

DETERMINACIÓN DE CONDICIONES DE PROCESO
PARA LA FABRICACIÓN DE LA MEZCLA
POLIETILENGLICOL-TRICLOROCARBILINIDA

SEBASTIAN CALDERÓN ZAPATA 1103624
LILIA CATALINA PAZ RODRIGUEZ 1201350

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de
Magíster en Ingeniería con énfasis en Ingeniería Química

Febrero de 2017

Dirección:

Ing. Oscar Cárdenas, MBA

Jaime Lozano, PhD.

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
SANTIAGO DE CALI

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
TABLA DE CONTENIDO	2
1. RESUMEN.....	6
2. INTRODUCCIÓN.....	7
3. ANTECEDENTES.....	9
4. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	10
5. OBJETIVOS	11
5.1. Objetivo general	11
5.2. Objetivos específicos.....	11
6. MARCO TEÓRICO	12
6.1. JABONES DE TOCADOR.....	12
6.2. AGENTES ANTIBACTERIALES.....	12
6.3. TRICLOROCARBAN – TCC.....	13
6.4. POLIETILENGLICOL – PEG	13
6.5. DESCOMPOSICIÓN DEL TCC.....	14
6.6. PROCEDIMIENTO PARA SOLUBILIZACIÓN DEL TCC	15
7. METODOLOGÍA.....	16
7.1 Descripción del proceso.....	16
7.2 Pruebas de producción.....	17
7.2.1 Preparación de orden de manufactura	17
7.2.2 Prepesaje de materiales.....	17
7.2.3 Fabricación mezcla	17
7.2.4 Almacenamiento mezcla	19
7.2.5 Dosificación mezcladores.....	21
7.3 Evaluación de proceso	21
7.4 Evaluación de productor	21
7.5 Validación de proceso	21
7.6 Equipos y reactivos.....	22
8. Diseño de nuevo agitador	23
9. Resultados y Análisis.....	29

9.1	Definición de variables de entrada y salida.....	29
9.2	Comparación de proceso con agitador anterior vs nuevo.	30
9.3	Diseño de experimentos.	35
9.4	Evaluación del tiempo máximo de almacenamiento de la solución.	39
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
11.	BIBLIOGRAFÍA	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de bloques del proceso de fabricación.....	17
Figura 2 – Tanque de fabricación de mezcla PEG-TCC.....	18
Figura 3 – Tanque de almacenamiento.....	20
Figura 4– Apariencia mezcla tcc-peg	20
Figura 5 – Mezclador de cintas	21
Figura 6– Concentración tcc vs tiempo prueba 1	23
Figura 7– Concentración tcc vs tiempo prueba 2	24
Figura 8 – Tipo agitador sistema de agitación.....	24
Figura 9 – Tipo de agitadores	26
Figura 10 – Mezclado axial y radial.....	27
Figura 11 – Diseño agitador	28
Figura 12 – Concentración tcc vs tiempo prueba 3	31
Figura 13 – Concentración tcc vs tiempo prueba 4	31
Figura 14 – Concentración tcc vs tiempo prueba 5 – nuevo mezclador	32
Figura 15 – Concentración tcc vs tiempo prueba 6 – nuevo mezclador	32
Figura 16 – Concentración tcc vs tiempo – Prueba 7 con enfriamiento.....	33
Figura 17 - Concentración tcc vs tiempo – Prueba 8 con enfriamiento.....	33
Figura 18 - Concentración tcc vs tiempo – Prueba 9 con enfriamiento.....	34
Figura 19 – Muestras mezcla tcc-peg	34
Figura 20 – Muestras mezcla tcc-peg a 90°C	35
Figura 21 – Concentración TCC en mezcla @ 100°C, 4.5 h almacenamiento.....	36
Figura 22 – Concentración tcc en mezcla @ 110°C, 4.5 h de almacenamiento	36
Figura 23 – Concentración TCC en mezcla @ 100°C, 8 h de almacenamiento	37
Figura 24 – Concentración TCC en mezcla @ 110°C, 8 h de almacenamiento	37
Figura 25 – Concentración TCC en mezcla @ 100°C, 4.5 h de almacenamiento.....	38
Figura 27 – Ensayo concentración tcc en mezcla vs tiempo a 25°C.	40
Figura 28 – Ensayo concentración tcc en mezcla vs tiempo a 60°C	41

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 – Tiempos de fabricación mezcla tcc-peg	19
Tabla 2 – Equipos de medición utilizados	22
Tabla 3 – Equipos de operación	22
Tabla 4– valores para el cálculo del reynolds de la mezcla peg-tcc	25
Tabla 5 - Homogenidad en mezclado	26
Tabla 6– Propiedades de la mezcla peg-tcc agitación radial.....	27
Tabla 7 – Propiedades de la mezcla peg-tcc agitación axial	28
Tabla 8 – Tiempos de fabricación mezcla – nuevo agitador.....	29
Tabla 9 - Diseño de experimentos inicial.....	35
Tabla 10 – Diseño de experimentos final	35
Tabla 11 – Resultados diseño de experimentos.....	37
Tabla 12 – Resultados pruebas 100 °C y 4.5 h de almacenamiento	38
Tabla 13 – Resultados cloroanilinas en muestras de premix de tcc	39

1. RESUMEN

El Triclorocarban (TCC) es usado como componente antibacterial en los jabones de tocador hace varias décadas, gracias a sus propiedades anti-hongos y anti-microbios. Su dosificación en jabones antibacteriales es vigilada en Colombia por el instituto nacional de vigilancia de medicamentos y alimentos (INVIMA), ya que soporta una propiedad importante del producto. La precisión y control en los procesos de adición de TCC se convierte en un punto crítico en la fabricación de este tipo de jabón.

Con el propósito de alcanzar mayor precisión y control en la adición de TCC y optimizar el uso de los recursos de una planta de jabones de tocador, el siguiente trabajo presenta el análisis para la determinación de condiciones de proceso para la fabricación de la mezcla polietilenglicol-triclorocarbanilida.

Palabras Clave: Jabones, componentes antibacteriales, degradación de TCC, cloroanilinas, condiciones de operación, equipos.

ABSTRACT

Triclocarban (TCC) has been used as an antimicrobial compound in toilet soap bars for many decades, due to its sanitizing properties. Food and drugs Colombian Institute (INVIMA) monitor TCC dosage in antibacterial soaps bar because this component supports the product claim. In a personal care products plant than manufactures antibacterial soaps, accuracy and control in the addition of TCC processes becomes a critical point.

This document shows an analysis to determine process conditions for the manufacture of the polyethyleneglycol-trichlorocarbanilide mixture. The goal is to achieve greater precision and control in the TCC addition while improving the use of the resources in a toilet soap bar plant.

Keywords: Soaps, antibacterial components, degradation of TCC, chloroanilines, operating conditions, equipment.

2. INTRODUCCIÓN

El jabón es uno de los productos más antiguos de la historia. Desde sus inicios, cuando básicamente fue una mezcla de cuerpos grasos y sosa caustica, han ido transformándose en productos cada vez más cómodos de utilizar hasta convertirse en objetos de consumo masivo. Su uso se volvió universal debido a una mayor conciencia en el mundo del papel que tiene la higiene en la salud (1).

Hoy, el jabón de tocador tiene diferentes características para cada gusto; un pH alcalino menor para evitar resecar la piel; contiene en su composición elementos emolientes, antisépticos, suavizantes, nutrientes e incluso vitaminas adecuadas a cada tipo de piel y los hay de distinta calidad, precio y tamaño, con aceites y cremas hidratantes, perfumados e inodoros, sólidos, en crema, en gel y líquidos (2).

Aunque los jabones líquidos han cobrado importancia en grandes mercados como el europeo y el norteamericano, los jabones en barra siguen siendo líderes en mercados emergentes, debido al creciente interés de los consumidores en la higiene y la limpieza (1), así como al dinamismo del sector palmicultor en Malasia y algunos países de Sur América, como motor de una industria jabonera con un alto costo de materiales (3).

Los jabones antibacteriales son preferidos por el mercado Colombiano, el cual muestra mayor interés por productos integrales que proporcionen la mayor cantidad de beneficios en uno solo (4). Por otro lado los jabones antibacteriales han generado extensas discusiones e investigaciones por parte de las entidades regulatorias por su contenido de sustancias químicas consideradas riesgosas (5).

El presente proyecto hace parte de la necesidad de mejoramiento continuo de una compañía de productos de consumo masivo que manufactura jabones de tocador antibacteriales.

Actualmente en la industria existe una tendencia global hacia el diseño de procesos más eficientes. Esta eficiencia no sólo se mide en la operación unitaria principal de un

proceso, sino en objetivos que incluyen seguridad, disminución de impactos ambientales, disminución de pérdidas de energía, tiempo y materiales y eliminación de reprocesos.

La fabricación de jabones antibacteriales en la Compañía incluye la preparación de una solución de triclorocarban (TCC). El Triclorocarban es el componente que proporciona la característica antibacterial a sus jabones de tocador. La exactitud en su preparación, adición y proporción en el producto final es una parte crítica del proceso ya que el TCC soporta regulatoriamente la proclama al consumidor (proclama) sobre la eliminación de bacterias. Así mismo deben cumplirse las regulaciones respecto a dosificaciones del material.

La preparación de la solución de TCC es un paso clave para lograr la eficacia en el proceso del jabón antibacterial y debe realizarse bajo condiciones controladas para garantizar el flujo del proceso y el cumplimiento de especificaciones.

Algunas dificultades en la preparación de la solución del TCC son: su degradación a temperaturas mayores a 62°C, formación de precipitados a temperaturas bajas, tendencia a formar cloro-anilinas y su baja solubilidad en agua.

El proceso actual de la empresa cuenta con un equipo antiguo que requiere remplazarse por obsolescencia, lo cual presenta una oportunidad para optimizar el proceso.

Teniendo en cuenta estas condiciones se propone establecer un proceso para la fabricación de la solución de TCC en Polietilenglicol (PEG) que permita disminuir tiempos, pérdidas energéticas y de materiales y mejorar los resultados de capacidad de proceso de la variable porcentaje de TCC en el producto terminado. Esto incluye la elección de un tanque con un nuevo tipo de mezclador que se ajuste a estos objetivos.

3. ANTECEDENTES

El triclocarban (TCC), compuesto antimicrobiano, tiene aplicaciones en desinfectantes, detergentes, cosméticos, jabones, etc. Su uso industrial se conoce desde 1960 y fue creciendo debido a su popularidad. En Estados Unidos el 84% de los jabones en barra contienen TCC. El TCC está clasificado como compuesto de alto volumen de producción (HPV por sus siglas en Inglés) y ha estado en uso por más de 50 años. Sin embargo, en los últimos años ha aumentado la preocupación por su toxicidad y efectos en la salud del ser humano. (6)

Las entidades reguladoras de salud nacionales e internacionales han establecido concentraciones límite para su uso de manera segura. La Comisión Europea establece por medio del Comité Científico de Productos de Consumo (SCCP por sus siglas en inglés) que el Tricolorocarban es seguro para usar en concentraciones hasta de 1.5% en productos para el cuidado de manos y cuerpo que se usen y se enjuaguen (7).

El mercado de jabón de tocador en Latinoamérica es uno de los más activos del mundo, con un crecimiento sostenido de 7.5% anual en promedio en los últimos cinco años. Sólo en Colombia, representa cerca de 70 mil millones de pesos (8), por lo cual se ha convertido en un mercado altamente atractivo para la inversión.

Entre el crecimiento de ventas de jabones se destaca el mercado de jabones antibacteriales. Debido al creciente interés de los consumidores en la limpieza e higiene, éste tipo de jabones es uno de los más usados y formulados en la última década (9).

El 88% de la ventas de jabones corresponden a jabones en barra y se estima que el 50% corresponde a ventas de jabones antibacteriales (10). Las empresas productoras de jabones antibacteriales en el Valle del Cauca deben contar con procesos de manufactura que garanticen el cumplimiento de la propiedad y las concentraciones establecidas por la regulación.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Alrededor del 60% del total de la producción de una planta de Jabones de tocador ubicada en el Valle del Cauca son jabones antibacteriales. Para su fabricación se usa la mezcla polietilenglicol (PEG)-triclorocarbonilida (TCC). Teniendo en cuenta la importancia de este producto para la planta y la obsolescencia de los equipos mencionada anteriormente, se toma la decisión de invertir en cambio de equipos del sistema de fabricación de la mezcla.

La mezcla de polietilenglicol (líquido) y TCC (sólido) se debe realizar a una temperatura cercana a 110°C para garantizar que el PEG se encuentre libre de agua y que el TCC se disuelva totalmente, dicha mezcla, por estándares corporativos, y para garantizar la total solubilidad del TCC, se realiza con una proporción 80%-20% en peso (PEG:TCC). Luego de la fabricación, el almacenamiento de esta mezcla se debe realizar a 60°C para evitar la solidificación del polietilenglicol.

Una de las principales desventajas que tiene el proceso de fabricación de esta solución antibacterial es que el TCC se degrada a medida que se calienta, por ende al fabricar y almacenar esta mezcla, la concentración del componente activo (TCC) va disminuyendo, generando la necesidad de realizar ajuste de componente activo agregando mayor cantidad de TCC; además al tener degradación de TCC esta sustancia forma cloroanilinas las cuales como ya se dijo son perjudiciales para la salud (11).

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Implementar un proceso de fabricación de la mezcla antibacterial polietilenglicol-triclorocarbalinida y establecer las mejores condiciones de proceso para que el jabón de tocador manufacturado con esta solución cumpla con las especificaciones internas de la compañía y los estándares regulatorios Colombianos.

5.2. Objetivos específicos

- Identificar las variables críticas de proceso y su efecto en el posterior almacenamiento de la mezcla de polietilenglicol-triclorocarbalinida.
- Establecer intervalos de operación de las variables críticas en las etapas de fabricación y almacenamiento de la mezcla antibacterial.
- Escoger el mezclador o tipo de mezclado que mejore el proceso de preparación de la solución.
- Garantizar la repetibilidad y reproducibilidad del proceso de fabricación de la mezcla antibacterial de forma que se cumplan las especificaciones requeridas por la compañía y por la regulación colombiana.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. JABONES DE TOCADOR

El jabón de tocador es uno de los productos más antiguos que se conoce. Se tiene registro de su uso para el lavado del cuerpo desde tiempos antes de Cristo.

Para la producción industrial de jabones se utilizan sales de potasio y de sodio provenientes de ácidos grasos como los oleicos, esteáricos, láuricos, de palmiste, de soya, entre otros. El sebo es el principal material graso empleado en la producción de jabones. Es mezclado con otro tipo de aceites, por ejemplo el aceite de palmiste y de coco, los cuales contribuyen a que el jabón sea más soluble. (12)

Los jabones contienen elementos constructores que fortalecen su acción limpiadora. Es frecuente el uso de soda cáustica, sal, soda, potasio cáustico, silicato de sodio y bicarbonato de sodio. Se usan perfumes para que el producto tenga olores agradables y aditivos que aportan propiedades específicas según su uso y agregan valor al producto. (13)

6.2. AGENTES ANTIBACTERIALES

El término agente antibacterial es ampliamente usado para calificar agentes químicos que hacen parte de la composición de cosméticos o productos de aseo doméstico y que les proveen un efecto bactericida o actividad bacteriostática durante el uso.

Históricamente los primeros productos desarrollados fueron jabones de tocador que no sólo tenían el objetivo de lavar la piel, sino también de reducir su flora microbiana.

La mayor parte de los jabones de tocador en barra contienen triclorocarban como ingrediente activo. En el pasado también eran formulados con formaldehído (triclosan). Estos eran muy efectivos principalmente para uso hospitalario. Sin

embargo el uso de formaldehído se redujo por razones de toxicidad. Actualmente el 1% de los jabones contienen triclosan. La seguridad de los Jabones que contienen triclosan y triclorocarban ha sido ampliamente discutida por los entes reguladores, incluyendo la sociedad de alimento y medicamentos estadounidense (FDA) (14) (5)

En Colombia el INVIMA como entidad regulatoria requiere que el uso de antibacteriales esté soportado en documentos de referencia de validez internacional. Para el caso del triclorocarban la regulación referente es el análisis de riesgos de salud pública de la comisión europea.

6.3. TRICLOROCARBAN – TCC

Es una sustancia con propiedades anti-bacterianas y anti-hongos que se utiliza en los desinfectantes, jabones y otros productos del hogar. Es un polvo o cristal blanco, insoluble en agua pero soluble en grasas. Tiene acción sinérgica con los detergentes y una acción bactericida contra bacterias Gram-positivas y menor frente a bacterias Gram-negativas y hongos.

6.4. POLIETILENGLICOL – PEG

El polietilenglicol o glicol de polietileno (PEG) es un poliéter con muchas aplicaciones desde la industria manufacturera. Presenta baja toxicidad, siendo el límite de exposición de 10 mg/m³ durante 8 horas (15).

El PEG es soluble en agua, metanol, benceno y diclorometano. Tiene un punto de ebullición de 200 °C y una presión de vapor muy baja (15).

6.5. DESCOMPOSICIÓN DEL TCC

Desde que se inició la manufactura del Jabón de tocador antibacterial en la compañía la formación de cloro-anilinas ha sido un inconveniente que requiere constante control. Las cloro-anilinas son compuestos orgánicos cancerígenos tóxicos cuyo límite permitido es de 4000 ppm. (16)

La descomposición del TCC durante o después de la solubilización en PEG genera cloro-anilinas. Esto sucede si se tienen temperaturas mayores a 110°C (16) durante tiempos prolongados de almacenamiento y en ambientes con exceso de humedad. La reducción de la temperatura de proceso y del tiempo de almacenamiento de la solución TCC- PEG representan entonces un objetivo clave para la manufactura de jabones antibacteriales.

Estudios experimentales en búsqueda de las condiciones adecuadas de operación para la preparación de la mezcla han determinado que los siguientes factores son los que mayormente afectan la descomposición del TCC en el proceso de manufactura: (16)

- El TCC es prácticamente insoluble en agua.
- El TCC por sí solo (no en solución) es térmicamente estable a 90 °C.
- La descomposición del TCC es más pronunciada cuando está en solución.
- El agua aumenta la tasa de descomposición de TCC vía hidrólisis.
- La tasa de solubilización del TCC es inversamente proporcional a la cantidad de agua presente en el PEG, es decir el agua reduce la solubilidad del TCC en PEG.
- El agua presente en el PEG junto con el uso de alta temperatura causa descomposición del TCC en el proceso de la compañía.
- El contenido de cloro-anilinas aumenta significativamente con el aumento de los niveles de humedad y del tiempo de almacenamiento.
- El PEG es higroscópico, actúa como un dispersante para el agua y el TCC facilita la hidrólisis del TCC.
- El PEG por sí solo no causa la hidrólisis del TCC, pero permite el contacto necesario para que la reacción ocurra.

- El agua causa que el TCC forme cristales en una solución.

6.6. PROCEDIMIENTO PARA SOLUBILIZACIÓN DEL TCC

El procedimiento recomendado para la fabricación de la mezcla de Tetracloro-carbono y PEG consta de los siguientes pasos:

- El PEG debe almacenarse en contenedores herméticamente cerrados para minimizar exposición a la humedad.
- Mantener los niveles de humedad máximo al 0.5% para el PEG usado en la solubilización de TCC.
- Calentar el PEG a 110 °C en un tanque abierto con agitación para garantizar la evaporación del agua remanente en el material, suspender el calentamiento y agregar el TCC.
- Agitar la mezcla TCC – PEG hasta que el contenido sea homogéneo y con apariencia cristalina (apariencia de agua).
- Enfriar la mezcla hasta 60°C para transferirla a almacenamiento
- La solución de TCC se debe de usar dentro de máximo 48 horas después de su preparación.
- Deben verificarse los niveles de cloro-anilina de cada carga después de 24 horas almacenado para asegurar que se mantienen dentro de especificaciones.

7. METODOLOGÍA

7.1 Descripción del proceso

Este trabajo se dividió en cuatro etapas:

Análisis del proceso inicial

En la primera parte se analizó el comportamiento del proceso y se definieron las propiedades del producto a fabricar, teniendo en cuenta los estándares de calidad del producto y las especificaciones que debe cumplir el material según regulación.

Reducción del tiempo de calentamiento de la mezcla:

En esta etapa se realizaron ensayos para evaluar cuantitativamente el impacto de la temperatura en la degradación del TCC. Se evaluaron posibilidades de reducción de temperatura sin realizar cambios mayores en el proceso.

Diseño del agitador

En una tercera etapa se realizó el diseño de un agitador en conjunto con un proveedor de tecnología para mejorar el proceso de fabricación del material y el tiempo de fabricación de la mezcla.

Selección de rangos de operación

En la última etapa del trabajo se realizaron pruebas de producción de la mezcla polietilenglicol-triclorocarban variando las condiciones de operación (temperatura y tiempo de fabricación-almacenamiento) hasta encontrar condiciones de operación adecuadas para la implementación de los cambios en planta.

7.2 Pruebas de producción

Las pruebas de producción de la mezcla PEG-TCC se realizaron en la planta de jabones. Las etapas del proceso se muestran en la

Figura 1.

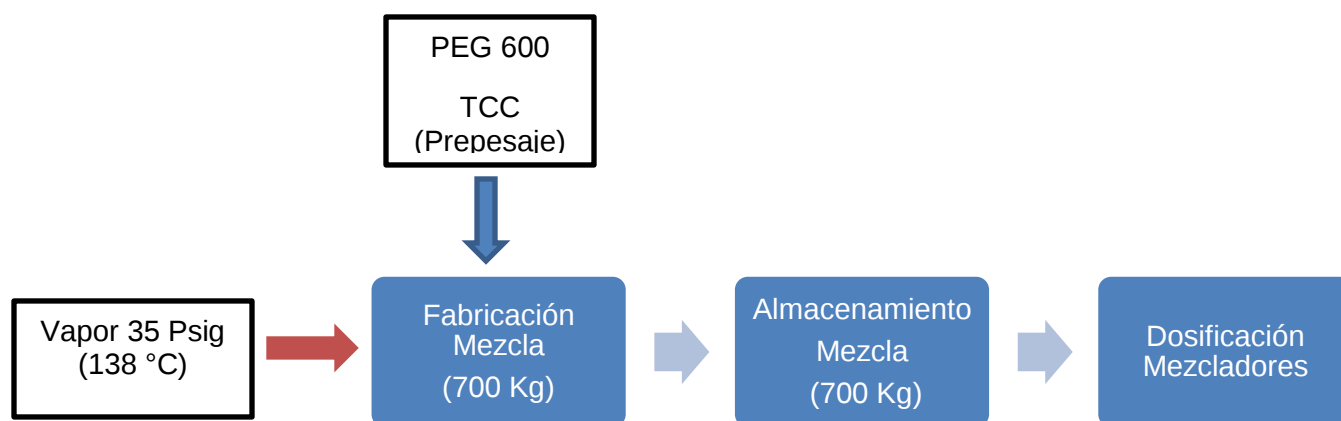


FIGURA 1 – DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

7.2.1 Preparación de orden de manufactura

Se generó el instructivo de manufactura correspondiente a cada prueba realizada con el fin de estandarizar el proceso de fabricación, esta orden de manufactura incluyeron los materiales a usarse, descripción del proceso y variables a considerar (tiempo, temperatura, agitación) en la fabricación de la mezcla PEG-TCC.

7.2.2 Prepesaje de materiales

Los materiales para la fabricación fueron pesados como parte de la operación regular, la precisión que se maneja es de +/- 1% de la cantidad requerida (bascula con variación de 200 g por pesada).

7.2.3 Fabricación mezcla

El polietilenglicol (PEG) de baja densidad se adicionó al tanque de fabricación por medio de una bomba centrífuga, la cantidad adicionada en el tanque corresponde al dato proporcionado por la orden de manufactura. Luego se somete a una temperatura de 110°C para retirar agua residual que contenga el PEG, este material puede contener máximo 0.5% de agua según la especificación y recepción del material. Es importante la remoción del agua en el PEG dado que el material antibacterial (TCC) es insoluble en el agua y puede generarse cristalización de la mezcla si se tiene agua residual.

Luego de que se calentó el PEG por 30 minutos a 110°C se agregó la cantidad de triclorocarban para cumplir la proporción 80-20. El triclorocarban es un material sólido por lo que se agregó en cantidades pequeñas para garantizar la disolución del material.

En la figura 2 se muestra el tanque y agitador utilizados para la fabricación de la mezcla PEG-TCC.



FIGURA 2 – TANQUE DE FABRICACIÓN DE MEZCLA PEG-TCC

Los tiempos de preparación de la mezcla PEG-TCC se muestran a continuación:

TABLA 1 – TIEMPOS DE FABRICACIÓN MEZCLA TCC-PEG

Actividad	Tiempo (min)
Cargue de PEG	10
Alcanzar la Temperatura operación (110°C)	20
Calentamiento PEG	30
Adición TCC	5
Agitación	5
Adición TCC	5
Agitación	5
Adición TCC	5
Agitación	5
Adición TCC	5
Agitación	5
Adición TCC	5
Agitación + homogenización	30

En la fabricación de la mezcla TCC-PEG se realizaron actividades de agitación y homogenización de la mezcla por 50 minutos y 25 minutos adicionando el TCC sólido.

Al finalizar la agitación y homogenización (75 minutos de operación) se cerró la entrada de vapor a la chaqueta de calentamiento del tanque de fabricación de TCC el cual mantiene la temperatura de la mezcla en 110°C, la mezcla de TCC-PEG se dejó almacenada en el tanque de fabricación hasta tener espacio en el tanque de almacenamiento, el cual se encuentra en la parte inferior del tanque de fabricación.

La mezcla de PEG-TCC remanente en el tanque de almacenamiento tiene conexión con el área de mezcladores por medio de tubería. La mezcla de material antibacterial al trasvasarse al tanque de almacenamiento usualmente tiene una temperatura entre 90 y 95°C y se trasvasa usualmente luego de 4-12 horas después de la fabricación.

7.2.4 Almacenamiento mezcla

El tanque de almacenamiento de la mezcla PEG-TCC tiene una capacidad de 700 Kg, Está dotado con una chaqueta por la cual fluye vapor a 35 psig con el fin de mantener la temperatura de almacenamiento de la mezcla en 60°C.

En la figura 3 se muestra el tanque de almacenamiento de la mezcla PEG-TCC.



FIGURA 3 – TANQUE DE ALMACENAMIENTO

La mezcla de PEG-TCC al contacto con temperatura se degrada y en almacenamiento puede pasar desde una concentración inicial de 20% hasta una concentración de 18%. Antes de utilizar la mezcla antibacterial se debe medir la concentración de TCC para evitar que se utilice solución fuera de especificación en los mezcladores de jabón. Además de la medida de porcentaje de TCC el operario de fabricación al tomar la muestra revisa la apariencia del material y con este parámetro libera la mezcla para su uso.

En la figura 4 se muestra la apariencia que debe cumplir la mezcla de TCC-PEG luego de su almacenamiento, debe ser translucido y sin material en suspensión.

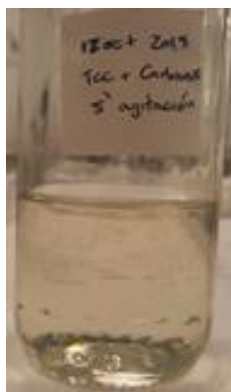


FIGURA 4– APARIENCIA MEZCLA TCC-PEG

7.2.5 Dosificación mezcladores

La mezcla de PEG-TCC se dosificó manualmente en los mezcladores de jabones como el que se muestra en la figura 5, antes de agregar el material se pesó en un contenedor y dependiendo de la referencia a producir se agregó la cantidad de mezcla antibacterial adecuada. (17)



FIGURA 5 – MEZCLADOR DE CINTAS

7.3 Evaluación de proceso

Cada prueba recibió una calificación por parte del equipo del proyecto, cubriendo al menos los aspectos de: efectividad de la disolución de la mezcla PEG-TCC, apariencia de la mezcla PEG-TCC, facilidad de descarga de la mezcla de PEG-TCC desde tanque de fabricación a tanque de almacenamiento, facilidad de dosificación en mezcladores.

7.4 Evaluación de productor

Las muestras obtenidas en cada ensayo fueron sometidas a pruebas de concentración de TCC y revisión de atributos físicos contra muestras de referencia.

7.5 Validación de proceso

Con el fin de proporcionar un proceso robusto, el presente proyecto considera un protocolo de validación para la fabricación. Se consideraron 2 lotes de producción regular, los cuales se muestrearon cada hora para revisar la tendencia de la degradación de TCC a través del tiempo a diferentes temperaturas.

7.6 Equipos y reactivos

Para la medición de las variables en el presente trabajo de grado, se utilizaron los equipos relacionados en la tabla 2.

TABLA 2 – EQUIPOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS

Variable	Equipo
Peso	Báscula en fabricación, báscula gramera en mezcladores
TCC	NIR
Temperatura	Transmisor de temperatura en tanques de almacenamiento y fabricación, para verificar termómetro análogo.

TABLA 3 – EQUIPOS DE OPERACIÓN

Equipo	Especificación
Agitador	Motor 1750 rpm, relación moto reductor 6.2, rpm de operación 282.
Propela	20 cm de diámetro, agitación tipo axial.

8. DISEÑO DE NUEVO AGITADOR

En primera instancia se revisó el sistema de agitación del tanque de fabricación de la mezcla PEG-TCC. En el proceso se presenta deficiencia en el mezclado del material líquido y sólido, que se debe compensar con mayor tiempo de agitación (50 minutos en total). Un mayor tiempo de agitación a una temperatura de 110°C aumenta la degradación del ingrediente activo (TCC).

En las figuras 6 y 7 se observa el comportamiento del ingrediente activo vs el tiempo a una temperatura inicial de 110°C

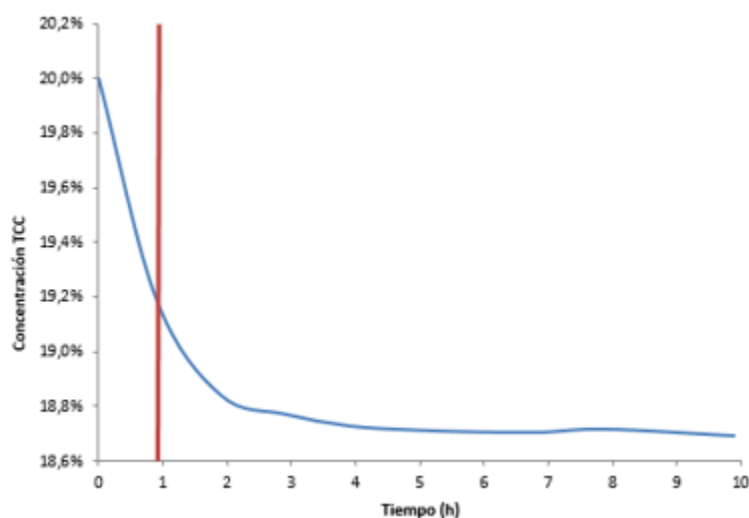


FIGURA 6– CONCENTRACIÓN TCC VS TIEMPO PRUEBA 1

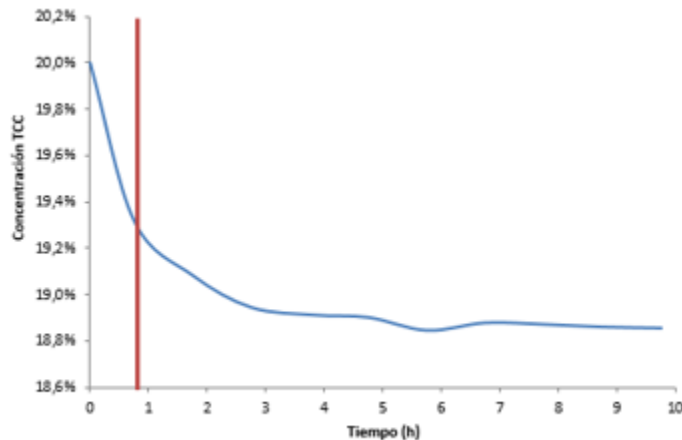


FIGURA 7– CONCENTRACIÓN TCC VS TIEMPO PRUEBA 2

De la prueba 1 y 2 (figuras 6 y 7) se obtiene que el proceso de fabricación de PEG-TCC a las 5 horas tiene una velocidad de degradación promedio de 0.25%TCC/h y a las 8 horas cuando se estabiliza la degradación del TCC se obtiene una velocidad de degradación de 0.16%TCC/h.

El sistema de mezclado original está conformado por un agitador de propelas de 20 cm de diámetro. Estas propelas giran a 282 rpm impulsadas por un motor que gira a 1750 rpm, el tanque de almacenamiento no posee baffles que faciliten el mezclado del material.

En la figura 6 se muestra el tipo del agitador utilizado y motor adaptado al sistema.



FIGURA 8 – TIPO AGITADOR SISTEMA DE AGITACIÓN

Para evaluar la eficiencia de la dispersión de TCC en PEG se tienen las propiedades dinámicas de la mezcla

TABLA 4– VALORES PARA EL CÁLCULO DEL REYNOLDS DE LA MEZCLA PEG-TCC

Volumen (m3)	0.7
Diámetro agitador (m)	0.2
Densidad (Kg/m3)	1050
Viscosidad (Pa*S)	0.135
Velocidad de rotación agitador (rev/s)	4.7

El número de Reynolds para un sistema agitado está dado por:

$$Re = \frac{D^2 \gamma \rho}{\mu}, \text{ donde}$$

D=Diámetro agitador (m)

γ =velocidad de rotación (rev/s)

ρ = densidad de la mezcla (Kg/m3)

μ = viscosidad de la mezcla (Pa*s)

Con la fórmula de Reynolds y los datos proporcionados por la tabla 4 se calcula un valor para la mezcla de 1462. El valor de Reynolds de la mezcla muestra que el sistema no es turbulento (régimen turbulento mayor a 10000), con lo cual es necesario calcular el número de veces que el volumen del tanque debe ser cambiado/agitado para garantizar homogeneidad de la mezcla PEG-TCC (turnovers del tanque).

La figura 9 muestra el tipo de agitador del mezclador con su respectivo número de flujo (Nq) de 0.56 (18).



Referencia *Lightnin* A310 or A510

Np= 0.3

Nq=0.56

FIGURA 9 – TIPO DE AGITADORES

Con el número de flujo del agitador y con la ecuación $Q = Nq\gamma D^3$ (18) se obtiene el flujo de descarga del agitador (m³/s). El valor obtenido de Q es de 0.021 m³/s, este parámetro muestra el volumen que se mezcla con el agitador en un segundo.

Para que se tenga homogeneidad en una mezcla líquida con viscosidad entre 100-1000 cP es necesario que mínimo 10 veces el volumen del líquido en el tanque sea desplazado por el agitador como se muestra en la tabla 5 (19) .

TABLA 5 - HOMOGENIDAD EN MEZCLADO

Viscosidad del líquido (cP)	0-100	100-1000	1000-5000	Mayor 5000
Número de ciclos para alcanzar 95% de homogeneidad	3	10	50	Mayor 100

Según el flujo de descarga del agitador (Q) se tiene que en 33.2 segundos el total del volumen del tanque se mezcla en el mismo, para completar 10 desplazamientos del volumen del tanque se necesita 332 segundos (5.5 minutos) de agitación.

En la fabricación de la mezcla de PEG-TCC se debe agregar el TCC en partes de 25 Kg, luego agitar por 5 minutos para asegurar que cada adición se solubiliza. Si se adiciona la cantidad total de TCC en un solo paso no se disuelve completamente el material y se genera material insoluble en el fondo del tanque. Por lo anterior se identifica la necesidad de realizar un diseño de agitador adecuado para la operación, que pueda optimizar el tiempo de fabricación.

El alcance del diseño del nuevo agitador incluye:

*Reducción del tiempo de fabricación de 75 minutos (adición y agitación TCC).

*Capacidad de agitación para un volumen de trabajo mínimo de 500 Kg.

Dadas las propiedades de la mezcla PEG-TCC (tabla 2) se generó la siguiente alternativa de mezclado en conjunto con el proveedor de la tecnología:

*Agitación con propelas de 30 cm de diámetro (Propela A310)

*Agitación con aspas-Rushton de 20 cm de diámetro (RT 6 – con 6 cuchillas)

Se tiene la necesidad de instalar dos tipos de impulsores (*impellers*) para garantizar mezclado tanto axial como radial, los impulsores tipo propela realizan mezclado de manera axial y los impulsores tipo aspas realizan mezclado de tipo radial.

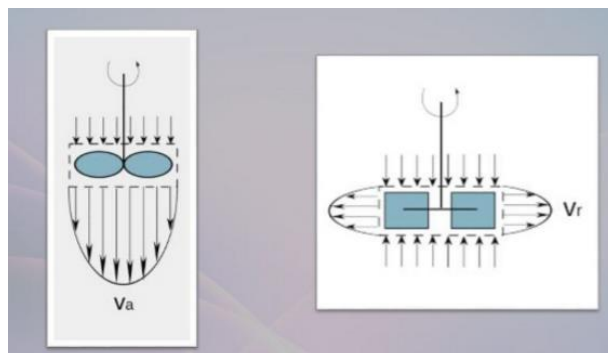


FIGURA 10 – MEZCLADO AXIAL Y RADIAL

Con la unión de mezclado axial y radial se garantiza que en menor tiempo el material sólido se disperse en el líquido, en el caso específico de este proyecto se mejora la disolución de TCC sólido en el PEG líquido.

En las tablas 4 y 5 se detalla las propiedades de la mezcla PEG-TCC con el diseño de agitación axial y radial.

TABLA 6– PROPIEDADES DE LA MEZCLA PEG-TCC AGITACIÓN RADIAL

Rushton R100	
Volumen (m ³)	0.7
Díámetro agitador (m)	0.2
Densidad (Kg/m ³)	1050
Viscosidad (Pa*S)	0.135
Velocidad de rotación agitador (rev/s)	4.7
Re impulsor	1462
Razón descarga impulsor -Q (m ³ /s)	0.03
Número de flujo (Nq)	0.72
Ciclos (S)	25.86

TABLA 7 – PROPIEDADES DE LA MEZCLA PEG-TCC AGITACIÓN AXIAL

Propela A310	
Volumen (m3)	0.7
Diámetro agitador (m)	0.3
Densidad (Kg/m3)	1050
Viscosidad (Pa*S)	0.135
Velocidad de rotación agitador (rev/s)	4.7
Re impulsor	3290
Razón descarga impulsor-Q (m3/s)	0.07
Número de flujo (Nq)	0.56
Ciclos (S)	9.85

En el siguiente diagrama se especifican las dimensiones de la instalación del tanque de la mezcla PEG-TCC

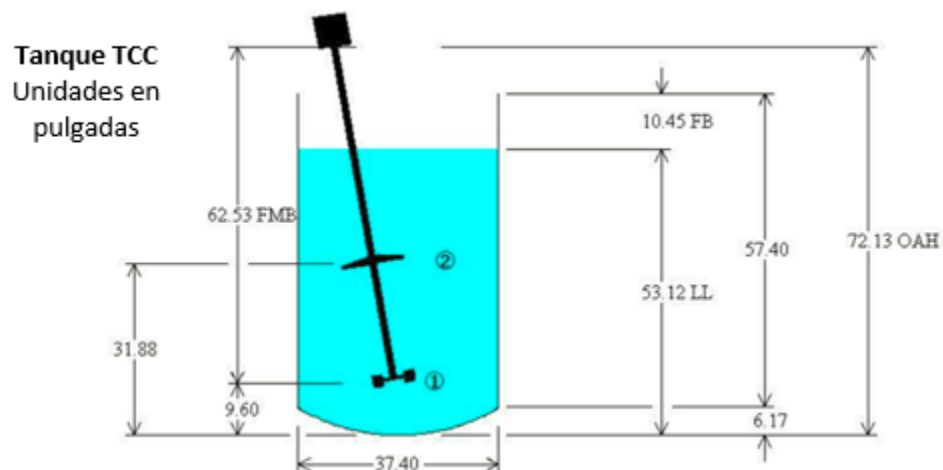


FIGURA 11 – DISEÑO AGITADOR

Con el diseño del agitador se logró reducir el tiempo de fabricación de la mezcla PEG-TCC de 75 a 30 minutos, los tiempos de fabricación para la mezcla con el agitador diseñado se muestran en la tabla 6

TABLA 8 – TIEMPOS DE FABRICACIÓN MEZCLA – NUEVO AGITADOR

Actividad	Tiempo (min)
Cargue de PEG	10
Alcanzar la Temperatura operación (110°C)	20
Calentamiento PEG	30
Adición TCC	10
Agitación + homogenización	20

9. RESULTADOS Y ANÁLISIS

9.1 Definición de variables de entrada y salida

Con el fin de establecer las variables que intervienen en el proceso de solubilización del TCC para manufactura de jabones en barra, se revisó bibliografía tecnológica, protocolos internos de la compañía y se evaluó experimentalmente el proceso objetivo.

Las especificaciones de liberación del producto terminado tienen valores establecidos para soportar las proclamas de antibacterialidad del jabón. El INVIMA, entidad regulatoria colombiana, realiza vigilancia sobre el cumplimiento de especificaciones que soporten proclamas de producto terminado.

Teniendo en cuenta los antecedentes revisados se definen los siguientes pasos para mejoramiento del proceso:

- Reducción del tiempo de calentamiento de la mezcla TCC-PEG que estará dada por:
 - Suspensión del calentamiento de la mezcla una vez se finaliza la adición del TCC
 - Cambio del agitador usado para la preparación de la solución
- Realización de un diseño 2^2 para determinar rangos de operación de las siguientes variables:
 - Temperatura del PEG para la disolución: 90 – 100 °C

- Tiempo de residencia en el mezclador: 4 - 8 horas

La variable de salida de este diseño es la velocidad de degradación del TCC. El ensayo con el rango de factores con menor velocidad de degradación se evalúa mediante el análisis de Cloroanilinas.

Como acción adicional se revisa el tiempo máximo para almacenamiento de la solución.

Las variables para evaluación de resultados del proyecto:

- Concentración final del TCC en la solución de PEG
- Velocidad de degradación del porcentaje de TCC en la solución de PEG
- Tiempo de operación para la preparación de la solución

9.2 Comparación de proceso con agitador anterior vs nuevo.

Como se mencionó en la sección anterior en el proceso original se presentan pérdidas por degradación de TCC. En el proceso original se tienen una velocidad de degradación de TCC promedio de 0.25%TCC/h en las primeras 5 horas (parte más crítica) y de 0.16%TCC/h cuando las condiciones se han estabilizado (8 horas).

Parte de la evaluación del proceso inicial fue realizar ensayos para disminuir el impacto de la temperatura en las primeras horas después de preparada la solución, para ello se suspende el calentamiento del tanque de fabricación en el momento en que se termina de adicionar el TCC, dejando que durante los 30 minutos finales de homogenización la mezcla se enfríe naturalmente. Los pasos para la fabricación de la tanda son los siguientes:

- Cargue y calentamiento del PEG (30 minutos hasta llegar a 110 °C)
- Calentamiento del PEG para eliminación de la humedad (30 minutos)
- Adiciones de TCC cada 5 minutos, con agitación de 5 minutos hasta completar la solución (Total 45 minutos)
- Se suspende el calentamiento al terminar la adición de TCC

- Agitación para homogenización de la solución (30 minutos) – en el proceso original en la agitación se mantenía constante la temperatura a 110°C, en este caso se cierra la entrada de vapor antes de homogenizar.
- Paso al Tanque de almacenamiento (60°C).

Como resultado de estos ensayos se observa que la velocidad de degradación del TCC se reduce levemente. Las pruebas 3 y 4 (figuras 13 y 14) muestran que en las primeras 5 horas se presenta una velocidad de degradación promedio de 0.20%TCC/h. A las 8 horas este promedio es de 0.13%TCC/h.

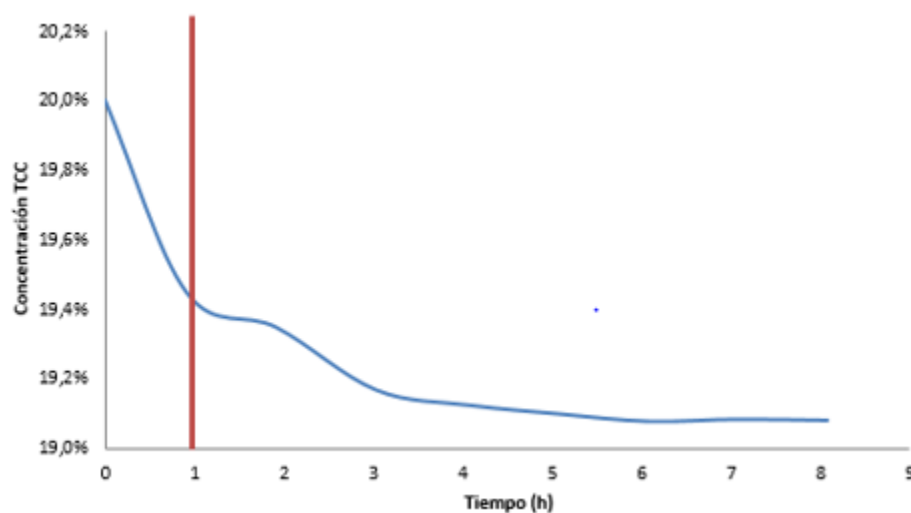


FIGURA 12 – CONCENTRACIÓN TCC VS TIEMPO PRUEBA 3

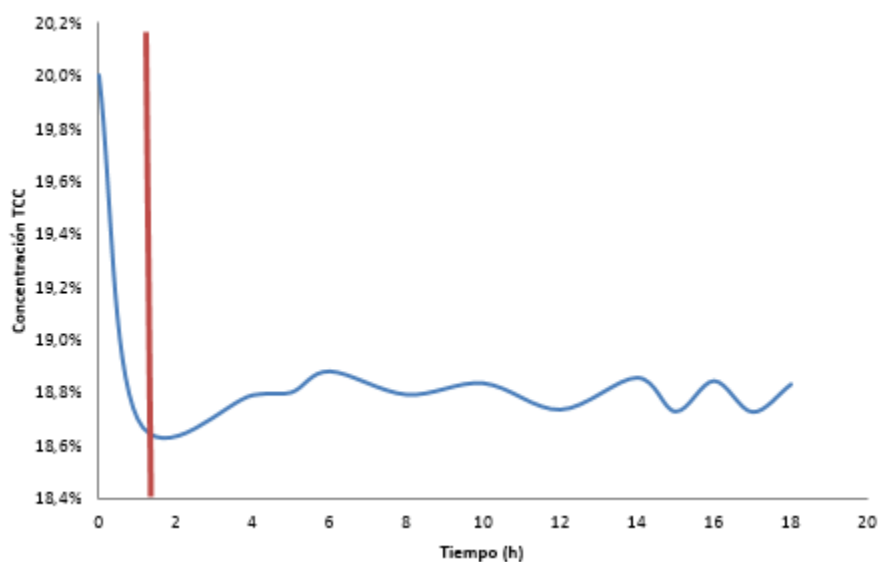


FIGURA 13 – CONCENTRACIÓN TCC VS TIEMPO PRUEBA 4

En estas pruebas se observa que aunque se logra una reducción en la velocidad de degradación del TCC se tiene oportunidad de mejora tanto en el tiempo del proceso, como en el manejo de la temperatura a la que se expone la solución. Adicionalmente se observan variaciones en la curva de tendencia de la concentración en el tiempo que nos indican falta de homogenización en la solución.

Teniendo en cuenta estas oportunidades se diseña e instala el nuevo mezclador como se describió en la sección 6.2 obteniendo los siguientes resultados:

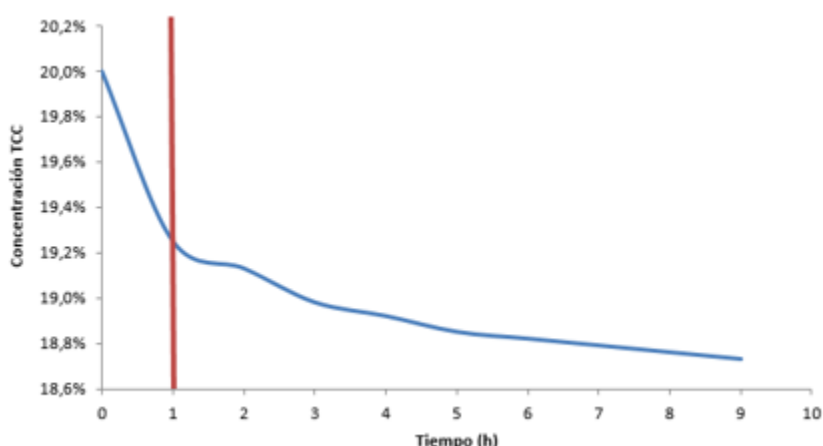


FIGURA 14 – CONCENTRACIÓN TCC VS TIEMPO PRUEBA 5 – NUEVO MEZCLADOR

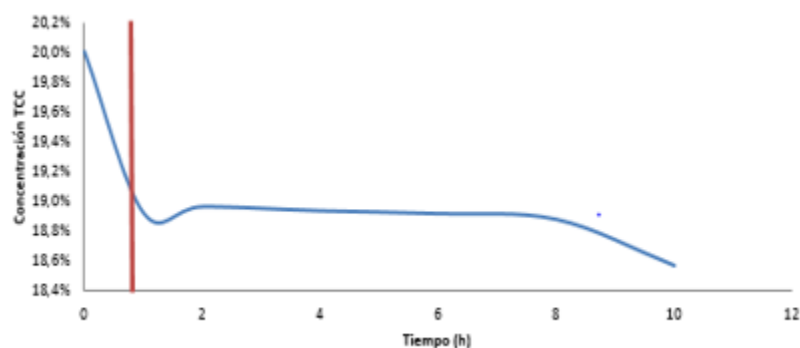


FIGURA 15 – CONCENTRACIÓN TCC VS TIEMPO PRUEBA 6 – NUEVO MEZCLADOR

En las pruebas 5 y 6 (Figuras 15 y 16) se obtiene velocidad de degradación promedio de 0.21%TCC/h en las primeras 5 horas y de 0.15%TCC/h al completar 8 horas.

El uso del nuevo mezclador reduce el tiempo de proceso de preparación de la solución y el tiempo que el TCC en solución está bajo calentamiento, sin embargo es

necesario revisar más alternativas que sigan reduciendo la exposición de la solución a temperatura alta.

De esta forma se define realizar ensayos enfriando la solución una vez homogenizada. El enfriamiento se realiza a través de una chaqueta con agua entre 8-10 °C por 12 minutos. A los 12 minutos la solución alcanza una temperatura de 95 °C y continúa bajando hasta 75°C en promedio. De acuerdo a las necesidades de producción la solución se traslada máximo 8 horas después al tanque de almacenamiento (70°C). En las figuras 17, 18 y 19 se observa el comportamiento de las pruebas realizadas:

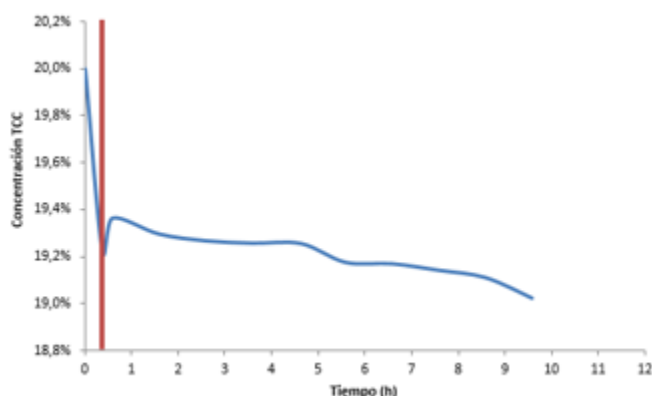


FIGURA 16 – CONCENTRACIÓN TCC VS TIEMPO – PRUEBA 7 CON ENFRIAMIENTO

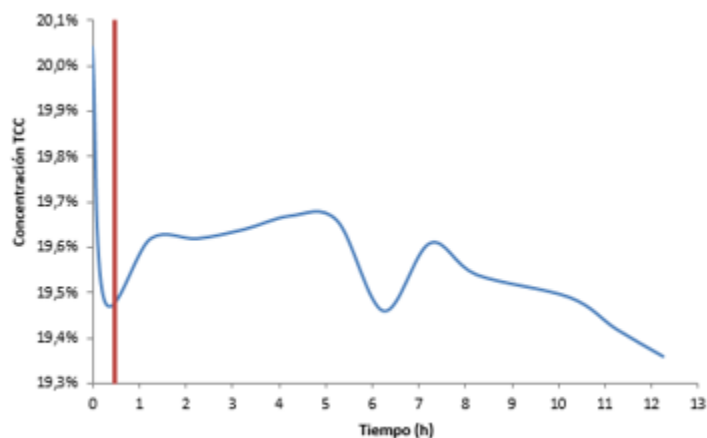


FIGURA 17 - CONCENTRACIÓN TCC VS TIEMPO – PRUEBA 8 CON ENFRIAMIENTO

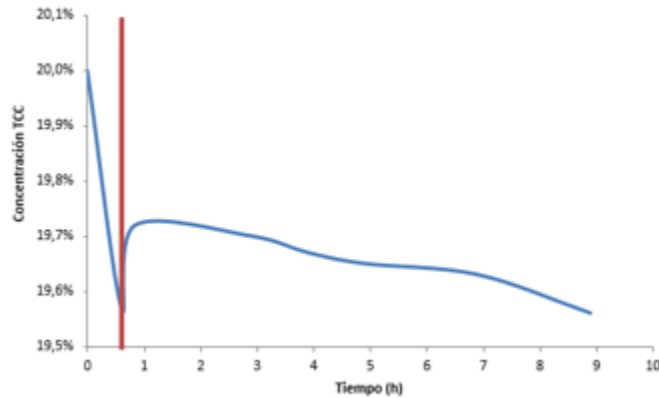


FIGURA 18 - CONCENTRACIÓN TCC VS TIEMPO – PRUEBA 9 CON ENFRIAMIENTO

En las pruebas 7, 8 y 9 se obtiene velocidad de degradación promedio de 0.09%TCC/h en las primeras 5 horas y de 0.07%TCC/h al completar 8 horas. Se logra una reducción importante en la velocidad de degradación del TCC pero los resultados de apariencia de la solución no cumplen con las especificaciones de conformidad. La muestra se torna turbia a partir de la sexta hora como se muestra en las fotografías:



FIGURA 19 – MUESTRAS MEZCLA TCC-PEG

La causa para la turbidez puede asociarse a inestabilidad del PEG a bajas temperaturas. También es un indicador de falta de homogeneidad en la solución, lo cual no es aceptable para el proceso del producto terminado. En la figura 19 nuevamente se observan variaciones en la curva de tendencia de la concentración del TCC en el tiempo, lo cual también indica deficiencia en la homogenización. Por lo tanto deben evaluarse opciones que no impliquen enfriamiento de la solución.

9.3 Diseño de experimentos.

El diseño de experimentos que se definió para la evaluación de degradación de TCC en la mezcla antibacterial fue el siguiente:

TABLA 9 - DISEÑO DE EXPERIMENTOS INICIAL

Variable	Nivel bajo	Nivel Alto
Temperatura (°C)	90	100
Tiempo de residencia en tanque de fabricación (h)	4.5	8

Al realizar la prueba a 90°C se observa que el TCC no alcanza a solubilizarse adecuadamente aún dejando la mezcla una hora en agitación, además la mezcla no cumple con el estándar de calidad del producto (material no solubilizado); en la figura 21 se observa la desviación de disolución.



FIGURA 20 – MUESTRAS MEZCLA TCC-PEG A 90°C

Dada la restricción que se encuentra por temperatura de calentamiento del PEG se define el siguiente diseño de experimentos:

TABLA 10 – DISEÑO DE EXPERIMENTOS FINAL

Variable	Nivel bajo	Nivel Alto
Temperatura (°C)	100	110
Tiempo de residencia en tanque de fabricación (h)	4.5	8

El resultado de las pruebas realizadas con un tiempo de almacenamiento de 4.5 horas en el tanque de fabricación se muestra en las figuras 22, 23.

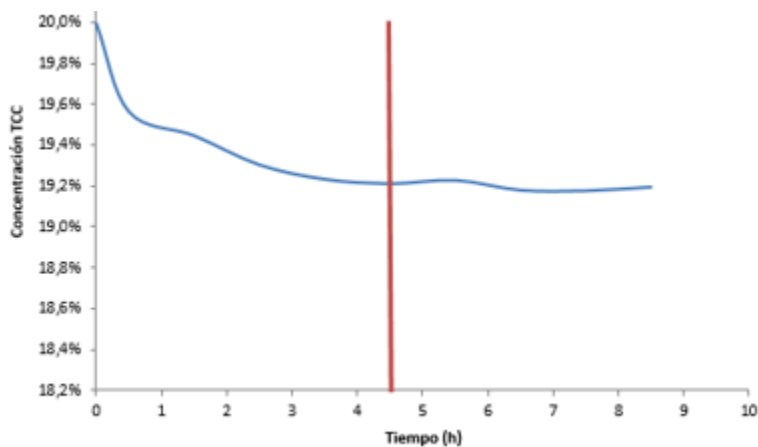


FIGURA 21 – CONCENTRACIÓN TCC EN MEZCLA @ 100°C, 4.5 H ALMACENAMIENTO

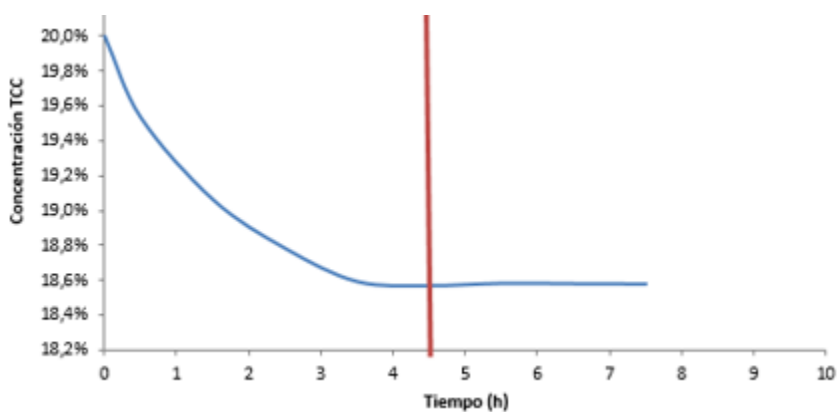


FIGURA 22 – CONCENTRACIÓN TCC EN MEZCLA @ 110°C, 4.5 H DE ALMACENAMIENTO

Entre las dos pruebas realizadas con un tiempo de permanencia de 4.5 h en el tanque de fabricación de la mezcla TCC-PEG se observa que la menor degradación se obtuvo a menor temperatura inicial del PEG (100 °C).

El resultado de las pruebas realizadas con un tiempo de almacenamiento de 8 horas en el tanque de fabricación se muestra en las figuras 24, 25.

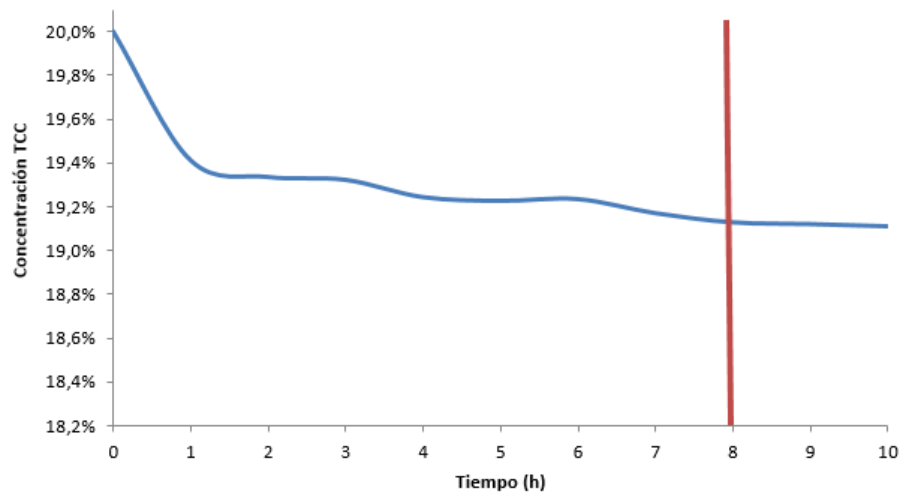


FIGURA 23 – CONCENTRACIÓN TCC EN MEZCLA @ 100°C, 8 H DE ALMACENAMIENTO

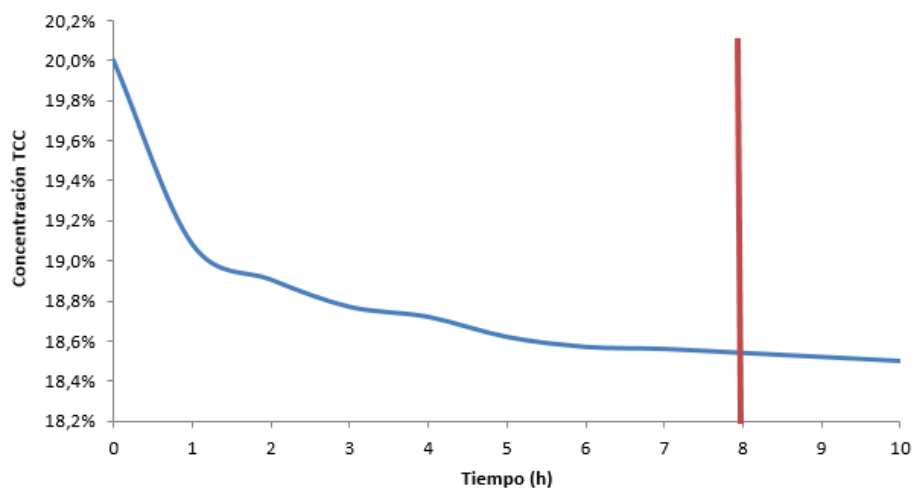


FIGURA 24 – CONCENTRACIÓN TCC EN MEZCLA @ 110°C, 8 H DE ALMACENAMIENTO

Entre las dos pruebas realizadas con un tiempo de permanencia de 8 h en el tanque de fabricación de la mezcla TCC-PEG también se observa que la menor degradación se obtuvo a menor temperatura inicial del PEG (100 °C).

El resumen de las concentraciones finales de la solución de TCC-PEG y la velocidad de degradación de cada prueba del diseño de experimentos se muestra en la tabla 9.

TABLA 11 – RESULTADOS DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Conc final TCC (% TCC)	Conc/Tiempo (% TCC/h)
100	4.5	19.21	0.095
100	8	19.13	0.119
110	4.5	18.77	0.161
110	8	18.52	0.164

Al realizar análisis de la variable respuesta velocidad de degradación de porcentaje de TCC en el tiempo y concentración final de TCC en la mezcla antibacterial, se obtiene que la mejor prueba fue a una temperatura inicial del PEG de 100°C y un tiempo de almacenamiento en tanque de fabricación de 4.5 h.

Para corroborar los resultados de la prueba a 100 °C y 4.5 h de almacenamiento se realiza nuevamente, los resultados se muestran en la figura 26.

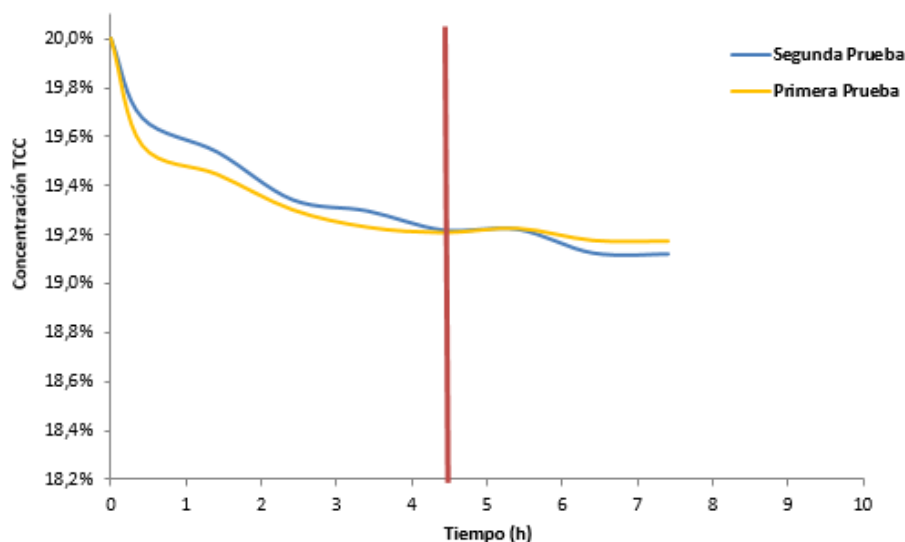


FIGURA 25 – CONCENTRACIÓN TCC EN MEZCLA @ 100°C, 4.5 H DE ALMACENAMIENTO

Los resultados de las dos pruebas a 100 °C y 4.5 h de almacenamiento se muestra en la tabla 10.

TABLA 12 – RESULTADOS PRUEBAS 100 °C Y 4.5 H DE ALMACENAMIENTO

Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Conc final TCC (% TCC)	Conc/Tiempo (% TCC/h)
100	4.5	19.21	0.095

100	4.4	19.22	0.105
-----	-----	-------	-------

Entre las dos pruebas se tiene una variación de 10.5% en los datos obtenidos en las pruebas realizadas a 100°C y 4.5 h.

Se realiza análisis de cloroanilinas a la muestra inicial y final de la tanda con las mejores condiciones obtenidas, los resultados se encuentran dentro de las especificaciones requeridas como se muestra a continuación:

TABLA 13 – RESULTADOS CLOROANILINAS EN MUESTRAS DE PREMIX DE TCC

Especificación: Batch recién preparado < 2000 ppm y Almacenamiento < 4000 ppm

Referencia	DCA (ppm)	PCA (ppm)	total (ppm)
Batch 34 inicio	60	302	362
Batch 34 final	1098	1863	2961

DCA = 3,4-Dicloroanilina

PCA = 4-Cloroanilina

Se puede concluir que las condiciones de 100°C para preparación de la solución y 4.5 horas de almacenamiento son apropiadas para reducir la degradación del TCC en solución.

Teniendo en cuenta los resultados expuestos anteriormente se implementan en planta las nuevas condiciones de fabricación de la mezcla, obteniendo resultados satisfactorios en ahorro de materiales por 106 millones de pesos al año:

- 360 Kg de TCC/mes equivalentes a 3'200.000 COP aprox.
- 1444 Kg de PEG/mes equivalentes a 5'700.000 COP aprox.

A parte del ahorro de material se tiene los siguientes ahorros:

- **Mano de obra:** Disminución de tiempo de tanda de 45 min, en un día promedio se realizan 3 tandas de fabricación (135 minutos/día). La hora de mano de obra promedio es de 5200 COP, en un mes se tendría un ahorro en mano de obra de 234.000 COP.
- **Vapor:** Al cambiar la temperatura de fabricación de la tanda de 110°C a 100°C y reducir el tiempo de fabricación de 75 a 30 minutos se tiene un ahorro de 233.000 COP por consumo de vapor al año.

9.4 Evaluación del tiempo máximo de almacenamiento de la solución.

La solución preparada de TCC en PEG se almacena en un tanque a 60°C. Si se almacena a temperatura menor se promueve la formación de precipitados desestabilizando la solución y a temperaturas mayores a 62 °C se incrementa la degradación del TCC y la generación de cloroanilinas. Debido a esta sensibilidad de la solución se ha definido que el tiempo mayor de almacenamiento de la solución son 48 horas.

Se realizaron los siguientes ensayos:

Almacenamiento de solución de TCC a 25°C por 60 horas

Almacenamiento de solución de TCC a 60°C por 96 horas

Se pudo observar y confirmar que:

A 25 °C la concentración de la solución cae más lentamente y tiende a estabilizarse a partir de las 40 horas como se observa en la figura 27. Sin embargo se forman precipitados y se pierde la homogeneidad de la solución, lo cual la hace no aceptable para su uso en el proceso de producción de jabón.

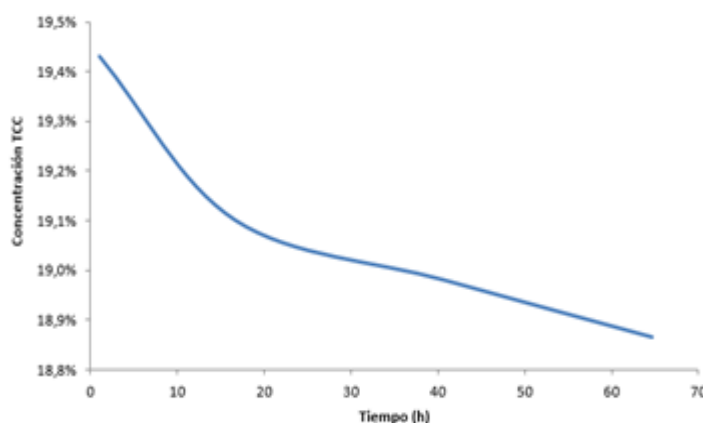


FIGURA 26 – ENSAYO CONCENTRACIÓN TCC EN MEZCLA VS TIEMPO A 25°C.

A 60 °C la concentración de la solución disminuye más rápidamente y el mayor porcentaje de degradación se presenta en las primeras 25 horas como se observa en la figura 28. Después de 40 horas de almacenamiento la concentración de la solución forma una asintota. Aunque la concentración de TCC no continúe cayendo después de 40 horas, la apariencia de la solución cambia observándose como un líquido oscuro y con tonos rojizos. Esta apariencia tampoco es aceptable para usar la solución en el proceso ya que es indicador de degradación y aparición de otros compuestos.

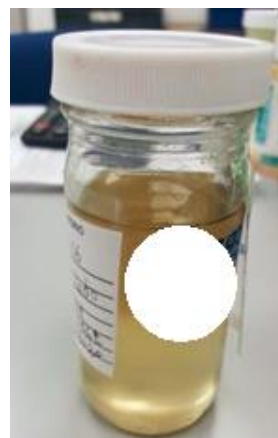
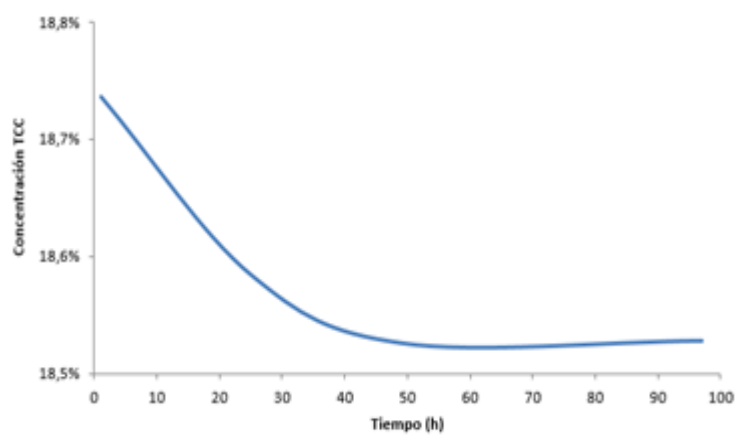


FIGURA 27 – ENSAYO CONCENTRACIÓN TCC EN MEZCLA VS TIEMPO A 60°C

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proceso de elaboración y almacenamiento de solución de TCC para preparación de jabones antibacteriales puede ser mejorado usando el diseño apropiado de agitación y utilizando las variables de proceso que minimicen la degradación del ingrediente activo.

Para ello se identifica que las variables críticas de proceso para la fabricación y almacenamiento de la mezcla de TCC-PEG son: temperatura inicial del proceso de disolución y el tiempo de almacenamiento en el tanque de fabricación.

La evaluación de dichas variables permite concluir que la temperatura inicial del proceso de disolución de TCC con la cual se reduce la degradación del ingrediente activo es 100°C y que el tiempo de almacenamiento en el tanque de fabricación adecuado es de 4.5 h.

Con el diseño e instalación de un agitador adecuado para la operación se logra reducir el tiempo de fabricación del lote de TCC de 75 min a 30 min. Adicionalmente, la implementación de las condiciones de fabricación seleccionadas en el diseño experimental logra reducir la degradación del material, lo cual se refleja en ahorros de uso de materias primas.

El presente proyecto alcanza el objetivo planteado de implementación de un proceso de fabricación de la mezcla antibacterial polietilenglicol-triclorocarbalinida y establecimiento de las mejores condiciones de proceso para que el jabón de tocador manufacturado con esta solución cumpla con las especificaciones internas de la compañía y los estándares regulatorios Colombianos.

Con el nuevo proceso y condiciones se consigue mayor aprovechamiento de los recursos por medio de la reducción de mano de obra, consumo energético, desperdicio de materiales y tiempo de fabricación de tandas de fabricación con un ahorro mensual de 9.153.000.

El proceso de fabricación se considera repetible y aplicable de acuerdo a los protocolos de la compañía.

Adicionalmente se establecen por medio de las pruebas experimentales las siguientes condiciones:

El TCC no solubiliza adecuadamente si el PEG se encuentra a 90°C.

Al poner en contacto indirecto la mezcla antibacterial con agua fría (8-10 °C) se genera cristalización del lote fabricado.

El tiempo máximo de almacenamiento de la solución debe ser de 40 horas para garantizar la integridad de la mezcla y la ausencia de compuestos no deseados.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. **Editora Central S.A.C.** Don Bodega » Sección Al Detalle » Edición 28. *Don Bodega*. [Online] 2015. [Cited: 06 06, 2016.] <http://donbodega.pe/al-detalle/jabon-de-tocador-un-limpio-negocio/>.
2. **Silva, Sharai Isabel Abaroa.** JABÓN DE TOCADOR. COMPARATIVO DE PRECIOS. *PROFECO*. [Online] MAYO 30, 2011. [Cited: Junio 06, 2016.] http://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj_2011/bol194_jabones.asp.
3. **Segovia, Ricardo.** DETERMINACIÓN DE CONDICIONES DE PROCESO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA LÍNEA DE ACABADO DE JABÓN EN BARRA. Cali : Universidad del Vale, 2014.
4. **Revista Dinero.** Jabones líquidos, crecen como espuma. [Online] Octubre 29, 2010. [Cited: Junio 06, 2016.] <http://www.dinero.com/edicion-impresa/negocios/articulo/jabones-liquidos-crecen-como-espuma/106416>.
5. **FDA US Food & Drug Administration.** FDA.GOV for consumers. *US Department of Health & Human Services*. [Online] Diciembre 16, 2013. [Cited: Junio 06, 2016.] <http://www.fda.gov/ForConsumers/ConsumerUpdates/ucm378522.htm>.
6. *Degradation of the antimicrobial triclocarban (TCC) with ozone.* **Chedly Tizaouia, Naser Grimab, Nidal Hilal.** April 2011, Swansea, United Kingdom : Chemical Engineering and Processing, 2011, Vol. 50.
7. **EUROPEAN COMMISSION - HEALTH & CONSUMER PROTECTION DIRECTORATE-GENERAL.** *SCC Opinion on Triclorocarban*. s.l. : SCIENTIFIC COMMITTEE ON CONSUMER PRODUCTS, 2005. COLIPA n° P29.
8. **Empresa de consumo masivo.** *Jabón de tocador en Colombia*. 2013.
9. **Revista Semana.** Un mundo próspero y perfumado. *Moda y Belleza - Revista Semana*. [Online] [Cited: 2 5, 2013.] <http://www.semana.com/especiales/articulo/moda-belleza/3584-3>.
10. **Dinero, Revista.** [Online] 2010. <http://www.dinero.com/edicion-impresa/negocios/articulo/jabones-liquidos-crecen-como-espuma/106416>.
11. *Triclocarban, Potential Designated Chemical.* **California Enviorenmental Contaminant Biomonitoring Program.** 2010.
12. **Shahidi, F.** *Soaps. Edible Oils and Fat Products*. New Jersey : John Wiley & Sons, 2005.
13. **Colaboración Desarrollo Empresarial.** *Cosmeticos y Aseo*. Colombia : dnp.gov.co, 2003. p. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Empresarial/Cosmeticos.pdf>.

14. **Barel, A., Paye, M. and Maibach, H.** *Handbook of Cosmetic Science and Technology*. New York : Informa Healthcare, 2009.
15. **transmerquim, GTM Grupo.**
<http://www.gtm.net/images/industrial/p/POLIETILENGLICOL.pdf>. [Online] Agosto 2014.
[Cited: Febrero 2, 2017.]
16. *Process, Modified TCC Solubilization*. **Empresa de Consumo Masivo**. Aug 18-1998, s.l. : MET TECHNICAL INFORMATION BULLETIN, 1998, Vol. 044.
17. **Spitz, L.** *Soap Manufacturing Technology*. Urbana, IL : AOCS, 2009.
18. Postmixing. [Online] 2015.
<http://www.postmixing.com/mixing%20forum/impellers/impellers.htm>.
19. Fusion fluid. [Online] 2015.
http://www.fusionfluid.com/FusionFluidEquipmentLLC/html/mixing_impellers.html.