrous Soaps. *J. Am. Chem. Soc.*, 63: 168.
- Vold, R. D., Grandine, J. D., & Schot, H. (1952). Characteristic X-Ray Spectrometer Patterns of the Saturated Sodium Soaps. *J. Phys. Chem.*, 56: 128.
- Wansbrough, H. (n.d.). *New Zealand Institue of Chemistry*. Retrieved 2017, from <http://nzic.org.nz/ChemProcesses/detergents/11A.pdf>
- Wenzhou T & D Packaging MAchinery. (2017). *alibaba.com*. Retrieved from <https://spanish.alibaba.com/product-detail/manual-manual-hot-press-for-toilet-soap-60386983061.html>
- World Bank. (2017). *Index Mundi*. Retrieved from <http://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=aceite-de-palmiste&meses=12&moneda=cop>
- Zhenjiang L & B, I. Z. (2017). *ALibaba.com*. Retrieved from <https://spanish.alibaba.com/product-detail/stainless-steel-mayonnaise-ketchup-cheese-making-mixing-machine-60270730208.html>

## Anexos

**Anexo A.** Consumo de Agua promedio por actividad en Bucaramanga.

*Anexo A.1. Consumo de agua por actividad por persona anualmente en Bucaramanga.*

*Nota: Los datos presentados en la tabla fueron medidos experimentalmente para determinar su magnitud y segmentarlos según la actividad que este representa en el consumo de agua diaria de un individuo promedio en la ciudad de Bucaramanga,, luego se realiza la proyección a un consumo estimado anual. Fuente: los autores. Las mediciones se realizaron determinando un caudal variado según la tarea y tomando el tiempo transcurrido durante cada actividad, cada prueba se realizó tres veces para reducir el error provocado por la prueba experimental.*

**Anexo B.** Tabla de índices de saponificación para las grasas y aceites más usados en la producción de jabón de tocador.

<b>Saponification Value Table</b>		
<b>For use in calculating your own recipes.</b>		
Oil/Fat in ounces X Saponification Value = Amount of Lye Needed to make soap for that oil.		
For multiple oils calculate separately and add lye totals together.		
Example - 25oz of coconut oil in my recipe. 25oz X 0.1900 (sap value for coconut oil) = 4.75 oz of lye. It will take 4.75oz of lye to saponify the oil.		
TO CALCULATE WATER: 6oz. water per 16oz. oil/fat.		
Example- 64oz. total oil/fats ÷ 16 = 4oz. and 4oz. X 6oz. = 24oz. Water		
	Sodium Hydroxide (NaOH) (For Bar soap)	Potassium Hydroxide (KOH) (Liquid & Whipped Soap)
Almond, Sweet	0.1360	0.1904
Apricot Kernel	0.1350	0.1890
Avocado	0.1330	0.1862
Babassu	0.1750	0.2450
Brazil Nut	0.1750	0.2450
Beeswax	0.0690	0.0966
Canola	0.1240	0.1736
Castor	0.1286	0.1800
Cocoa Butter	0.1370	0.1918
Coconut	0.1900	0.2660
Cod Liver	0.1326	0.1856
Corn	0.1360	0.1904
Cottonseed	0.1386	0.1940
Flaxseed	0.1357	0.1899
Grapeseed	0.1265	0.1771
Hazelnut	0.1356	0.1898
Hempseed	0.1345	0.1883
Jobba	0.0690	0.0966
Lanolin	0.0741	0.1037
Lard	0.1380	0.1932
Macadamia Nut	0.1390	0.1946
Neem	0.1387	0.1941
Olive	0.1340	0.1876
Palm Butter	0.1560	0.2184
Palm Kernel	0.1560	0.2184
Palm	0.1410	0.1974
Peanut	0.1360	0.1904
Pumpkin Seed	0.1331	0.1863
Rapeseed	0.1240	0.1736
Rice Bran	0.1280	0.1792
Safflower	0.1360	0.1904
Sesame	0.1330	0.1862
Shea Butter	0.1280	0.1792
Shortening (Veg)	0.1360	0.1904
Soybean	0.1350	0.1890
Sunflower	0.1340	0.1876
Tallow, Beef	0.1405	0.1967
Walnut	0.1353	0.1894

*Anexo B.1. Tabla de índice de saponificación para la producción de jabón de tocador utilizando diferentes tipos de compuestos lipídicos.*

*Fuente: Endres (2003). [https://thenovastudio.com/wp-content/uploads/woocommerce\\_uploads/2014/10/Final-HANDOUT-Lori-Soap-CP-101-022415.pdf](https://thenovastudio.com/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2014/10/Final-HANDOUT-Lori-Soap-CP-101-022415.pdf)*

**Anexo C.** Mapa geográfico de Bucaramanga y su zona metropolitana.

*Anexo C.1. Mapa de la ciudad de Bucaramanga y su zona metropolitana incluyendo los municipios de Girón, Floridablanca y Piedecuesta – Santander.*

*Fuente: AMB. (18 de Noviembre de 2016). Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. Obtenido de*

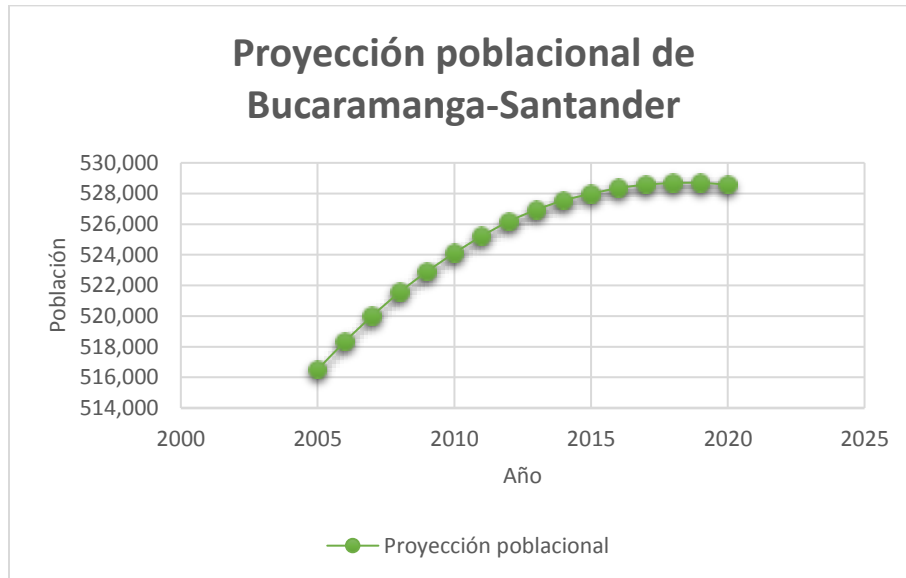
*<http://www.amb.gov.co/>*

**Anexo D.** Diseño del logotipo de la empresa Jabones AWA.



*Anexo D.1. Diseño del logotipo de la empresa para la implementación del proyecto de construcción de la planta productora de jabón de tocador.*

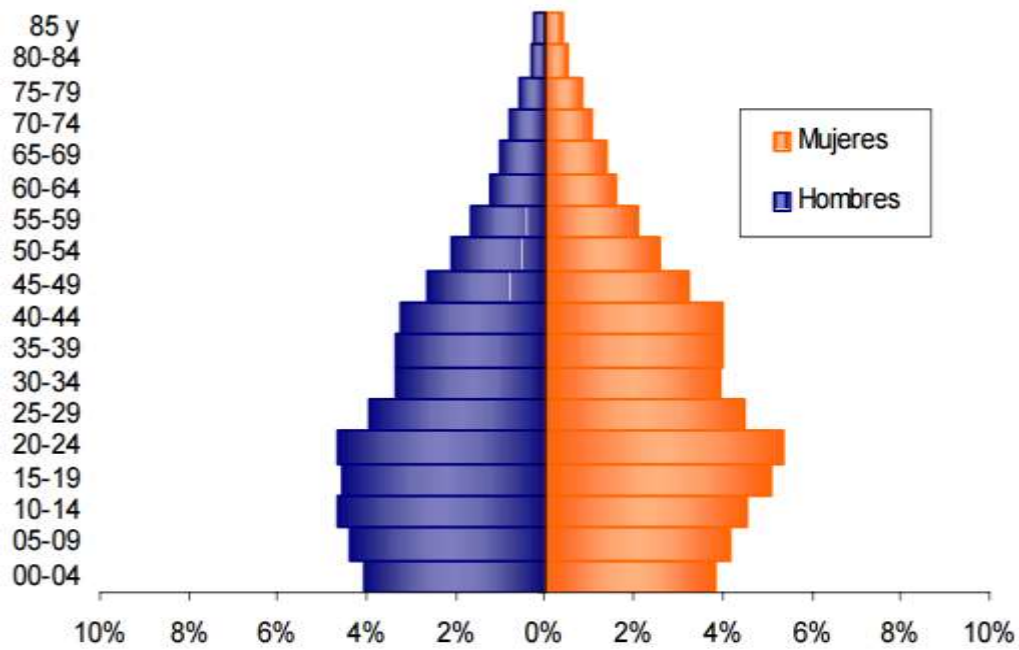
**Anexo E.** Proyección de crecimiento de población en la ciudad de Bucaramanga, periodo 2005-2020.



*Anexo E.1. Proyección de la población de Bucaramanga-Santander.*

*Fuente: DANE (2005) y autores. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>*

**Anexo F.** Distribución de la población proyectada de la zona metropolitana de Bucaramanga por edad y sexo



*Anexo F. 1. Distribución por edad y sexo.*

*Fuente: DANE (2005) y autores.. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>*

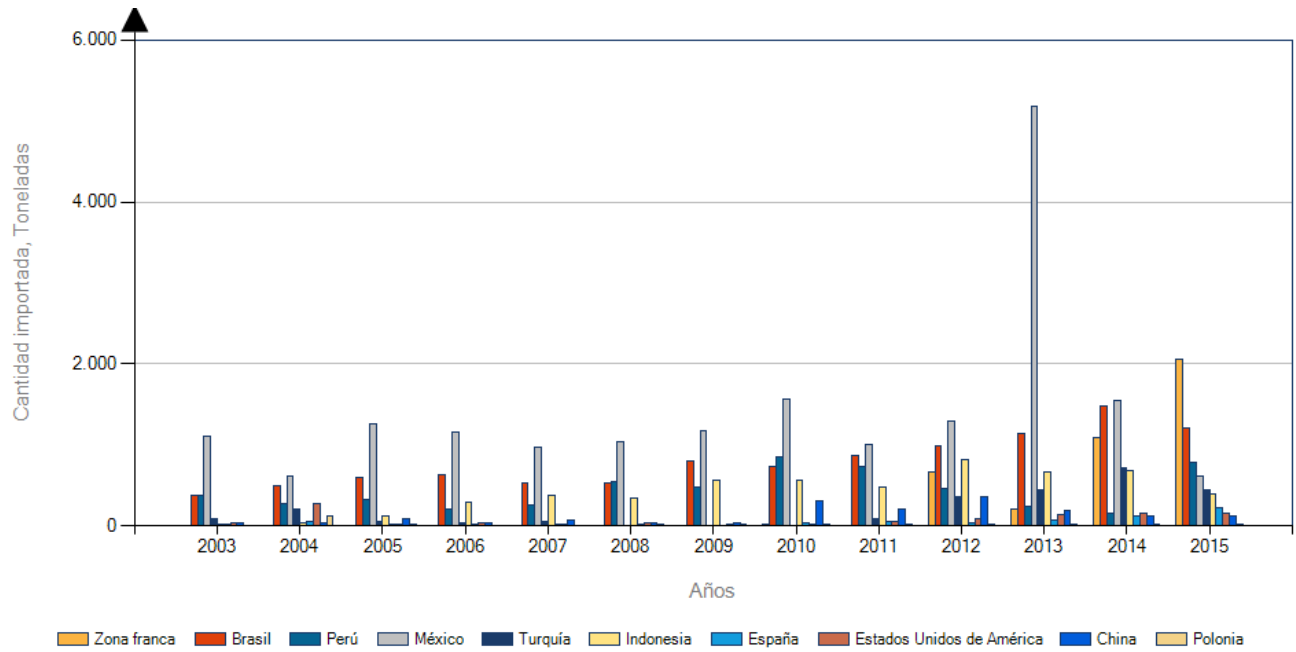
**Anexo G.** Proyecciones de demanda y oferta para jabón de tocador.

		JABÓN DE TOCADOR			
		Año	Qdemanda [Kg]	Qoferta [Kg]	Qdeman efec [Kg]
PROYECCIONES		2004	47,522,685.16	42,286,169.00	5,236,516
		2005	48,844,068.76	43,670,578.00	5,173,491
		2006	50,202,193.86	47,195,033.00	3,007,161
		2007	51,598,082.06	52,695,710.67	(1,097,629)
		2008	53,032,783.39	60,084,771.00	(7,051,988)
		2009	54,507,377.05	62,441,675.33	(7,934,298)
		2010	56,022,972.27	61,862,914.33	(5,839,942)
		2011	57,580,709.09	60,105,368.67	(2,524,660)
		2012	59,181,759.30	62,248,172.67	(3,066,413)
		2013	60,827,327.22	64,655,239.00	(3,827,912)
		2014	62,518,650.68	66,018,611.33	(3,499,961)
		2015	64,257,001.95	64,982,322.78	(725,321)
		2016	66,043,688.63	65,218,724.37	824,964
		2017	67,880,054.71	65,406,552.83	2,473,502
CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA		2018	69,767,481.54	65,202,533.33	4,564,948
		2019	71,707,388.89	65,275,936.84	6,431,452
		2020	73,701,235.98	65,295,007.66	8,406,228
		2021	75,750,522.64	65,257,825.94	10,492,697
		2022	77,856,790.37	65,276,256.82	12,580,534
HORIZONTE DEL PROYECTO		2023	80,021,623.56	65,276,363.47	14,745,260
		2024	82,246,650.63	65,270,148.74	16,976,502
		2025	84,533,545.30	65,274,256.35	19,259,289
		2026	86,884,027.81	65,273,589.52	21,610,438
		2027	89,299,866.25	65,272,664.87	24,027,201

*Anexo G.1. Proyecciones de demanda y oferta respecto al horizonte del proyecto.*

*Fuente: DANE (2015) y autores. Obtenido de <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/industria/encuesta-anual-manufacturera-enam>*

**Anexo H.** Principales países importadores de jabón de tocador a Colombia.



*Anexo H.1. Lista de los mercados proveedores para un producto importado por Colombia entre 2003 y 2015: producto jabón de tocador.*

*Fuente: Trade Map. (2015). International Trade Center ITC. Obtenido de <http://www.trademap.org/Index.aspx>*

**Anexo I.** Precios de jabones comerciales.

Empresa	Unidades	Peso (g)	Precio COP
Palmolive	1	130	\$ 1,853
Savital	1	130	\$ 1,623
Protex	1	130	\$ 2,023
Dove	1	90	\$ 2,400
Carey	1	130	\$ 1,497
Dorado	1	125	\$ 1,477
Johnsons	1	125	\$ 2,300
Neko	1	125	\$ 2,037
Rexona	1	125	\$ 1,877
Ekono	1	125	\$ 1,130
Fresh	1	125	\$ 1,533
Ekono	1	125	\$ 1,630
Lemon	1	130	\$ 1,090
Lak	1	125	\$ 1,200
Promedio	1	124	\$ 1,691

*Anexo I.1. Precio de las barras de jabón más comunes en el mercado.*

*Fuente: Almacenes Éxito (2017). Obtenido de  
[http://www.exito.com/browse?Ntt=jabon&\\_requestid=1563931#](http://www.exito.com/browse?Ntt=jabon&_requestid=1563931#)*

**Anexo J.** Capacidad a instalar de la planta.

periodo	Colombia	B/manga	Girón	F/blanca	P/cuesta	% de población	Demanda efectiva [ton]	Demanda efectiva [Ton]	% abarcado	Producción [Ton]
2005	43405956	518260	135860	254,600	117405	1.19%	5,173	-	-	-
2006	43926929	519920	139969	256,159	120394	1.18%	3,007	-	-	-
2007	44451147	521435	144130	257,543	123402	1.17%	-1,098	-	-	-
2008	44978832	522806	148372	258,821	126471	1.16%	-7,052	-	-	-
2009	45509584	524030	152669	259,994	129572	1.15%	-7,934	-	-	-
2010	46044601	525119	157067	261,096	132725	1.14%	-5,840	-	-	-
2011	46581823	526056	161545	262,105	135930	1.13%	-2,525	-	-	-
2012	47121089	526827	166115	263,041	139178	1.12%	-3,066	-	-	-
2013	47661787	527451	170771	263,908	142483	1.11%	-3,828	-	-	-
2014	48203405	527913	175528	264,695	145848	1.10%	-3,500	-	-	-
2015	48747708	528269	180377	265,407	149248	1.08%	-725	-	-	-
2016	49291609	528497	185314	266,049	152707	1.07%	825	-	-	-
2017	49834240	528610	190350	266,617	156207	1.06%	2,474	-	-	-
2018	50374478	528610	195499	267,124	159760	1.05%	4,565	-	-	-
2019	50911747	528480	200733	267,538	163362	1.96%	6,431	126	1.00%	1.3
2020	51436453	462356	206084	267,886	167006	1.82%	8,406	153	2.00%	3.1
2021	51973969	592059	209122	270103	169453	2.06%	10,493	216	3.00%	6.5
2022	52516320	466106	214022	270755	172885	1.81%	12,581	228	4.00%	9.1
2023	53058204	595181	218931	271415	176322	2.05%	14,745	302	5.00%	15.1
2024	53599457	458494	223841	272083	179757	1.78%	16,977	302	6.00%	18.1
2025	54140000	603855	228745	272763	183187	2.04%	19,259	393	7.00%	27.5
2026	54679776	443397	233632	273458	186609	1.74%	21,610	376	8.00%	30.1
2027	55218988	620900	238499	274172	190018	2.05%	24,027	493	10.0%	49.3

*Anexo J.1. Cálculo de la capacidad a instalar de la planta.*

*Nota: \* La capacidad a instalar se determinó según los datos del DANE para la población nacional y de Bucaramanga, además con la demanda efectiva calculada según la producción anual en Colombia del jabón de tocador, estimando que porcentaje representa la población de Bucaramanga en Colombia y posteriormente según las metas del proyecto en cuestión de mercado insatisfecho se calcula la capacidad instalar en función del porcentaje definido para el periodo del proyecto (porcentaje abarcado).*

*Fuente: DANE (2005-2017) y autores. Obtenido de*

<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>

**Anexo K.** Costo de las materias primas.

Componente	Porcentaje p/p	Cantidad de materia prima por año [Kg]								
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Sebo	29%	365.0	887	1881	2641	4372	5257	7978	8711	14297
Aceite de palma	19%	235.5	572	1213	1704	2821	3392	5147	5620	9224
NaOH	7%	94.2	229	485	682	1128	1357	2059	2248	3689
Agua	38%	478.5	1,163	2466	3462	5732	6892	10459	11420	18743
Dióxido de titanio	0.5%	6.3	15	32	46	75	91	138	150	247
Perfume	2%	25.2	61	130	182	302	363	550	601	986
Ácido cítrico	2%	25.2	61	130	182	302	363	550	601	986
Sal	2%	25.2	61	130	182	302	363	550	601	986
SLES	0.6%	7.1	17	36	51	84	102	154	168	276

Componente	Costo por Kg COP\$	Costo de las materias primas por año mCOP\$								
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Sebo	\$900	\$0.33	\$0.80	\$1.69	\$2.38	\$3.93	\$4.73	\$7.18	\$7.84	\$12.87
Aceite de palma	\$4,647	\$1.09	\$2.66	\$5.64	\$7.92	\$13.11	\$15.76	\$23.92	\$26.12	\$42.86
NaOH	\$5,700	\$0.54	\$1.30	\$2.77	\$3.88	\$6.43	\$7.73	\$11.74	\$12.81	\$21.03
Agua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dióxido de titanio	\$18,800	\$0.12	\$0.29	\$0.61	\$0.86	\$1.42	\$1.70	\$2.59	\$2.82	\$4.64
Perfume	\$210,037	\$5.29	\$12.86	\$27.26	\$38.28	\$63.36	\$76.19	\$115.62	\$126.24	\$207.20
Ácido cítrico	\$7,700	\$0.19	\$0.47	\$1.00	\$1.40	\$2.32	\$2.79	\$4.24	\$4.63	\$7.60
Sal	\$590	\$0.01	\$0.04	\$0.08	\$0.11	\$0.18	\$0.21	\$0.32	\$0.35	\$0.58
SLES	\$29,100	\$0.21	\$0.50	\$1.06	\$1.48	\$2.46	\$2.96	\$4.49	\$4.90	\$8.04
<b>Total</b>		<b>\$7.78</b>	<b>\$18.91</b>	<b>\$40.10</b>	<b>\$56.31</b>	<b>\$93.21</b>	<b>\$112.09</b>	<b>\$170.10</b>	<b>\$185.71</b>	<b>\$304.81</b>

*Anexo K.1. Costos de las materias primas.*

*Nota: \* Se determinó la cantidad de materias primas necesarias a partir de la Cantidad de jabón fabricado según los objetivos de producción en cada año y de los porcentajes en peso que estos representan en el producto, luego multiplicados por el costo por kilogramo de materia prima.*

**Anexo L.** Reactor Batch para compra.

*Anexo L.1. Reactor batch para saponificación de jabón de tocador.*

*Fuente: Zhenjiang L & B, I. Z. (2017). ALibaba.com. Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/stainless-steel-mayonnaise-ketchup-cheese-making-mixing-machine-60270730208.html>*

**Anexo M. Impuesto cobrado a la importación de maquinaria industrial**



**DIAN - MUISCA - ARANCEL**

Consultas Arancel

General

Por medidas

Por código de nomenclatura

Estructura nomenclatura

Índice alfabético arancelario

Reglas generales de la nomenclatura

Por texto

**Perfil de la mercancía**

DATOS GENERALES			
Nivel Nomenclatura	Código Nomenclatura	Código Complem.	Código Suplem.
ARIAN	8438.40.00.00		
Descripción	Reactores nucleares, calderas, máquinas, aparatos y artefactos mecánicos, partes de estas máquinas o aparatos Máquinas y aparatos, no expresados ni comprendidos en otra parte de este Capítulo, para la preparación o fabricación industrial de alimentos o bebidas, excepto las máquinas y aparatos para extracción o preparación de aceites o grasas, animales o vegetales fijos. - Máquinas y aparatos para la industria cervecera		
Unidad física	u - Unidades o artículos		

MIDAS			
Concepto	Importaciones	Exportaciones	Tránsito
Gravamen	✔	✖	✖
IVA	✔	✖	✖
Otras tarifas generales	✖	✖	✖
Gravámenes por acuerdos internacionales	✔	✖	✖
Medidas de protección comercial	✖	✖	✖
Régimen de comercio	✔	✖	✖
Bienes de capital	✔	✔	✖
Índice Alfabético Arancelario	✔	✔	✖
Notas de nomenclatura	✖	✖	✖
Correlativas por apertura	✖	✖	✖
Correlativas por cierre	✖	✖	✖
Requisitos Específicos de Origen (REO)	✖	✖	✖
Documentos soporte	✔	✖	✖
Características especiales	✖	✖	✖
Restricciones	✖	✖	✖
Restricciones por Zonas de Régimen Aduanero Especial	✖	✖	✖
Tarifas por Zonas de Régimen Aduanero Especial	✖	✖	✖
Modalidades permitidas	✖	✖	✖
Descripciones de mercancías	✔	✔	✖
Documentos soporte por zona de RAE	✖	✖	✖
Cupos de Mercancía	✖	✖	✖

IVA			
Tarifa - Fórmula	Desde	Hasta	Leg
19%	01-ene-2017	...	

*Anexo M.1. Impuesto a la importación de maquinaria industrial.*

*Fuente: DIAN. Obtenido de <https://muisca.dian.gov.co/WebArancel/DefResultadoConsNomenclaturas.faces>*

**Anexo N.** Tanques de almacenamiento para la producción de jabón.

*Anexo N.1. Tanque de Mezcla para NaOH y agua.*

*Fuente Liaoning Huaying Engineered Products Co., L.  
(2017). Obtenido de  
<https://spanish.alibaba.com/product-detail/lee-mixing-tank-1599703703.html?s=p>*



*Anexo N.2. Tanque de almacenamiento de agua para saponificación.*

*Fuente: Taian Luqiang Metal Container (2017).  
Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/316-and-304-stainless-steel-water-storage-tank-60191372410.html?s=p>*

**Anexo O.** Bomba dosificadora de aceite de palma.

*Anexo O.1. Bomba dosificadora de aceites.*

*Fuente: Botou Honghai Pump Co (2017). Alibaba.com. Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/honghai-2cy-series-marine-electric-gear-oil-pump-1602885217.html?s=p>*



*Anexo O.2. Bomba anticorrosiva.*

*Fuente: Shanghai Shuangbao Machinery. (2017). Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/reciprocating-pump-naoh-feed-pump-60421963835.html?s=p>*

**Anexo P.** Mezcladora de jabón.



*Anexo P.1. Mezcladora de jabón y pelletizadora.*

*Fuente: Shadong Longxing Chemical Machinery Group, C. L. (2017). Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/100-200l-soap-screw-extruding-kneader-machine-with-heating-jacket-60570179146.html>*

**Anexo Q.** Extrusora de jabón.



*Anexo Q.1. Extrusora de jabón de tocador.*

*Fuente: Jiangxi Brilliant Industrial Co (2017). Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/price-small-scale-soap-extruding-machine-60582245196.html>*

**Anexo R.** Troqueladora manual para prensado de jabón.



*Anexo R.1. Troqueladora manual para estampado de jabón.*

Fuente: Wenzhou T & D Packaging Machinery. (2017). Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/manual-manual-hot-press-for-toilet-soap-60386983061.html>

**Anexo S.** Flujo de caja neto.**FLUJO DE CAJA**

<b>PERIODOS →</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
FLUJO DE INVERSION	85,900,007	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUJO DE PRODUCCION	0	52,850,797	40,062,506	10,226,283	13,570,673	56,534,243	84,413,647	165,671,585	200,016,713	390,318,133
PRÉSTAMO BANCARIO	0									
AMORTIZACIÓN CRÉDITO BANCARIO										
<b>FLUJO NETO DE CAJA</b>	<b>85,900,007</b>	<b>52,850,797</b>	<b>40,062,506</b>	<b>10,226,283</b>	<b>13,570,673</b>	<b>56,534,243</b>	<b>84,413,647</b>	<b>165,671,585</b>	<b>200,016,713</b>	<b>390,318,133</b>

*Anexo S.1. Flujo de caja neto del estudio financiero del proyecto.*

**Anexo T.** Consumo y ahorro con el jabón AWA en Bucaramanga y su área metropolitana.

Bucaramanga y su área metropolitana				Jabones promedio	Jabones AWA	
1 Persona	Actividades	Número de veces al día	consumo (L/día)	1,16 millones de Habitantes consumo m <sup>3</sup> /año	1,16 millones de Habitantes consumo m <sup>3</sup> /año	% AHORRO
Bucaramanga y su área metropolitana	lavado de manos	4	2	846,882	550,474	35
	Ducha	1	30	12,703,237	8,257,104	35
	lavado de ropa	0.1428	21.42	9,070,111	9,070,111	0
	consumo de agua	-	1.1	465,785	465,785	0
	lavado de platos	3	22	9,315,707	6,055,210	35
	cepillado de dientes	3	1	423,441	423,441	0
	cocinar	3	5	2,117,206	2,117,206	0
	Total	-	82.52	34,942,372	26,939,332	8,003,040

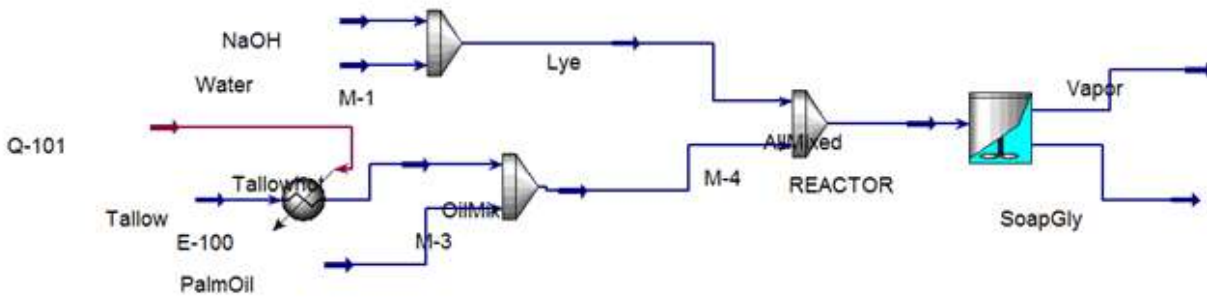
*Anexo T.1. Consumo y ahorro usando jabón AWA en Bucaramanga y su área metropolitana*

COSTOS DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO			
	Jabones promedio	Jabones AWA	AHORRO \$
HABITANTE			
MENSUAL	\$8,613	\$6,485	\$2,127
ANUAL	\$103,351	\$77,824	\$25,528
UNIDAD FAMILIAR PROMEDIO			
MENSUAL	\$43,063	\$32,426	\$10,637
ANUAL	\$516,757	\$389,118	\$127,639
CIUDAD DE BUCARAMANGA			
MENSUAL	\$10,130,375,882	\$7,810,161,338	\$2,320,214,544
ANUAL	\$121,564,510,579	\$93,721,936,052	\$27,842,574,527

*Anexo T.2. Ahorro en servicios de acueducto y alcantarillado en la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana.*

Anexo U. Simulación HYSYS y resultados.

 LEGENDS Burlington, MA USA		Case Name: TESIS.HSC				
		Unit Set: SI				
		Date/Time: Sat Apr 08 16:19:19 2017				
<b>Material Stream: SoapGly</b>						
		Fluid Package:	Basis-1			
		Property Package:	Peng-Robinson			
<b>COMPOSITION</b>						
<b>Overall Phase</b>						
			Vapour Fraction: 0.0000			
COMPONENTS	MOLAR FLOW (kgmole/h)	MOLE FRACTION	MASS FLOW (kg/h)	MASS FRACTION	LIQUID VOLUME FLOW (m3/h)	LIQUID VOLUME FRACTION
NaOH	0.0003	0.0142	0.0126	0.0027	0.0000	0.0014
H2O	0.0036	0.1517	0.0649	0.0141	0.0001	0.0132
Sodium Oleate*	0.0066	0.2947	1.9987	0.4328	0.0025	0.4973
Glycerol	0.0050	0.2252	0.4622	0.1001	0.0004	0.0744
Sodium Stearate*	0.0066	0.3041	2.0761	0.4495	0.0020	0.4129
Olein*	0.0000	0.0001	0.0019	0.0004	0.0000	0.0004
Stearin*	0.0000	0.0001	0.0019	0.0004	0.0000	0.0004
Total	0.0223	1.0000	4.6182	1.0000	0.0049	1.0000



Anexo U.1. Composiciones en la corriente liquida del reactor y diagrama PFD de la producción a baja escala de jabón