



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**EVALUACIÓN DEL EFECTO REOLÓGICO DE DOS AGENTES EN SHAMPOO
PARA EL CABELLO A NIVEL LABORATORIO EN UNA EMPRESA
GUATEMALTECA**

Franz Schubert Castillo Colocho

Asesorado por la Inga. Adela María Marroquín González

Guatemala, septiembre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL EFECTO REOLÓGICO DE DOS AGENTES EN SHAMPOO
PARA EL CABELLO A NIVEL LABORATORIO EN UNA EMPRESA
GUATEMALTECA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

FRANZ SCHUBERT CASTILLO COLOCHO
ASESORADO POR LA INGA. ADELA MARÍA MARROQUÍN GONZÁLEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
EXAMINADOR	Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo
EXAMINADOR	Ing. Carlos Ernesto Martínez Lira
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DEL EFECTO REOLÓGICO DE DOS AGENTES EN SHAMPOO
PARA EL CABELLO A NIVEL LABORATORIO EN UNA EMPRESA
GUATEMALTECA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 18 de enero de 2019.



Franz Schubert Castillo Colocho

Guatemala, julio del 2019

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Respetable Ingeniero Williams Álvarez

Esperando que tenga éxitos en sus actividades laborales, por este medio hago de su conocimiento que, en mi calidad de asesora del trabajo de graduación del estudiante de la carrera de Ingeniería Química **FRANZ SCHUBERT CASTILLO COLOCHO** quien se identifica con DPI 2551050020101 y registro académico número **201313786**, he revisado el informe final del trabajo de graduación, titulado:

EVALUACIÓN DEL EFECTO REOLÓGICO DE DOS AGENTES EN SHAMPOO
PARA EL CABELLO A NIVEL LABORATORIO EN UNA EMPRESA
GUATEMALTECA

Por lo que considero que el presente informe cumple con los requisitos necesarios para ser presentado ante las autoridades de la Escuela de Ingeniería Química y lo doy **por aprobado**. Dejo a su consideración que el estudiante **CASTILLO COLOCHO** continúe con los trámites pertinentes para la defensa y aprobación del mismo ante la terna evaluadora y su persona.

Sin otro particular me despido de usted,

Atentamente,


Inga. Qca. Adela María Marroquín González
ASESORA

Trabajo de Graduación

Colegiado: 1446

Adela María Marroquín González
Ingeniera Química Col. No. 1446



Guatemala, 22 de julio de 2019.
Ref. EIQ.TG-IF.027.2019.

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Álvarez Mejía:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **064-2018** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
-Modalidad Seminario de Investigación-**

Solicitado por el estudiante universitario: **Franz Schubert Castillo Colocho**.
Identificado con número de carné: **2551 05002 0101**.
Identificado con registro académico: **2013 13786**.
Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO**.

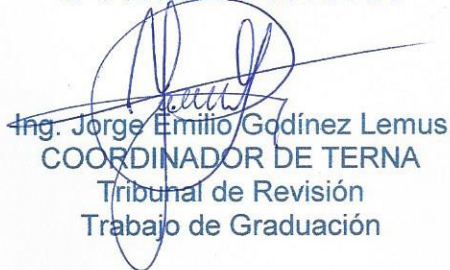
Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**EVALUACIÓN DEL EFECTO REOLÓGICO DE DOS AGENTES EN SHAMPOO
PARA EL CABELLO A NIVEL LABORATORIO EN UNA EMPRESA
GUATEMALTECA**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el profesional: **Ingeniera Química Adela María Marroquín González**

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Jorge Emilio Godínez Lemus
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo





Ref.EIQ.TG.053.2019

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **FRANZ SCHUBERT CASTILLO COLOCHO** titulado: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO REOLÓGICO DE DOS AGENTES EN SHAMPOO PARA EL CABELLO A NIVEL LABORATORIO EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA”**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Williams G. Álvarez Mejía; M.I.Q., M.
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, septiembre 2019

Cc: Archivo
WGAM/ale



Agencia Centroamericana de Acreditación de
Instituciones de Enseñanza Superior





DTG. 385.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL EFECTO REOLÓGICO DE DOS AGENTES EN SHAMPOO PARA EL CABELLO A NIVEL LABORATORIO EN UNA EMPRESA GUATEMALTECA**, presentado el estudiante universitario: **Franz Schubert Castillo Colocho**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, septiemb de 2019

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por estar conmigo en todo momento y darme la fuerza que necesito.
Mis padres	Franz Castillo e Ily Colocho, por su apoyo a lo largo de la carrera, su amor incondicional y su gran ejemplo como profesionales.
Mis hermanos	Estephany, Kevin y Marielos Castillo, por ser gran apoyo durante la carrera.
Mi familia	Por ser ejemplo de disciplina y perseverancia.
Mis mejores amigos	José Antonio Aguilar, Astrid Veliz, Yoselin Raxon y Josué Daniel, por ser de gran apoyo y motivarme a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudios que me ha formado como profesional exitoso.

Facultad de Ingeniería

Por darme los conocimientos necesarios para ser un buen profesional.

**Mis amigos de
la Facultad**

Por ser un gran ejemplo de perseverancia y compartir buenos y malos momentos.

Mi asesora

Inga. Adela María Marroquín, por ser un gran ejemplo y apoyarme en todo momento.

Sinergia S.A.

Por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación en sus instalaciones.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTADO DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
HIPÓTESIS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. ANTECEDENTES.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Producto cosmético.....	5
2.2. Categorías de productos cosméticos.....	5
2.3. Emulsiones.....	6
2.4. Tensioactivos y emulsificantes.....	6
2.5. Tipos de emulsionantes.....	7
2.6. Clasificación de los emulsionantes.....	8
2.7. Clasificación de las emulsiones.....	10
2.7.1. Por tamaño de micela.....	11
2.7.2. Por su composición.....	12
2.7.3. Por su aplicación.....	12
2.8. Balance hidrófilo lipofílico.....	13
2.8.1. Definición de balance hidrofílico lipofílico.....	13
2.9. Características en las emulsiones.....	15
2.9.1. Características organolépticas.....	15

2.9.2.	Características fisicoquímicas	15
2.10.	Tipo de emulsión	15
2.11.	Tamaño de gotícula.....	16
2.12.	Determinación de pH.....	16
2.13.	Resistencia a centrifuga	16
2.14.	Resistencia a cambios de temperatura	16
2.15.	Características físicas	16
2.16.	Propiedades de las emulsiones	17
2.16.1.	Solubilidad en una emulsión.....	17
2.17.	Formulación	21
2.18.	Fabricación a escala laboratorio	21
2.19.	Fabricación lote piloto	21
2.20.	Fabricación a gran escala	22
2.21.	Detergencia en los shampoo.....	22
2.22.	Evaluación de detergentes como bases de shampoo	23
2.23.	Materia primas de shampoos	25
2.24.	Tensioactivos principales y auxiliares	26
2.25.	Tensioactivos aniónicos	26
2.26.	Propiedades reológicas de los fluidos	28
3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	33
3.1.	Variables	33
3.1.1.	Variables del sistema	33
3.1.2.	Variables de control independientes	34
3.1.3.	Variables de control dependientes	34
3.2.	Delimitación del campo de estudio.....	35
3.3.	Recursos humanos disponibles	35
3.4.	Recursos materiales.....	35
3.4.1.	Equipo y cristalería	36

	3.4.1.1.	Equipo	36
	3.4.1.2.	Cristalería	37
3.5.		Técnicas cualitativas y cuantitativas	37
3.6.		Recolección y ordenamiento de la información	37
	3.6.1.	Costos de materia prima de shampoo para el cabello con Texapon NC 70.....	38
	3.6.2.	Costos de materia prima de shampoo para el cabello con Crotix	38
	3.6.3.	Shampoo para el cabello con el agente reológico sulfato lauril sódico	38
	3.6.4.	Shampoo para el cabello con el agente reológico crothix liquid.....	40
3.7.		Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	41
3.8.		Análisis estadístico	41
	3.8.1.	Media aritmética	42
	3.8.2.	Desviación estándar	42
	3.8.3.	Análisis de varianza (ANOVA) para un factor	43
4.		RESULTADOS	45
5.		INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	61
		CONCLUSIONES	65
		RECOMENDACIONES	67
		BIBLIOGRAFÍA.....	69
		APÉNDICES	73

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Reducción de la tensión superficial de un tensioactivo	7
2.	Molécula de tensioactivo	8
3.	Tensioactivos	10
4.	Tipos de emulsiones	12
5.	Balance HLB	14
6.	Tensión de corte contra gradiente de velocidad para fluidos newtonianos y no newtonianos	30
7.	Proceso de fabricación de shampoo	32

TABLAS

I.	Clasificación según tamaño de micela	11
II.	Rangos de HBL en la industria.....	14
III.	Variables del sistema	33
IV.	Variables de control independientes en la fabricación de shampoo para el cabello.....	34
V.	Variables de control dependientes en la fabricación de shampoo para el cabello.....	34
VI.	Cálculo de análisis de varianza de un factor con igualdad de observaciones	44
VII.	Determinación de la viscosidad en shampoo de venta en el mercado guatemalteco.....	45

VIII.	Determinación de la viscosidad en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,5 %	45
IX.	Determinación de la viscosidad en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,6 %	46
X.	Determinación de la viscosidad en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,8 %	46
XI.	Determinación de la viscosidad en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 1 %	47
XII.	Determinación de la viscosidad en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprico Glicéridos al 1 %.....	47
XIII.	Determinación de la viscosidad en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprico Glicéridos al 1,5 %.....	48
XIV.	Determinación de la viscosidad en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprico Glicéridos al 2 %.....	48
XV.	Determinación de la viscosidad en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprico Glicéridos al 2,5 %.....	49
XVI.	Determinación de la potencial de hidrógeno en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,5 %	49
XVII.	Determinación de la potencial de hidrógeno en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,6 %	50
XVIII.	Determinación de la potencial de hidrógeno en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,8 %	50
XIX.	Determinación de la potencial de hidrógeno en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 1 %	51

XX.	Determinación de la potencial de hidrógeno en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos al 1 %	51
XXI.	Determinación de la potencial de hidrógeno en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos al 1,5 %	52
XXII.	Determinación de la potencial de hidrógeno en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos al 2 %	52
XXIII.	Determinación de la potencial de hidrógeno en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos al 2,5 %	53
XXIV.	Análisis organoléptico en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,5 %	53
XXV.	Análisis organoléptico en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,6 %	54
XXVI.	Análisis organoléptico en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,8 %	54
XXVII.	Análisis organoléptico en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 1 %	54
XXVIII.	Análisis organoléptico en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos al 1 %	55
XXIX.	Análisis organoléptico en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos al 1,5 %	55
XXX.	Análisis organoléptico en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos al 2 %	55

XXXI.	Análisis organoléptico en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprico Glicéridos al 2,5 %.....	56
XXXII.	Costo de la fabricación de shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,5 %.....	56
XXXIII.	Costo de la fabricación de shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,6 %.....	56
XXXIV.	Costo de la fabricación de shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,8 %.....	57
XXXV.	Costo de la fabricación de shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 1 %.....	57
XXXVI.	Costo de la fabricación de Shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprico Glicéridos al 1 %.....	57
XXXVII.	Costo de la fabricación de shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprico Glicéridos al 1,5 %.....	58
XXXVIII.	Costo de la fabricación de shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprico Glicéridos al 2 %.....	58
XXXIX.	Costo de la fabricación de shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprico Glicéridos al 2,5 %.....	58
XL.	Análisis estadístico en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al variar su concentración	59
XLI.	Análisis estadístico en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprico Glicéridos al variar su concentración	59

XLII.	Análisis de varianza ANOVA en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al variar su concentración.....	59
XLIII.	Análisis de varianza ANOVA en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Capríco Glicéridos al variar su concentración	60

LISTADO DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
S	Desviación estándar
°C	Grados Celsius
H₁	Hipótesis alternativa
H₀	Hipótesis nula
kg	Kilogramos
N	Número de muestras
K	Número de tratamientos
Pa*s	Pascales por segundo
%	Porcentaje
pH	Potencial de hidrogeno
Q	Quetzales
Rpm	Revolución por minuto
SSE	Suma de cuadrados del error
SSA	Suma de cuadrados de tratamientos
SST	Suma de cuadrados totales
T	Temperatura
μ	Viscosidad

GLOSARIO

Emulsión	Está compuesta por una fase acuosa y oleosa, las cuales se vuelven solubles por medio de un emulsificante.
Fluido Newtoniano	Fluido cuya viscosidad puede considerarse constante en el tiempo.
Fluido no Newtoniano	Aquel en donde la viscosidad cambia en relación con el esfuerzo de corte y velocidad de deformación.
Hidrofílico	Es una sustancia que tiene afinidad por el agua.
Lipofílico	Es una sustancia que tiene afinidad por los lípidos.
Materia prima	Componente principal de los cuerpos, susceptible de toda clase de formas y de sufrir cambios.
Organoléptico	Que se percibe con los sentidos, a diferencia de las propiedades químicas, microscópicas, entre otros.
PEG-150	Polietilenglicol modificado, líquido de alto rendimiento para sistemas tensioactivos acuosos.

Reológica	Ciencia que estudia la deformación y el fluir de la materia; estudia los principios fisicoquímicos que regulan el movimiento de los fluidos.
Viscosidad cinemática	Relaciona la viscosidad dinámica con la densidad.
Viscosidad dinámica	Es la resistencia interna entre las moléculas de un fluido en movimiento y determina las fuerzas que lo mueven y deforman.
Viscosidad	Propiedad de un fluido que tiende a oponerse a su flujo cuando se aplica a una fuerza.

RESUMEN

En este trabajo de graduación se evaluó el efecto reológico de dos agentes en shampoo para el cabello a nivel laboratorio en una empresa guatemalteca.

Se elaboraron dos shampoo para el cabello en dicha formulación. Se utilizó un beacker como un reactor y un agitador helicoidal, se agregó agua desmineralizada a temperatura ambiente con agitación constante, se adicionó los agentes de limpieza, estabilizadores de espuma, conservantes, agentes secuestrantes, y los agentes reológicos lauril sulfato de sodio o PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilico / Caprico Glicéridos hasta que la mezcla se homogenizo completamente a temperatura ambiente.

Una vez obtenidas las muestras se determinó la viscosidad en función del porcentaje de agente reológico a una velocidad de mezclado constante, el potencial de hidrogeno, costo de la formulación y propiedades organolépticas, los resultados óptimos determinados para el agente reológico lauril sulfato sódico se encontraron en un porcentaje de viscosante de 0,8 %, viscosidad de 6 836 mPa*s, potencial de hidrogeno de 5,16 y costo de fabricación de Q 7,27, las propiedades organolépticas (forma cosmética, color, olor) cumplen con el estándar establecido y los resultados óptimos determinados para el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilico / Caprico Glicéridos se encontraron en un porcentaje de viscosante de 1,5 %, viscosidad de 8 258 mPa*s, potencial de hidrogeno de 4,21 y costo de fabricación de Q 7,77, las propiedades organolépticas (forma cosmética, color, olor) cumplen con el estándar establecido.

OBJETIVOS

General

Evaluar el efecto reológico de lauril sulfato sódico y PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos como agentes en Shampoo para el cabello en función de su concentración a nivel laboratorio para una empresa guatemalteca.

Específicos

1. Evaluar el efecto del agente reológico lauril sulfato sódico sobre la viscosidad en función del porcentaje viscosante a una velocidad de mezclado constante del shampoo para el cabello.
2. Evaluar el efecto del agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos sobre la viscosidad en función del porcentaje viscosante a una velocidad de mezclado constante del shampoo para el cabello.
3. Evaluar el efecto del agente reológico lauril sulfato sódico sobre el potencial de hidrogeno en función del porcentaje viscosante a una velocidad de mezclado constante del shampoo para el cabello.
4. Evaluar el efecto del agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos sobre el potencial

de hidrogeno en función del porcentaje viscosante a una velocidad de mezclado constante del shampoo para el cabello.

5. Evaluar el efecto del agente reológico lauril sulfato sódico sobre las propiedades organolépticas en función del porcentaje viscosante a una velocidad de mezclado constante del shampoo para el cabello.
6. Evaluar el efecto del agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos sobre las propiedades organolépticas en función del porcentaje viscosante a una velocidad de mezclado constante del shampoo para el cabello.
7. Determinar el costo de la formulación de shampoo para el cabello utilizando el agente reológico lauril sulfato sódico en función del porcentaje viscosante a una velocidad de mezclado constante.
8. Determinar el costo de la formulación de shampoo para el cabello utilizando el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos en función del porcentaje viscosante a una velocidad de mezclado constante.

HIPÓTESIS

- Hipótesis de trabajo

Es factible determinar la viscosidad al variar el porcentaje de dos agentes reológicos en el proceso de fabricación de shampoo para el cabello con un nivel de significancia del 5 %.

- Hipótesis de investigación: H_1

Existe diferencia significativa en la viscosidad del shampoo para el cabello al variar la concentración del agente reológico lauril sulfato sódico con un nivel de significancia del 5 %.

- Hipótesis nula: H_0

No existe diferencia significativa en la viscosidad del shampoo para el cabello al variar la concentración del agente reológico lauril sulfato sódico con un nivel de significancia del 5 %.

- Hipótesis de investigación: H_1

Existe diferencia significativa en la viscosidad del shampoo para el cabello al variar la concentración del agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetraestereato y PEG-6 Caprilico/Caprico Glicérido con un nivel de significancia del 5 %.

- Hipótesis nula: H_0

No existe diferencia significativa en la viscosidad del shampoo para el cabello al variar la concentración del agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetraestereato y PEG-6 Caprilico/Caprico Glicérido con un nivel de significancia del 5 %.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, los shampoo constituyen uno de los principales productos utilizados de la higiene personal por todos los estamentos de la población. Los shampoo representaron gran porcentaje en el mercado como producto de higiene capilar.

La industria cosmética, en la actualidad, es una de las industrias con mayor crecimiento en Guatemala debido a la innovación en los procesos de fabricación y las materias primas que cada día ofrecen mayores propiedades para el beneficio del cliente, mejorando así la estética y el cuidado que necesita el cuerpo humano.

La empresa guatemalteca de cosméticos ha mejorado con la innovación de materias primas, activos y optimizando los tiempos de fabricación en las emulsiones, así mismo, en departamento de Investigación y Desarrollo diariamente se esfuerza por mejorar las formulaciones ya creadas de los diferentes productos.

El siguiente trabajo de graduación desarrolla la elaboración de shampoo de uso capilar mediante dos agentes reológicos: alquil sulfato sódico y tetraestereato de pentaeritrito. Las emulsiones tienen diferentes aplicaciones tales como: humectar, limpiar, nutrir la piel o fines de estética.

Los shampoo que actualmente se fabrican en la empresa guatemalteca de cosméticos utilizan la materia prima llamada alquil sulfato sódico la cual reacciona ante la sal, y dependiendo la cantidad de sal es la viscosidad que el

shampoo llega a tener, sin embargo, al exceder de sal la viscosidad disminuye considerablemente por lo que su apariencia es cercana a un líquido no viscoso. Por esta razón, se evalúa la otra materia prima mencionada en la formulación de shampoo y así disminuir la cantidad de reclamos.

1. ANTECEDENTES

El origen de la Industria de Cosméticos (Sinergia, S.A) se remonta al año 1973, cuando surgió el sueño de fundar una empresa de venta de relojes franceses marca Mortima y anteojos de sol marca Solar. La empresa se fundó con el nombre comercial A.F.I (Agencia Francesa de Importaciones). En 1979, se fundó ADISA (Agencia de Importación Anónima) que comercializaba relojería francesa y su sistema de distribución era exclusivamente para Centroamérica de los relojes Mortima.

ADISA iba viento en popa, sin embargo, la fábrica de relojes, Mortima cerró sus operaciones en Francia y se inició una línea de perfumería y tratamientos faciales marca Encore, sin embargo, su forma de comercializar no era muy rentable y se propuso la idea de venta directa a través de catálogos. Años más tarde se fundó la empresa en cosméticos.

En 2001, la empresa de cosméticos guatemalteca lanza su primera línea de shampoo la cual tuvo una alta demanda debido al bajo costo y cantidad de producto ofrecido, incluyendo diferentes tipos de efectos en el cabello y utilizando como agente reológico la materia prima llamada sulfato lauril sódico. No obstante, alrededor de 4 meses después se empezó a recibir reclamos debido al exceso de caspa en el cabello y que la viscosidad del shampoo era la insuficiente para dar la apariencia de estabilidad en el mismo.

En 2003, se lanza la nueva línea de shampoo para bebé, la cual reemplaza la materia prima sulfato lauril sódico por otro tensioactivo aniónico

llamado tetraestereato de pentaeritrito el cual da una mejor consistencia al shampoo, especialmente que es para bebe y no utiliza sal.

En 2018 David Antonio Vásquez López, en la Universidad de san Carlos de Guatemala, realizó un trabajo de graduación titulado: *Comparación del costo y el beneficio en la fabricación de emulsiones cosméticas de acuerdo al consumo energético*, donde se evaluó el costo de operación por emulsión y la toma de tiempos en la fabricación de lotes de emulsiones. Los resultados muestran que los valores de la elaboración de una emulsión en frío son los de menor costo y el que tiene mayor beneficio en el tiempo de fabricación, sin embargo, el costo de materia prima es más elevado en la elaboración de una emulsión en frío.

Pacheco López, en el año 2010 realizó una investigación titulada *Estudio para la realización de preparados espumosos*, en el cual describe las características espumantes, selección de tensioactivos y materias primas a utilizar en la formulación de este tipo de preparados, comparando los principales factores de pH, viscosidad, nivel de espuma, aspecto y estabilidad, así como el % idóneo en la adición de la fórmula.

En 2017, María Alejandra Gómez Hernández realizó, en la Universidad de San Carlos de Guatemala, el estudio titulado: *Evaluación del costo y propiedades fisicoquímicas en el proceso de fabricación de cremas de uso capilar con diferentes tipos de emulsión a nivel laboratorio*, en la empresa Contrasa; asesorado por el ingeniero Sergio Alejandro Recinos. En este trabajo de graduación se evaluó el costo y las propiedades fisicoquímicas en el proceso de fabricación de cremas. Los resultados muestran nuevamente que el proceso de fabricación en frío es de menor costo y tiene mayor beneficio en la fabricación de cremas corporales.

En 2018, Gil Pozo Juan Fernando realizó, en la Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca de Ecuador el proyecto de investigación y desarrollo titulado *Evaluación de modificadores reológicos en una formulación de shampoo como alternativa al uso de cloruro de sodio*, en el cual realizó formulaciones de shampoo para el cabello y modificó los agentes reológicos, determinando el porcentaje óptimo de los mismos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Producto cosmético

Se conoce como producto cosmético a cualquier sustancia que se usa para limpiar, mejorar o cambiar la tez, piel, el cabello, las uñas o los dientes.

2.2. Categorías de productos cosméticos

- Cremas cutáneas
- Astringentes y tónicos de la piel
- Cremas protectoras y limpiadoras de las manos
- Preparados para el baño
- Productos cutáneos para bebés
- Antiperspirantes y desodorantes
- Depilatorios
- Preparados para el afeitado
- Preparados para los pies
- Repelentes de insectos
- Productos protectores solares, bronceadores, antiquemaduras solares
- Decolorantes o aclaradores de la piel
- Mascarillas y máscaras faciales
- Polvos y maquillajes faciales
- Preparaciones de maquillaje coloreadas
- Preparados de manicura
- Shampoo

- Lociones y aerosoles fijadores
- Acondicionadores tónicos capilares
- Colorantes del cabello
- Alisadores del cabello
- Enjuague bucal

2.3. Emulsiones

Las emulsiones son sistemas de, al menos, dos fases en los cuales un líquido se dispersa en otro líquido en la forma de glóbulos o gotitas pequeñas, las emulsiones son sistemas termodinámicamente inestables. La inestabilidad se debe al aumento del área (ΔA) durante la emulsificación, que produce un incremento de la entalpía libre de Gibbs (ΔG).

2.4. Tensioactivos y emulsificantes

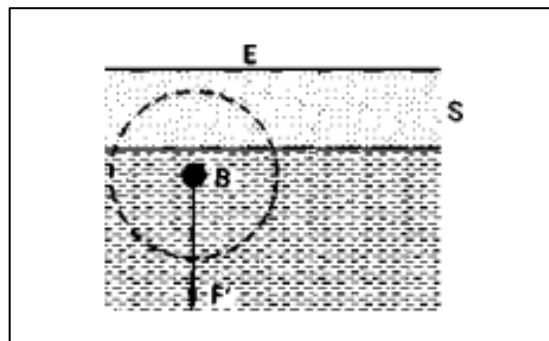
Partículas sólidas finamente divididas insolubles en la fase dispersa y el medio dispersante, pero con una cierta afinidad por éstas. Sustancias anfifílicas con una cierta afinidad con la fase dispersa y el medio dispersante y que son solubles en, por lo menos, una de las fases (Tensioactivos).

Los emulsificantes disminuyen la tensión superficial; se suele agregar a una de las dos fases para facilitar la formación de una dispersión estable. Un emulgente impide la repulsión entre el aceite y el agua y previene la unión de gotículas entre sí. El agente emulsificante es un agente activo de superficie o surfactante. Un emulsificante facilita la formación de gotículas al reducir la tensión interfacial de los dos líquidos.

Los agentes emulsificantes pueden actuar mediante tres diferentes mecanismos:

- Adsorción del anfífilo sobre la superficie de la gotícula para disminuir la energía superficial.
- Formación de cristales líquidos que sirven como escudo entre la fase oleosa y la fase acuosa.
- Formación de una envoltura de gel que protege a las gotículas para que no coalezcan.

Figura 1. **Reducción de la tensión superficial de un tensioactivo**



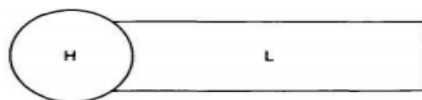
Fuente: C. PASQUALI, Ricardo. *Seminario sobre emulsiones*.

<http://es.slideshare.net/zinzita/emulsiones>. Consulta: 25 de abril de 2018.

2.5. Tipos de emulsionantes

La molécula puede considerarse compuesta por dos partes: un grupo amante del agua o hidrófilo en un extremo H y un grupo amante del aceite en un extremo (L). Puesto que el grupo lipófilo usualmente es una cadena de hidrocarburo es común representarlo como una cola larga.

Figura 2. **Molécula de tensioactivo**



Fuente: C. PASQUALI, Ricardo. *Seminario sobre emulsiones*.
<http://es.slideshare.net/zinzita/emulsiones>. Consulta: 25 de abril de 2018.

2.6. Clasificación de los emulsionantes

Sólo existe un número limitado de variaciones químicas que pueden actuar en el tema del tensioactivo. Las referencias al extremo lipófilo de la molécula (o, al menos, las más importantes de ellas) son las siguientes:

- Variación en la longitud de la cadena hidrocarburo
- Grado de insaturación de la cadena hidrocarburo
- Grado de ramificación de la cadena hidrocarburo
- Introducción y yuxtaposición de grupos arilo en la cadena hidrocarburo

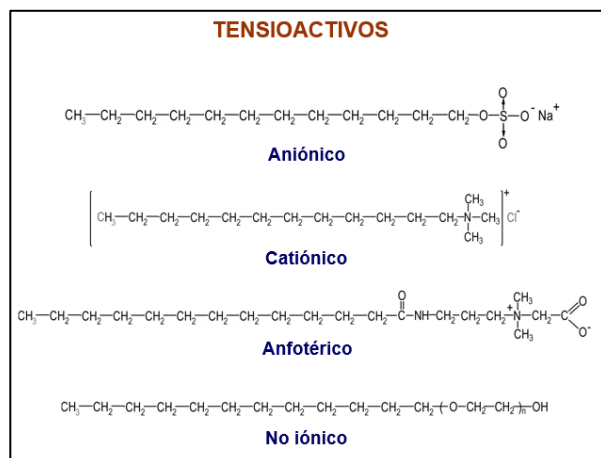
Para el extremo hidrófilo de la molécula, son posibles las siguientes variaciones:

- Introducción de grupos terminales aniónicos ionizables.
- Introducción de grupos terminales canónicos ionizables.
- Introducción de grupos anfóteros.
- Introducción de otros grupos hidrosolubles, pero «no ionizables», tales como hidroxilo o etoxilo.

Todas estas variaciones se han utilizado en la práctica, y la clasificación del tipo de tensioactivo depende, por costumbre, de la naturaleza del terminal hidrófilo de la molécula. Por tanto, los emulsionantes pueden ser aniónicos, catiónicos, anfóteros o no iónicos, los cuales se describen a continuación:

- Aniónicos: entre estos se encuentran los jabones, alquilsulfatos y los fosfatos.
- Catiónicos: se utilizan en sistemas de aceite en agua (O/W) y su mayor aplicación es en cremas y acondicionadores capilares.
- No iónicos: compuestos covalentes. Solubles en agua para formar emulsiones de aceite en agua O/W y solubles en aceite para emulsiones de agua en aceite W/O. Son de carácter no polar y presentan los siguientes beneficios:
- Anfóteros: se comportan como catiónicamente o aniónicamente activos en función del medio en que se encuentren.

Figura 3. **Tensioactivos**



Fuente: C. PASQUALI, Ricardo. *Seminario sobre emulsiones*.

<http://es.slideshare.net/zinzita/emulsiones>. Consulta: 25 de abril de 2018.

2.7. Clasificación de las emulsiones

Todos los agentes tensioactivos tienen una característica estructural en común: son moléculas anfóteras; esto es, la molécula consta de dos partes distintas, una unidad hidrófoba y una unidad hidrófila.

Generalmente, las unidades hidrófobas son cadenas o anillos de hidrocarburos o una mezcla de ambos. Usualmente, las unidades hidrófilas son grupos polares, tales como grupos carboxílico, sulfato o sulfonato, o, en tensioactivos no iónicos, varios grupos hidroxilo o éter.

- Tensioactivos aniónicos: cuando el ion tensioactivo está cargado negativamente en solución se le conoce como aniónico. Un ejemplo muy popular es el jabón.

- Tensioactivos catiónicos: se caracterizan por el hecho de que el ion tensioactivo está cargado positivamente en solución acuosa.
- Tensioactivos no iónicos: se caracterizan por el hecho de que la parte hidrófila de la molécula generalmente está constituida por una multiplicidad de pequeños grupos polares no cargados, por ejemplo, grupos hidroxilo o enlaces éter en cadenas de óxido de etileno.
- Tensioactivos anfóteros: se caracterizan por su capacidad para formar un ion tensioactivo con cargas tanto positivas como negativas.

2.7.1. Por tamaño de micela

A continuación, se presenta la clasificación según el tamaño de micela.

Tabla I. **Clasificación según tamaño de micela**

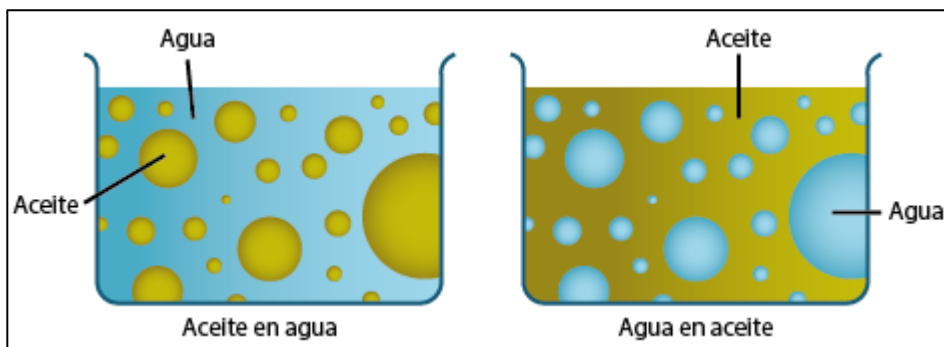
Diámetro medio	Aspecto visual	Ejemplo
Hasta 500 μm	Partículas visibles a simple vista	Arena fina
Hasta 100 μm	Límite de visibilidad	Almidón de papa
Hasta 10 μm	Opaco lechoso	Leche natural
Hasta 1 μm	Lechoso blanco	Leche homogeneizada
Hasta 100 nm	Lechoso azulado	Emulsión muy fina

Fuente: VÁSQUES LÓPEZ, David Antonio. *Comparación del costo y el beneficio en la fabricación de emulsiones cosméticas de acuerdo al consumo energético*. p. 4.

2.7.2. Por su composición

- Emulsiones O/W (aceite en agua): son llamadas también emulsiones oleoacuosas. Están compuestas por pequeñas gotas de aceite rodeadas de una fase acuosa, es decir, si las gotas de aceite son dispersas en una fase acuosa continua.
- Emulsiones W/O (agua en aceite): son llamadas también emulsiones hidroacuosas. Son compuestas por pequeñas gotas de agua rodeadas de una fase de aceite, es decir, si el aceite es la fase continua.

Figura 4. Tipos de emulsiones



Fuente: Sistema BHL. *Laboratorio*. <http://altus.mx/metadatos/ALT~LABORATORIO/03/ALT~LABORATORIO~03~0003/introduccion.html>. Consulta: 6 de julio de 2018.

2.7.3. Por su aplicación

- Por su finalidad: todo lo relacionado con la limpieza del cabello.
- Como beneficio: shampoo como beneficios: como limpieza del cabello, anticaída, eliminación de caspa, tratamiento del cabello.

- Como limpieza del cabello: son todos los shampoo que cumplen la función de limpiar el cabello.
- Como vehículo: una emulsión sirve como vehículo cuando se busca un beneficio dado debido a un principio activo y no a las propiedades de la emulsión, por ejemplo, los shampoo u otro fin.

2.8. Balance hidrófilo lipofílico

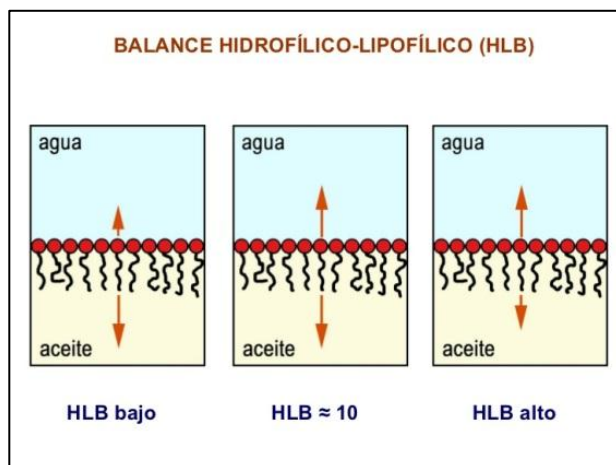
El concepto HLB se basa en un método experimental que consiste en atribuir un cierto número HLB a los agentes emulsionantes a partir de datos relativos a la estabilidad de una emulsión. Este número HLB representa implícitamente varios parámetros y da cuenta del balance hidrofílico-lipofílico del sistema.

2.8.1. Definición de balance hidrofílico lipofílico

El HLB de un surfactante es una expresión de su balance hidrófilo – lipófilo, es decir, el balance del tamaño y fuerza de los grupos hidrofílicos (afín al agua o polar) y lipofílicos (no afín al agua o no polar) de un surfactante. Todos los surfactantes consisten en una molécula que combina tanto a grupos hidrofílicos como a lipofílicos.

El balance hidrofílico-lipofílico o HLB (siglas del nombre en inglés) es un sistema numérico para la clasificación de las propiedades de la emulsificación que permite eliminar un gran número de emulsificantes antes de comenzar con los ensayos experimentales.

Figura 5. **Balance HLB**



Fuente: C. PASQUALI, Ricardo. *Seminario sobre emulsiones*.
<http://es.slideshare.net/zinzita/emulsiones>. Consulta: 6 de julio de 2018.

Tabla II. **Rangos de HBL en la industria**

HLB	USOS
4-6	Emulsionante (agua en aceite).
7-9	Humectante.
8-18	Emulsionante (aceite en agua).
13-15	Detergente.
15-18	Solubilizante.

Fuente: C. PASQUALI, Ricardo. *Seminario sobre emulsiones*.
<http://es.slideshare.net/zinzita/emulsiones>. Consulta: 6 de julio de 2018.

2.9. Características en las emulsiones

A continuación, se describen las características en las diferentes emulsiones.

2.9.1. Características organolépticas

Son todas las características que pueden percibirse de forma directa por los sentidos sin utilizar aparatos o instrumentos de estudios. Estas características deben cumplir con las necesidades del consumidor final del producto: olor, color, aroma, aspecto, presentación.

2.9.2. Características fisicoquímicas

El estado natural de las emulsiones tiende a ser inestable y por esta razón sus fases sufren una separación, por lo tanto, es importante evaluar las siguientes características para evitar problemas posteriores a su elaboración.

Entre estas características se pueden mencionar:

2.10. Tipo de emulsión

Indica si la fase externa es agua o aceite. Existen mecanismos para evaluar el sentido de la emulsión:

- Dilución: una emulsión de fase externa acuosa se disuelve en agua mientras que la fase externa aceite lo hace bien.
- Coloración: se añaden gotas de colorante soluble en una de las fases e insoluble en la otra, lo que indica que la emulsión toma el color de la fase continua.

2.11. Tamaño de gotícula

El tamaño ideal de la gotícula de una emulsión oscila entre el rango de 0,5 a 2,5 micras; dan una mejor estabilidad las más finas.

2.12. Determinación de pH

Las emulsiones que tienen aplicación en el cabello han de mantener el pH ligeramente ácido de un rango de 3 a 6.

2.13. Resistencia a centrifuga

Consiste en someter la emulsión a una fuerza de 5 a 10 g durante varios minutos soportando cierto número de revoluciones sin que esta se separe. Esta prueba ayuda a evaluar la resistencia al cremado.

2.14. Resistencia a cambios de temperatura

Las emulsiones son sometidas a cambios de temperatura durante un tiempo determinado. El estudio se realiza a tres temperaturas diferentes: 5 °C, 45 °C y temperatura ambiente por 3 días.

2.15. Características físicas

- Emulsión O/W (aceite en agua)
 - Evaporación rápida dejando sensación fresca en el cabello.
 - Sensación seca
 - Estabilidad buena a temperatura baja
 - Fabricación con materias primas de bajo costo

- Buena aplicación en áreas del cabello
- Emulsión O/W (agua en aceite).
 - Sensación de grasa en el cabello.
 - Buena barrera protectora de caspa.
 - Mantiene el brillo del cabello.
 - Preparación de shampoo con materia prima lipofílicas que cuidan el cabello.

2.16. Propiedades de las emulsiones

Una emulsión posee propiedades que están determinadas por el emulsificante, el tipo de emulsión y por otros factores como las propiedades de la fase continua, la relación entre la fase interna y la externa, el tamaño de partícula de la emulsión, la relación entre la fase continua y las partículas (incluso las cargas iónicas) y las propiedades de la fase discontinua.

2.16.1. Solubilidad en una emulsión

La solubilidad de una emulsión está terminada por la fase continua, es decir, si la fase continua es hidrosoluble la emulsión puede ser diluida con agua, y si la fase continua es oleosoluble la emulsión se puede disolver en aceite.

- Viscosidad en la emulsión

La viscosidad de una emulsión cuando hay exceso de fase continua es virtualmente la viscosidad de dicha fase. Al aumentar la proporción de la fase interna aumenta la viscosidad de la emulsión hasta un punto en que la emulsión deja de ser líquida. Cuando el volumen de la fase interna sobrepasa el de la

externa, se aglomeran las partículas de la emulsión y la viscosidad aparente es parcialmente viscosidad estructural.

La viscosidad de las emulsiones cosméticas varía según la cantidad del agente espesante; también, se ve influida por la cantidad de grasas que contiene la fase oleosa, así como del tipo y cantidad de emulsificante. La literatura no indica claramente cuál es el efecto de la formulación, sino que, al aumentar la concentración de emulsionante, disminuye el tamaño de gota y, por lo tanto, un aumento de viscosidad. Otro aspecto a considerar es que la viscosidad puede estar considerablemente afectada por la formulación. En realidad, parece que la viscosidad de la emulsión es extremadamente baja para los sistemas de tensión interfacial ultrabaja; el tamaño de gota de tales sistemas debe ser muy pequeño, pero la velocidad de coalescencia es también muy rápida.

- Estabilidad de la emulsión

La estabilidad de una emulsión depende de los siguientes factores: el tamaño de partícula, la diferencia de densidad de ambas fases, la viscosidad de la fase continua y de la emulsión acabada, las cargas de las partículas, la naturaleza, la eficacia y cantidad del emulsivo, y las circunstancias de almacenamiento, o sea, las temperaturas altas y bajas, la agitación y vibración, la dilución o evaporación durante el almacenamiento o el uso. La estabilidad se refiere a la no coalescencia de las partículas de la emulsión y la no sedimentación.

- Tamaño y distribución

Los tamaños de las partículas de una emulsión son gobernados por la cantidad y la eficacia del emulsivo, el orden de la mezcla y la clase de agitación.

- Color y apariencia

Las emulsiones tienden a tener un aspecto turbio debido a la fase de muchas interfaces de dispersión de la luz a medida que pasa a través de la emulsión. Las emulsiones se ven blancas cuando toda la luz se dispersa por igual. Si la emulsión se diluye lo suficiente, más alto, la frecuencia y de baja longitud de onda de la luz se dispersa más, y la emulsión aparecerá más azul esto se llama el efecto Tyndall.

Si la emulsión se concentra suficientemente, el color se distorsiona hacia longitudes de onda relativamente largas y aparece más amarillo. Este fenómeno es fácilmente observable al comparar la leche desnatada que contiene poca grasa.

Estas propiedades de color están relacionadas con el índice de refracción y las del aspecto se definen según la textura, producción de gas, degradación de activos y la presentación del producto, según las especificaciones determinadas por el fabricante.

- Efecto Tyndall

Se conoce como efecto Tyndall al fenómeno a través del cual se hace presente la existencia de partículas de tipo coloidal en las disoluciones o también en gases, debido a que estas son capaces de dispersar la luz.

- Textura

Conjunto de percepciones que permiten evaluar las características físicas de una muestra por medio del sentido del tacto excluyendo las influencias de temperatura y color.

- Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica de una emulsión depende de la conductividad de la fase continua.

- Área de producción de productos cosméticos

El área de producción de cosméticos debe cumplir con varias normas estrictas como las buenas prácticas de manufactura, normas ISO, normas OSHA, entre otras, dependiendo de las certificaciones que estén implementadas para el proceso de la fabricación. Por lo que se deben tomar en cuenta los siguientes parámetros.

- Procedimientos garantizados y certificados del uso del producto.
- Almacenaje correcto de las materias primas, material de empaque, lotes y producto terminado. Deben ser almacenados y transportados bajo condiciones apropiadas para prevenir la contaminación del producto.
- Identificación correcta de la materia prima, del lote a trabajar y del producto terminado.

- Proceso de fabricación de shampoo

La fabricación de shampoo se divide en cuatro fases:

- Formulación
- Fabricación a escala laboratorio
- Fabricación lote piloto
- Fabricación a gran escala

2.17. Formulación

Esta es la primera fase de la fabricación de shampoo. Donde se define el tipo de emulsión. En esta fase se define todo los componentes y principios activos que tendrá la emulsión. Es la más importante de la fabricación por lo que se deben tomar en cuenta todos los parámetros tanto económicos como de estabilidad de la emulsión.

2.18. Fabricación a escala laboratorio

Es la segunda fase de la fabricación de una shampoo; los equipos a nivel laboratorio pueden llegar a ser de lo más sencillo a lo más complejo. A nivel laboratorio no se obtiene una fabricación de gran cantidad, sin embargo, es la cantidad necesaria para poder evaluar los parámetros de calidad del shampoo.

2.19. Fabricación lote piloto

Es la fase tercera de fabricación donde se fabrica un shampoo trabajado a nivel laboratorio de una cantidad aproximada de 50 kg; se verifica el comportamiento exacto del escalonamiento.

2.20. Fabricación a gran escala

Cuarta fase de fabricación de un shampoo en la cual se procede a fabricar lotes discontinuos de 200 kg a 6 000 kg. Esta fase es fabricada después de obtener los resultados aceptables en la tercera fase.

2.21. Detergencia en los shampoo

El desarrollo de un sistema detergente adaptado al pelo es un problema complejo en sí mismo, a causa de la variabilidad del sustrato y del proceso, y además está complicado con la ambigüedad del objetivo. Aunque el shampoo debe eliminar más suciedad que grasa, el problema del lavado del pelo es principalmente el de eliminar la grasa. El pelo presenta una superficie razonablemente dura y, a diferencia del algodón y algunos otros textiles, no capta partículas de suciedad sin la intervención de la capa grasa.

El mecanismo de acción detergente implica varios fenómenos físicos complejos humectación, espumado, emulsificación y eliminación alguno de los cuales se conocen de modo imperfecto. Es evidente que la detergencia, que es la eliminación de suciedad, implica los procesos siguientes:

- La solución detergente debe humedecer tanto la suciedad como el sustrato que, en el caso del shampoo, es la fibra queratinizada del pelo; por tanto, tiene que disminuir la tensión superficial.
- La tensión interfacial se debe reducir en tal grado que permita que se reemplacen las partículas de suciedad y de grasa por solución detergente.

- Las partículas de suciedad deben mantenerse dispersas para poder estar en disposición de ser eliminadas en el enjuague.

2.22. Evaluación de detergentes como bases de shampoo

El criterio para seleccionar el detergente para el uso en un shampoo es su efecto en el pelo, por lo que se debe considerar lo siguiente:

- **Facilidad de extensibilidad:** facilidad con que el shampoo se puede distribuir sobre el pelo: algunos shampoos parece que se hunden en el pelo de modo que es difícil extenderlos por toda la cabeza y formar el enjabonado.
- **Poder de enjabonado:** generalmente se requiere una espuma abundante como primera percepción sensorial de eficacia, aunque se puede renunciar a esto si se considera el logro de una suavidad mayor. La espuma no solo tiene un valor psicológico, sino que permite garantizar la cantidad necesaria de shampoo que asegure la realización de todas las funciones implicadas en la limpieza. Esto significa que se han de considerar varias propiedades, tales como la velocidad con que se genera la espuma, el volumen, la consistencia cremosa o fluida y la estabilidad del enjabonado en el pelo.
- **Eliminación eficaz de la suciedad:** la eliminación en agua blanda y dura de mugre, exceso de grasa y detrito del cuero cabelludo. Se ha propuesto que los agentes de limpieza se deben preseleccionar *in vitro*, estudiando la actividad de detergencia sobre mechones de pelo ensuciados con sebo sintético.

- Facilidad de enjuagado: algunos shampoos se eliminan muy rápidamente enjuagando. Otros, continúan formando espuma después.
- Facilidad de peinar el pelo húmedo: esto evalúa la aspereza y la tendencia de enredo, inmediatamente después del tratamiento con el detergente bajo condiciones en que estos defectos son más manifiestos. El consumidor asocia esta propiedad con la acción limpiadora del shampoo, aunque, como se ha visto, la simple eliminación de la sustancia grasa no es toda la historia.
- Brillo del pelo: la importancia de esto para el consumidor medio es justificación suficiente para observarlo, pues el pelo que se queda sin brillo es también signo de inadecuación e ineficacia del detergente. Por ejemplo, los jabones con agua dura tienden a dejar sobre el pelo películas sin brillo de jabones insolubles de calcio y magnesio; detergentes con insuficiente poder de suspensión pueden, de nuevo, volver a depositar la suciedad o grasa, produciendo efecto mate. El pelo lavado con shampoo se debe sentir y oler fresco y limpio.
- Velocidad de secado: el secado del pelo es una de las operaciones más tediosas en el proceso normal del lavado con shampoo y, en el caso de tratamientos que se realizan en salones de peluquerías, el más costoso en términos de tiempo y equipo. Algunos detergentes dejan el pelo muy húmedo y lento de secar, otros tienden a dejar después una superficie ligeramente hidrófoba que permite eliminar el agua bastante deprisa. Existe un límite práctico en el aumento de la velocidad del secado que está relacionado, en gran parte, con que el agua adsorbida por el pelo durante el lavado con el shampoo, está ligada por enlaces de hidrógeno, y es improbable que estos estén afectados, tanto por tales efectos

superficiales, como por el tipo de detergente. No obstante, del total de peso del agua eliminada por secado después de un lavado con shampoo sólo un 20 por 100, y como mucho el 50 por 100, puede estar en forma de agua superficial, según la eficacia del secado mecánico o del tipo de detergente empleado.

- Facilidad de peinado y fijado del pelo seco: cuando el pelo está seco, cualquier aspereza inducida por el detergente durante la operación de lavado con shampoo aparece como una resistencia al peinado y, lo que es más importante, como una tendencia a producir una electricidad estática cuando el peine estira el pelo. La electricidad estática, que generalmente es de carga positiva (con peines de nilón o ebonita, un pelo se carga positiva y otro negativamente), puede ser un serio impedimento para el peinado, pues provoca que los pelos se repelen unos a otros. Cuanto más se peina o cepilla el pelo para darle la forma deseada, tanto más vuela y se fracasa en el propósito.

2.23. Materia primas de shampoos

Los tipos de ingredientes para hacer un shampoo son los siguientes:

- Tensioactivos (agentes de limpieza o espumantes).
- Impulsores (boosters) y estabilizadores de espuma.
- Agentes acondicionadores.
- Aditivos especiales.
- Conservantes.
- Agentes secuestrantes.
- Modificadores de la viscosidad (agentes espesantes o fluidificantes).
Agentes opalescentes o clarificantes.

- Perfume.
- Colorante.
- Estabilizadores (agentes suspensores, antioxidantes, absorbentes de rayos ultravioleta).

Estos ingredientes pueden clasificarse más sencillamente como:

- Tensioactivos para proporcionar detergencia y espuma.
- Tensioactivos auxiliares para mejorar detergencia, espuma y acondicionar el pelo.
- Aditivos para completar la formulación y dar efectos especiales.

2.24. Tensioactivos principales y auxiliares

Los detergentes catiónicos pueden parecer ser ideales para shampoos; forman buena espuma y muchos de ellos tienen razonable poder de limpieza. Además, también dejan el pelo con excelentes características fácil de peinar y dar forma, brillo y libre de carga electrostática. Desgraciadamente, presentan dos serias desventajas: tendencia a disminuir el peso del pelo y un comportamiento algo nocivo, especialmente para el tejido de la córnea del ojo. Sin embargo, actualmente se dispone de catiónicos no irritantes, y su combinación con adecuados no iónicos y anfóteros ayuda a reducir aún más los riesgos de irritación.

2.25. Tensioactivos aniónicos

- Sulfato lauril sódico

Los jabones son sales de ácidos grasos metálicos o alcanolaminas, la mayor parte de ellas fabricadas por saponificación de aceites vegetales y grasas animales. Fueron las primeras bases para los shampoos.

Alquil sulfato. Los detergentes aniónicos más extensamente utilizados en shampoos populares son los alquil sulfatos, especialmente los derivados de los alcoholes láurico y mirístico. Estos alcoholes, respectivamente, se obtienen por reducción catalítica de los ácidos grasos del coco y la palma, y la mayor parte de las muestras comerciales de los detergentes contienen una mezcla de alcoholes en las proporciones fijadas por la fuente de las materias primas.

Se acepta comúnmente que los lauril sulfatos dan más volumen de enjabonado, y más riqueza los miristil sulfatos, de modo que una mezcla de los dos proporcionan un compromiso satisfactorio. Generalmente, los cetil sulfatos son demasiado insolubles para proporcionar soluciones fácilmente formadoras de espuma, y los octil y decil sulfatos son, claramente, depresores del enjabonamiento, de modo que es preferible destilar los alcoholes grasos antes de la sulfatación, y así sólo usar la fracción pequeña que contiene C12, C14 y un poco de alcohol C16. La mezcla de alquil sulfatos así obtenidos de las grasas naturales, se denomina generalmente como Lauril sulfato. Sin embargo, se debe recordar siempre que tales sustancias son mezclas, y varían sus propiedades según la fuente de suministro y la longitud de la fracción de alcoholes grasos. El Lauril sulfato sódico supera todas las otras sales en rapidez y volumen de espuma. Normalmente, se obtiene como polvo blanco, constituido mayoritariamente de detergente y sulfato sódico como diluyente o como pastas con contenidos variados de detergentes. Esta sustancia es poco soluble en agua fría, pero su solubilidad aumenta significativamente con la temperatura, de modo que a la temperatura normal del shampoo (35-40 °C) se pueden preparar soluciones bastante concentradas. Su elevado punto de

turbidez y elevada viscosidad lo hacen más específicamente adecuado para el tipo de pasta de shampoo crema o Shampoo polvo; ambos tipos han superado su aceptación.

- Tetrastearato de pentaeritritilo (y) Glicéridos Caprílico / Capríco PEG-6 (y) Aqua

Es una versión líquida activa 45% de Crothix™, que es un espesante de alto rendimiento para sistemas surfactante acuosos. Como un líquido más fácil de usar, Crothix™ Liquid funciona especialmente bien en los sistemas de mezcla en frío y proporciona los formuladores con la eficacia de espesamiento para crear shampoos, jabones líquidos, geles de ducha y jabones líquidos u otros productos a base de jabón que son económicos, así como reológicamente atractivo. Como Crothix™, Crothix™ Liquid no requiere neutralización, no forma subproductos de nitrosamina, y con frecuencia contribuye a una sensación acondicionada en productos que se enjuagan.

2.26. Propiedades reológicas de los fluidos

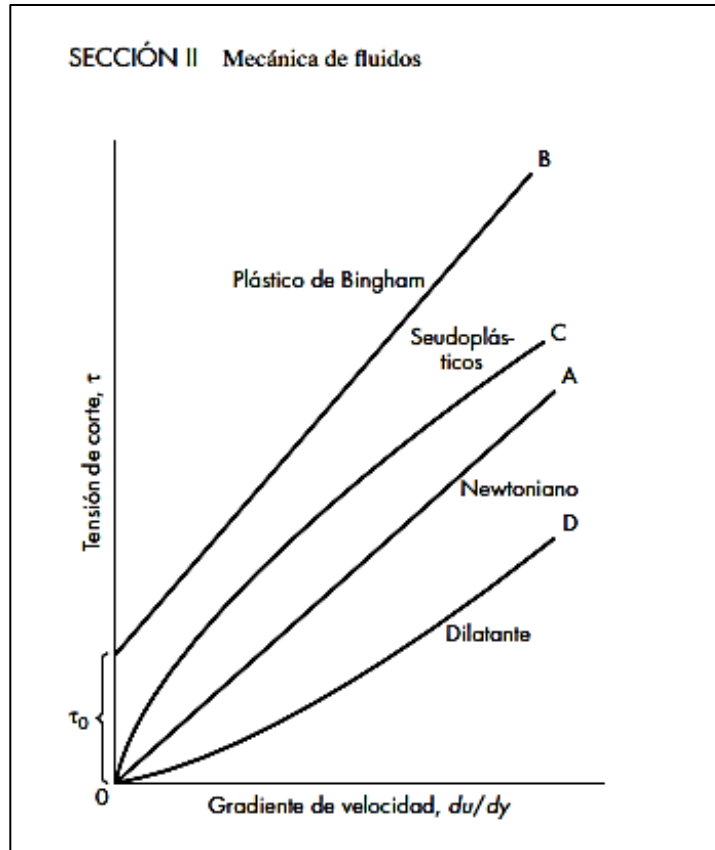
- Fluidos newtonianos y no newtonianos

Las relaciones entre la tensión de corte y la velocidad de corte en un fluido real son parte de la ciencia de la reología. La figura 3.2 muestra varios ejemplos del comportamiento, reológico de los fluidos. Las curvas son representaciones gráficas de la tensión de corte contra la velocidad de corte y corresponden a presión y temperatura constantes. El comportamiento más sencillo es el que se muestra en la curva A, que es una recta que pasa por el origen de coordenadas. Los fluidos que presentan esta sencilla linealidad reciben el nombre de fluidos newtonianos.

Los gases y la mayoría de los líquidos son newtonianos. Las demás curvas de la figura 6 representan el comportamiento reológico de líquidos llamados no newtonianos. Algunos líquidos, por ejemplo, las aguas residuales lodosas, no fluyen hasta que se alcanza una tensión de corte mínima, que se representa por τ_0 , y entonces fluyen de manera lineal, o casi lineal, para tensiones de corte superiores a τ_0 . La curva B es un ejemplo de este comportamiento. Los líquidos que se comportan de esta manera se denominan plásticos de Bingham. La línea C representa un fluido pseudoplástico.

La curva pasa por el origen, es cóncava hacia abajo para bajas tensiones de corte y se vuelve casi lineal para tensiones de corte elevadas. El látex del caucho es un ejemplo de dicho fluido. La curva D representa un fluido dilatante. La curva es cóncava hacia arriba para bajas tensiones de corte y casi lineal para tensiones de corte elevadas. La arena movediza y algunas emulsiones de arena presentan este comportamiento. Los pseudoplásticos se caracterizan por presentar un adelgazamiento de la velocidad de corte y los fluidos dilatantes, por un engrosamiento de la velocidad de corte.

Figura 6. **Tensión de corte contra gradiente de velocidad para fluidos newtonianos y no newtonianos**



Fuente: SMITH, J. C. y MCCABE, W. L. *Operaciones unitarias en ingeniería química*. p. 123.

- Flujo dependiente del tiempo

Ninguna de las curvas en la figura 6 depende del origen del fluido, y una muestra determinada del material muestra el mismo comportamiento sin importar el tiempo que la tensión de corte esté siendo aplicada. Éste no es el caso para algunos líquidos no newtonianos, cuyas curvas de tensión contra la velocidad de corte, dependen de cuánto tiempo ha estado activa la tensión de

corte. Los líquidos tixotrópicos se separan bajo un corte continuo y, al mezclarlos de nuevo, dan lugar a una menor tensión de corte al aplicar una velocidad de corte dada; esto es, su viscosidad aparente disminuye con el tiempo. Las sustancias reopécticas se comportan de la forma contraria, y la tensión de corte se incrementa con el tiempo, como lo hace la viscosidad aparente. Las estructuras originales y las viscosidades aparentes por lo general son recuperadas con el tiempo.

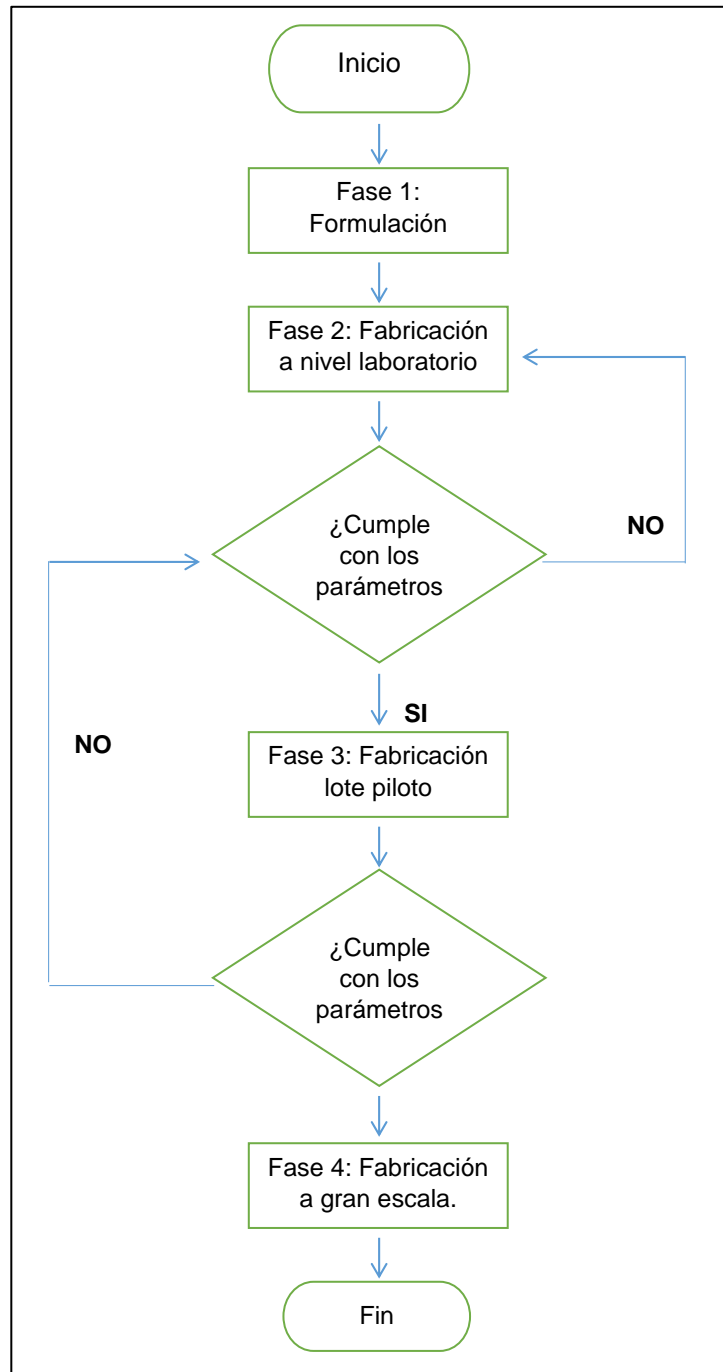
- Viscosidad

En un fluido newtoniano, la tensión de corte es proporcional a la velocidad de corte, y la constante de proporcionalidad se denomina viscosidad.

$$\tau_v = \mu \frac{du}{dy}$$

En las unidades SI, se mide en newtons por metro cuadrado y μ en kilogramos por metro-segundo o pascal-segundo. En el sistema cgs, la viscosidad se expresa en gramos por centímetro-segundo y esta unidad se llama poise (P). Los datos de viscosidad se expresan generalmente en milipascales-segundo o en centipoises ($cP = 0,01 P = 1 \text{ mPa} \cdot \text{s}$), ya que la mayoría de los fluidos tienen viscosidades mucho menores que 1 pascal-segundo.

Figura 7. **Proceso de fabricación de shampoo**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2016.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables

Las variables que mayor aportación brindan para la metodología de trabajo son: viscosidad, pH, apariencia, color, olor, entre otras.

3.1.1. Variables del sistema

En la tabla III se describen las variables del sistema.

Tabla III. Variables del sistema

Núm.	Variable	Unidad de medida	Factor potencial		Factores perturbadores	
			Constante	Variable	Controlable	No controlable
Análisis del proceso						
1	Viscosidad	Pa – s	X		X	
2	pH	Adimensional	X		X	
3	Prueba de centrifuga	RPM	X		X	
4	Apariencia	Adimensional	X		X	
5	Color	Adimensional	X			
6	Olor	Adimensional	X		X	
7	Costo de materia prima	Q	X			X
8	Costo de fabricación de Shampoo	Q/kg	X			X
9	Tiempo trabajado en cada emulsión	H		X		X
10	Costo total de cada fabricación	Q		X		X

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Variables de control independientes

En la tabla IV se describen las variables de control independientes en la fabricación de shampoo para el cabello.

Tabla IV. **Variables de control independientes en la fabricación de shampoo para el cabello**

Núm.	Variable	Unidades de medida	Descripción
1	Temperatura	°C	Temperatura de la emulsión
2	Porcentaje de agente reológico	%	Porcentaje de agente reológico
3	Costo total de materia prima	Q	Costo de materia prima
4	Tiempo trabajado para cada emulsión	H	Tiempo en el que se fabrica cada emulsión
5	Costo de fabricación de cada emulsión	Q	Costo de la energía

Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Variables de control dependientes

En la tabla IV se describen las variables de control dependientes en la fabricación de shampoo para el cabello.

Tabla V. **Variables de control dependientes en la fabricación de shampoo para el cabello**

Núm.	Variable	Unidades de medida	Descripción
1	Viscosidad	Pa – s	Viscosidad de la emulsión
2	pH en cada emulsión	Adimensional	Rango de pH que se utilizara en la emulsión
3	Costo de fabricación de cada emulsión con diferentes proporciones de agente reológico	Q	Costo de fabricación de cada emulsión
4	Prueba de centrífuga	Rpm	Prueba de separación para cada emulsión
5	Propiedades organolépticas	Adimensional	Apariencias físicas, descripción del producto
6	Porcentaje de variación del agente reológico.	%	Cantidad en porcentaje que se variara el agente.

Fuente: elaboración propia.

3.2. Delimitación del campo de estudio

- Área: laboratorio de control de calidad.
- Proceso: emulsiones cosméticas para el cabello.
- Etapa del proceso: formulación de shampoo utilizando dos agentes reológicos; que cumpla con los análisis organolépticos, fisicoquímicos.
- Ubicación: km 26,5 Carretera San Lucas Sacatepéquez, núm. 0,87, finca Choacorrál, San Lucas Sacatepéquez.
- Clima: húmedo frío rodeado de bosque húmedo templado.

3.3. Recursos humanos disponibles

- Investigador responsable: Franz Schubert Castillo Colocho
- Gerente: Paola Perea, del departamento de control de calidad
- Jefe de laboratorio: Patricia Gálvez
- Asesora: Ingeniera Adela María Marroquín

3.4. Recursos materiales

- Agua desmineralizada
- EDTA Tetrasodico
- Hansanol NS (Texapon NC 70)
- Crotix liquid
- Dehyton KB
- Cetiol HE
- Comperlan KD
- Euperlan PK 771
- Lonzaserve PC

- Dekavital B5 (Pantenol 100 %)
- Lamesoft PO 65
- Silicona TC-2115
- Fragancia
- Plantaren 1 200
- Jaguar – 300
- Cloruro de sodio
- Colorantes

3.4.1. Equipo y cristalería

En el laboratorio se emplea equipo especial para el desarrollo de las actividades práctica.

3.4.1.1. Equipo

- Balanza electrónica calibrada *Ohaus Scout Pro*, SP 6000 con precisión de 1 g y con un período de precalentamiento de media hora antes de uso.
- Viscosímetro rotacional digital *Brookfield RVDVE* serie 850016.
- Potenciómetro HACH modelo PH-3 serie 319060.
- Termómetro digital de pincho traceable.
- Motor de agitación CUTES CT-2000ES.
- Refrigerador.
- Cronómetro.
- plancha térmica *Thermo scientific model* no. SP131325.

3.4.1.2. Cristalería

- Espátula de acero inoxidable
- Microespátula de 120 mm
- Espátula cuchara, plana 230 mm
- Piseta 500 mL
- Escobilla de laboratorio
- Tubo de ensayo
- Vidrio de reloj
- Beacker de vidrio de 600 mL y 1000 mL

3.5. Técnicas cualitativas y cuantitativas

- Las técnicas cualitativas y cuantitativas consisten en la descripción detallada de situaciones, eventos, personas, comportamientos observables.
- Se determinará la cantidad de materia prima, tiempos de fabricación y costos de cada emulsión por medio de la técnica cuantitativa.
- Con la técnica cualitativa se determinará las propiedades organolépticas del shampoo para el cabello obtenido como producto.

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

Los análisis se realizarán por medio de la comparación de costos de ambos shampoos para el cabello con diferentes agentes reológicos, los cuales deben cumplir con los requisitos mínimos de calidad según la ISO 9001 dentro de la empresa cosmética guatemalteca para la satisfacción del cliente.

3.6.1. Costos de materia prima de shampoo para el cabello con Texapon NC 70

- Obtener el costo de cada materia prima a utilizar para la fórmula de shampoo para el cabello.
- Cuantificar el tiempo para la fabricación del shampoo para el cabello.
- Realizar encuestas sobre el desempeño del producto y tabular los resultados de dichas encuestas.

3.6.2. Costos de materia prima de shampoo para el cabello con Crotix

- Obtener el costo de cada materia prima a utilizar para la fórmula de shampoo para el cabello.
- Cuantificar el tiempo para la fabricación del shampoo para el cabello.
- Realizar encuestas sobre el desempeño del producto y tabular los resultados de dichas encuestas

3.6.3. Shampoo para el cabello con el agente reológico sulfato lauril sódico

- Se tomó el dato de hora de inicio y finalización de fabricación.
- Se tomó el dato de fecha de inicio y finalización de fabricación.
- Se pesó el agua desmineralizada en el beacker de 1000 mL.

- Se pesó el colorante, EDTA, Dekavital y Jaguar CS-300.
- Se agregó la materia prima pesada anteriormente al recipiente de 1 000 mL con agua desmineralizada y se agitó constantemente hasta que la mezcla estaba homogenizada.
- Se pesó Texapon NC 70, Dehyton KB, Cetiol HE, Fragancia.
- Se agregó lo pesado anteriormente al recipiente de 1000 mL hasta que la mezcla estaba homogénea.
- Se pesó Euperlan PK 771, Lonzaserve PC, Lamesoft PO 65, Silicona TC-2115 y la otra fragancia.
- Se agregó lo pesado con anterioridad, al recipiente de 1000 mL hasta que la mezcla estaba homogénea.
- Se pesó Plantaren 1200/GlucoPON 600.
- Se calentó la materia prima pesada, con anterioridad a 45 °C.
- Se procedió a medir pH, ajustando pH al shampoo para el cabello según el rango requerido.
- Se agregó bajo agitación constante el plantaren 1200/GlucoPON 600 °C a 45 °C.
- Se agregó cloruro de sodio hasta que el granel cumpla con el rango establecido de viscosidad.

- Se realizaron las pruebas organolépticas (color, olor, forma cosmética) en el shampoo para el cabello.

3.6.4. Shampoo para el cabello con el agente reológico crothix liquid

- Se tomó el dato de hora de inicio y finalización de fabricación.
- Se tomó el dato de fecha de inicio y finalización de fabricación.
- Se pesó el agua desmineralizada en el beacker de 1000 mL.
- Se pesó el colorante, EDTA, Dekavital y Jaguar CS-300.
- Se agregó la materia prima pesada anteriormente al recipiente de 1000 mL con agua desmineralizada y se agitó constantemente hasta que la mezcla estaba homogenizada.
- Se pesó Dehyton KB, Cetiol HE, fragancia.
- Se agregó lo pesado con anterioridad, al recipiente de 1000 mL hasta que la mezcla estaba homogénea.
- Se pesó Euperlan PK 771, Lonzaserve PC, Lamesoft PO 65, Silicona TC-2115 y la otra fragancia.
- Se agregó lo pesado con anterioridad, al recipiente de 1000 mL hasta que la mezcla estaba homogénea.

- Se pesó Plantaren 1200/Glucocon 600.
- Se calentó la materia prima pesada con anterioridad, a 45 °C.
- Se procedió a medir pH, ajustando pH al shampoo para el cabello según el rango requerido.
- Se agregó bajo agitación constante el plantaren 1200/Glucocon 600 °C a 45 °C.
- Se pesó crothix liquid.
- Se agregó crothix liquid hasta que el granel cumpla con el rango establecido de viscosidad.
- Se realizaron las pruebas organolépticas (color, olor, forma cosmética) en el shampoo para el cabello.

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Los resultados que se obtengan serán recopilados en hojas de cálculo de Excel, se agruparan en diferentes corridas y repeticiones dependiendo del agente reológico a utilizar en la formulación del shampoo para el cabello.

3.8. Análisis estadístico

Para analizar los resultados, se evaluará estadísticamente las variaciones entre las corridas y entre cada tratamiento, para determinar si existe una variación significativa entre el grupo de datos. Entre de los análisis realizados

se encuentra la media aritmética, desviación estándar y el análisis de varianza (ANOVA).

Se realizará un diseño experimental factorial completamente al azar variando los dos agentes reológicos a tres diferentes proporciones que serán definidas mediante pruebas previas, realizando tres repeticiones haciendo un total de 18 shampoos para el cabello.

3.8.1. Media aritmética

Para evaluar las propiedades fisicoquímicas de los shampoos para el cabello de cada uno de los tratamientos y obtener un resultado promedio del número de corridas.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N}$$

Donde:

\bar{X} = media aritmética

X_i = valor de cada una de las corridas

N = número total de las corridas por tratamiento

3.8.2. Desviación estándar

Para evaluar las propiedades fisicoquímicas de los shampoos para el cabello de cada uno de los tratamientos y obtener un intervalo de confianza para el error en los resultados.

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

Donde:

\bar{S} = desviación estándar

\bar{X} = media aritmética

X_i = valor de cada una de las corridas

N = número total de las corridas por tratamiento

3.8.3. Análisis de varianza (ANOVA) para un factor

Para determinar si existe un efecto significativo en las propiedades fisicoquímicas al variar el agente reológico, y la proporción del mismo.

Planteando las hipótesis nulas (H_0) y las hipótesis alternativas (H_1) con un 95 % de confianza y 5 % de significancia.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_i = \dots$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_i \neq \dots$$

Tabla VI. **Cálculo de análisis de varianza de un factor con igualdad de observaciones**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculada
Tratamientos	SSA	k-1	_____	$F = \frac{S_1^2}{S^2}$
Error	SSE	k(n-1)	_____	
Total	SST	nk-1		

Fuente: elaboración propia.

Donde:

$$SST = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^n Y^2_{ij} - \frac{T^2}{nK}$$

$$SSA = \frac{\sum_{i=1}^K T_i^2}{n} - \frac{T^2}{nK}$$

$$SSE = SST - SSA$$

T= total de valores al cuadrado

n = número de muestras

K = número de tratamientos

□ *Nota:* si en Excel la probabilidad es > 0,05 se acepta H₀.

4. RESULTADOS

Tabla VII. **Determinación de la viscosidad en shampoo de venta en el mercado guatemalteco**

Muestra	Viscosidad (mPa*s)	Viscosidad (mPa*s)	Viscosidad (mPa*s)	Promedio viscosidad (mPa*s)
	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	
Shampoo A	8 248	8 432	8 384	8 739±548
Shampoo B	9 112	9 213	9 832	
Shampoo C	8 800	8 392	8 238	

Pin #4, 5 rpm, @25°C

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Determinación de la viscosidad en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,5 %**

Muestra	Viscosidad (mPa*s)	Viscosidad (mPa*s)	Viscosidad (mPa*s)	Promedio viscosidad (mPa*s)
Corrida #	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	
1	1 190	1 197	1 194	1 194
2	1 198	1 194	1 195	1 196
3	1 203	1 201	1 198	1 201
4	1 193	1 175	1 180	1 183
5	1 199	1 184	1 175	1 186
6	1 997	1 221	1 196	1 471
7	1203	1 150	1 165	1 173
8	1 208	1 220	1 198	1 209
9	1 299	1 193	1 188	1 226

Pin #4, 5 rpm, @25°C

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Determinación de la viscosidad en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,6 %**

Muestra	Viscosidad (mPa*s)	Viscosidad (mPa*s)	Viscosidad (mPa*s)	Promedio viscosidad (mPa*s)
Corrida #	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	
1	2 583	2 599	2 725	2 636
2	2 487	2 578	2 586	2 550
3	2 580	2 604	2 607	2 597
4	2 499	2 606	2 598	2 568
5	2 501	2 596	2 615	2 571
6	2 589	2 576	2 589	2 585
7	2 602	2 598	2 602	2 601
8	2 610	2 601	2 608	2 606
9	2 578	2 599	2 599	2 592

Pin #4, 5 rpm, @25°C

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Determinación de la viscosidad en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,8 %**

Muestra	Viscosidad (mPa*s)	Viscosidad (mPa*s)	Viscosidad (mPa*s)	Promedio viscosidad (mPa*s)
Corrida #	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	
1	6 830	6 870	6 850	6 850
2	6 799	6 734	6 802	6 778
3	6 845	6 843	6 912	6 867
4	6 842	6 823	6 809	6 825
5	6 799	6 901	6 843	6 848
6	6 842	6 890	6 824	6 852
7	6 858	6 860	6 756	6 825
8	6 794	6 851	6 809	6 818
9	6 865	6 902	6 849	6 872

Pin #4, 5 rpm, @25°C

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Determinación de la viscosidad en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 1 %**

Muestra	Viscosidad (mPa*s)	Viscosidad (mPa*s)	Viscosidad (mPa*s)	Promedio viscosidad (mPa*s)
Corrida #	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	
1	14 992	15 418	15 439	15 283
2	15 430	15 420	15 429	15 426
3	15 429	15 425	15 338	15 397
4	15 441	15 431	15 573	15 482
5	15 415	15 445	15 503	15 454
6	15 440	15 432	15 398	15 423
7	15 432	15 399	15 601	15 477
8	15 418	15 459	15 501	15 459
9	15 399	15 754	15 554	15 569

Pin #4, 5 rpm, @25°C

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Determinación de la viscosidad en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprílico Glicéridos al 1 %**

Muestra	Viscosidad (mPa*s)	Viscosidad (mPa*s)	Viscosidad (mPa*s)	Promedio viscosidad (mPa*s)
Corrida #	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	
1	2 030	2 035	2 040	2 035
2	2 037	2 045	2 039	2 040
3	2 032	2 029	2 011	2 024
4	2 038	2 053	2 045	2 045
5	2 046	2 039	2 041	2 042
6	2 039	2 043	2 059	2 047
7	2 025	2 065	2 031	2 040
8	2 032	2 045	2 034	2 037
9	2 043	2 010	2 034	2 029

Pin #4, 5 rpm, @25°C

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Determinación de la viscosidad en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprico Glicéridos al 1,5 %**

Muestra	Viscosidad (mPa*s)	Viscosidad (mPa*s)	Viscosidad (mPa*s)	Promedio viscosidad (mPa*s)
Corrida #	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	
1	8 241	8 203	8 239	8 228
2	8 301	8 233	8 212	8 249
3	8 299	8 241	8 237	8 259
4	8 308	8 225	8 241	8 258
5	8 291	8 253	8 245	8 263
6	8 279	8 231	8 257	8 256
7	8 299	8 324	8 302	8 308
8	8 241	8 243	8 265	8 250
9	8 243	8 239	8 294	8 259

Pin #4, 5 rpm, @25°C

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Determinación de la viscosidad en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprico Glicéridos al 2 %**

Muestra	Viscosidad (mPa*s)	Viscosidad (mPa*s)	Viscosidad (mPa*s)	Promedio viscosidad (mPa*s)
Corrida #	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	
1	14 594	14 598	14 688	14 627
2	14 688	14 687	14 689	14 688
3	14 687	14 659	14 799	14 715
4	14 678	14 699	14 685	14 687
5	14 532	14 679	14 673	14 628
6	14 478	14 528	14 612	14 539
7	14 600	14 893	14 654	14 716
8	14 602	14 754	14 312	14 556
9	14 634	14 895	14 623	14 717

Pin #4, 5 rpm, @25°C

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Determinación de la viscosidad en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos al 2,5 %**

Muestra	Viscosidad (mPa*s)	Viscosidad (mPa*s)	Viscosidad (mPa*s)	Promedio viscosidad (mPa*s)
Corrida #	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	
1	20 998	21 182	21 192	21 124
2	21 101	21 261	21 881	21 414
3	21 138	21 125	21 139	21 134
4	21 291	21 201	21 101	21 198
5	21 105	21 143	21 139	21 129
6	21 128	21 103	21 123	21 118
7	21 132	21 102	21 143	21 126
8	21 145	21 133	21 182	21 153
9	21 201	21 123	21 104	21 143

Pin #4, 5 rpm, @25°C

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Determinación de la potencial de hidrógeno en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,5 %**

Muestra	pH	pH	pH	Promedio pH
Corrida #	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	
1	5,1	5,12	5,09	5,10
2	5,08	5,11	5,1	5,10
3	5,12	5,13	5,09	5,11
4	5,13	5,12	5,14	5,13
5	5,12	5,09	5,13	5,11
6	5,09	5,14	5,12	5,12
7	5,14	5,07	5,08	5,10
8	5,07	5,17	5,12	5,12
9	5,17	5,09	5,11	5,12

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Determinación de la potencial de hidrógeno en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,6 %**

Muestra	pH	pH	pH	Promedio pH
Corrida #	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	
1	5,23	5,09	5,18	5,17
2	5,19	5,02	5,07	5,09
3	5,18	5,18	5,09	5,15
4	5,07	5,07	5,02	5,05
5	5,3	5,09	5,18	5,19
6	5,11	5,02	5,07	5,07
7	5,09	5,07	5,07	5,08
8	5,02	5,3	5,07	5,13
9	5,11	5,07	5,3	5,16

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Determinación de la potencial de hidrógeno en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,8 %**

Muestra	pH	pH	pH	Promedio pH
Corrida #	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	
1	5,02	5,12	5,07	5,07
2	5,21	5,09	5,43	5,24
3	5,05	5,12	5,21	5,13
4	5,1	5,21	5,18	5,16
5	5,3	5,32	5,11	5,24
6	5,12	5,09	5,12	5,11
7	5,09	5,11	5,21	5,14
8	5,21	5,07	5,13	5,14
9	5,16	5,12	5,28	5,19

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Determinación de la potencial de hidrógeno en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 1 %**

Muestra	pH	pH	pH	Promedio pH
Corrida #	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	
1	5,63	5,43	5,21	5,42
2	5,11	5,11	5,84	5,35
3	5,21	5,35	5,21	5,26
4	5,24	5,72	5,08	5,35
5	5,18	5,12	5,09	5,13
6	5,41	5,32	5,3	5,34
7	5,29	5,54	5,32	5,38
8	5,1	5,34	5,09	5,18
9	5,23	5,21	5,14	5,19

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Determinación de la potencial de hidrógeno en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprico Glicéridos al 1 %**

Muestra	pH	pH	pH	Promedio pH
Corrida #	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	
1	4,2	4,2	4,27	4,22
2	4,21	4,29	4,21	4,24
3	4,27	4,3	4,18	4,25
4	4,27	4,12	4,21	4,20
5	4,18	4,15	4,21	4,18
6	4,22	4,24	4,21	4,22
7	4,17	4,19	4,24	4,20
8	4,29	4,21	4,17	4,22
9	4,22	4,29	4,31	4,27

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Determinación de la potencial de hidrógeno en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos al 1,5 %**

Muestra	pH	pH	pH	Promedio pH
Corrida #	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	
1	4,24	4,25	4,25	4,25
2	4,21	4,24	4,25	4,23
3	4,23	4,26	4,19	4,23
4	4,24	4,26	4,19	4,23
5	4,29	4,2	4,23	4,24
6	4,23	4,2	4,21	4,21
7	4,19	4,42	4,21	4,27
8	4,19	4,21	4,27	4,22
9	4,29	4,2	4,23	4,24

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Determinación de la potencial de hidrógeno en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos al 2 %**

Muestra	pH	pH	pH	Promedio pH
Corrida #	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	
1	4,25	4,12	4,14	4,17
2	4,13	4,21	4,18	4,17
3	4,18	4,24	4,14	4,19
4	4,28	4,25	4,21	4,25
5	4,33	4,18	4,12	4,21
6	4,21	4,15	4,31	4,22
7	4,18	4,3	4,32	4,27
8	4,17	4,01	4,12	4,10
9	4,23	4,29	4,62	4,38

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Determinación de la potencial de hidrógeno en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos al 2,5 %**

Muestra	pH	pH	pH	Promedio pH
Corrida #	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	
1	4,12	4,17	4,21	4,17
2	4,21	4,17	4,17	4,18
3	4,23	4,18	4,15	4,19
4	4,14	4,21	4,17	4,17
5	4,32	4,28	4,23	4,28
6	4,12	4,16	4,32	4,20
7	4,54	4,19	4,15	4,29
8	4,12	4,19	4,15	4,15
9	4,32	4,23	4,21	4,25

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Análisis organoléptico en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,5 %**

Análisis organoléptico	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Resultado
Forma cosmética	Líquido	Líquido	Líquido	Cumple
Olor	Característico a la fragancia	Característico a la fragancia	característico a la fragancia	Cumple
Color	Blanco	Blanco	Blanco	Cumple

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Análisis organoléptico en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,6 %**

Análisis organoléptico	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Resultado
Forma cosmética	Líquido	Líquido	Líquido	Cumple
Olor	Característico a la fragancia	Característico a la fragancia	característico a la fragancia	Cumple
Color	Blanco	Blanco	Blanco	Cumple

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Análisis organoléptico en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,8 %**

Análisis organoléptico	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Resultado
Forma cosmética	Líquido	Líquido	Líquido	Cumple
Olor	Característico a la fragancia	Característico a la fragancia	característico a la fragancia	Cumple
Color	Blanco	Blanco	Blanco	Cumple

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Análisis organoléptico en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 1 %**

Análisis organoléptico	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Resultado
Forma cosmética	Líquido	Líquido	Líquido	Cumple
Olor	Característico a la fragancia	Característico a la fragancia	característico a la fragancia	Cumple
Color	Blanco	Blanco	Blanco	Cumple

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Análisis organoléptico en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos al 1 %**

Análisis organoléptico	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Resultado
Forma cosmética	Líquido	Líquido	Líquido	Cumple
Olor	característico a la fragancia	característico a la fragancia	característico a la fragancia	Cumple
Color	Lila	Lila	Lila	Cumple

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Análisis organoléptico en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos al 1,5 %**

Análisis organoléptico	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Resultado
Forma cosmética	Líquido	Líquido	Líquido	Cumple
Olor	Característico a la fragancia	Característico a la fragancia	Característico a la fragancia	Cumple
Color	Lila	Lila	Lila	Cumple

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Análisis organoléptico en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos al 2 %**

Análisis organoléptico	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Resultado
Forma cosmética	Líquido	Líquido	Líquido	Cumple
Olor	característico a la fragancia	característico a la fragancia	característico a la fragancia	Cumple
Color	Lila	Lila	Lila	Cumple

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Análisis organoléptico en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprico Glicéridos al 2,5 %**

Análisis organoléptico	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Resultado
Forma cosmética	Líquido	Líquido	Líquido	Cumple
Olor	característico a la fragancia	característico a la fragancia	característico a la fragancia	Cumple
Color	Lila	Lila	Lila	Cumple

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Costo de la fabricación de shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,5 %**

Agente reológico	Porcentaje %	Cantidad en kg	Costo MP Q/kg	Costo de fabricación total (Q)
Lauril Sulfato Sódico	0,5	0,005	53,74	6,90

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Costo de la fabricación de shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,6 %**

Agente reológico	Porcentaje %	Cantidad en kg	Costo MP Q/kg	Costo de fabricación total (Q)
Lauril Sulfato Sódico	0,6	0,006	53,74	6,95

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Costo de la fabricación de shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 0,8 %**

Agente reológico	Porcentaje %	Cantidad en kg	Costo MP Q/kg	Costo de fabricación total (Q)
Lauril Sulfato Sódico	0,8	0,008	53,74	7,27

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Costo de la fabricación de shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al 1 %**

Agente reológico	Porcentaje %	Cantidad en kg	Costo MP Q/kg	Costo de fabricación total (Q)
Lauril Sulfato Sódico	1	0,01	53,74	7,48

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Costo de la fabricación de shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprico Glicéridos al 1 %**

Agente reológico	Porcentaje %	Cantidad en kg	Costo MP (Q/kg)	Costo de fabricación total (Q)
PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprico Glicéridos	1	0,01	55	7,50

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Costo de la fabricación de shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos al 1,5 %**

Agente reológico	Porcentaje %	Cantidad en kg	Costo MP (Q/kg)	Costo de fabricación total (Q)
PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos	1	0,01	55	7,50

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Costo de la fabricación de shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos al 2 %**

Agente reológico	Porcentaje %	Cantidad en kg	Costo MP (Q/kg)	Costo de fabricación total (Q)
PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos	2	0,02	55	8,05

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Costo de la fabricación de shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos al 2,5 %**

Agente reológico	Porcentaje %	Cantidad en kg	Costo MP (Q/kg)	Costo de fabricación total (Q)
PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos	2,5	0,025	55	8,32

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Análisis estadístico en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al variar su concentración**

Concentración	Media aritmética	Desviación	Varianza
0,50 %	1 226	93,15	8 677
0,60 %	2 589	24,98	624
0,80 %	6 837	28,98	840
1 %	15 441	76,87	5 909

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **Análisis estadístico en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprico Glicéridos al variar su concentración**

Concentración	Media aritmética	Desviación	Varianza
1,00 %	2 038	7,49	56,03
1,50 %	8 259	21,32	454,63
2,00 %	3 434	8,29	68,66
2,5 %	21 171	94,37	8 905,40

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. **Análisis de varianza ANOVA en shampoo para el cabello con el agente reológico lauril sulfato sódico al variar su concentración**

Origen de las variaciones	Grados de libertad	F	F
Entre grupos	3	92 085,75	2,90
Dentro de los grupos	32		
Total	35		

Fuente: elaboración propia.

Debido a que:

$F_{\text{calculado}} > F_{\text{teórico}}$ se acepta la hipótesis alternativa (H_1) con un nivel de significancia del 95 %

Tabla XLIII. **Análisis de varianza ANOVA en shampoo para el cabello con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprico Glicéridos al variar su concentración**

Origen de las variaciones	Grados de libertad	F	F teórico
Entre grupos	3	288254.77	2.90
Dentro de los grupos	32		
Total	35		

Fuente: elaboración propia.

Debido a que:

$F_{\text{calculado}} > F_{\text{teórico}}$ se acepta la hipótesis alternativa (H_1) con un nivel de significancia del 95 %

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El comportamiento de los agentes reológicos en el shampoo para el cabello se rige bajo el principio de Le' Chatelier, el cual establece que mientras más reactivo se agregue, el equilibrio tendrá una mayor tendencia hacia el incremento de productos, resultando en mayor viscosidad.

Se realizó el diseño experimental con base en dos agentes reológicos comúnmente usados en la industria cosmetóloga los cuales son lauril sulfato sódico y PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprico Glicéridos, con base en shampoos para el cabello de venta en el mercado guatemalteco se determinó que el promedio de viscosidad es 8 739 mPa *s. Una vez determinada la viscosidad requerida para los shampoos experimentales se procedió a variar la concentración de los dos agentes reológicos mencionados anteriormente con el fin de determinar que concentración es la necesaria para poder alcanzar la viscosidad promedio de los shampoos en el mercado.

Se varió la concentración del agente reológico lauril sulfato sódico al 0,5 % y se determinó que el promedio de la viscosidad es de 1 226 mPa*s, el potencial de hidrogeno es de 5,11 y las propiedades organolépticas cumplen con sus características (forma cosmética, olor y color), sin embargo, la viscosidad determinada no es óptima, por lo tanto, no es suficiente para alcanzar el promedio de venta en el mercado guatemalteco.

La segunda concentración utilizada con el agente reológico lauril sulfato sódico fue 0,6 % y se determinó que el promedio de la viscosidad es de

2 589 mPa*s, el potencial de hidrogeno es de 5,12 y las propiedades organolépticas cumplen con sus características (forma cosmética, olor y color), sin embargo, la viscosidad determinada no es óptima.

La tercera concentración utilizada con el agente reológico lauril sulfato sódico fue 0,8 % y se determinó que el promedio de la viscosidad es de 6837 mPa*s, el potencial de hidrogeno es de 5,16 y las propiedades organolépticas cumplen con sus características (forma cosmética, olor y color), por lo que se determinó que esta concentración es la indicada para alcanzar el promedio de viscosidad en shampoos para el cabello de venta en el mercado guatemalteco.

La cuarta concentración utilizada con el agente reológico lauril sulfato sódico fue 1 % y se determinó que el promedio de la viscosidad es de 15 441 mPa*s, el potencial de hidrogeno es de 5,28 y las propiedades organolépticas cumplen con sus características (forma cosmética, olor y color), por lo que se determinó que esta concentración no es óptima.

Se varió la concentración al 1 % del agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos y se determinó que el promedio de la viscosidad es de 2 037 mPa*s, el potencial de hidrogeno es de 4,22 y las propiedades organolépticas cumplen con sus características (forma cosmética, olor y color), sin embargo, la viscosidad determinada no es óptima, por lo tanto, no es suficiente para alcanzar el promedio de venta en el mercado guatemalteco.

La segunda concentración utilizada con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos fue 1,5 % y se determinó que el promedio de la viscosidad es de 8 258 mPa*s, el potencial de hidrogeno es de 4,23 y las propiedades organolépticas cumplen con sus

características (forma cosmética, olor y color), por lo que se determinó que esta concentración es la indicada para poder alcanzar el promedio de viscosidad en shampoos para el cabello de venta en el mercado guatemalteco.

La tercera concentración utilizada con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos fue 2 % y se determinó que el promedio de la viscosidad es de 14 652 mPa*s, el potencial de hidrogeno es de 4,21 y las propiedades organolépticas cumplen con sus características (forma cosmética, olor y color), por lo que se determinó que esta concentración no es óptima.

La cuarta concentración utilizada con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos fue 2,5 % y se determinó que el promedio de la viscosidad es de 21 170 mPa*s, el potencial de hidrogeno es de 4,20 y las propiedades organolépticas cumplen con sus características (forma cosmética, olor y color), por lo que se determinó que esta concentración no es óptima.

Una vez determinadas las concentraciones optimas de cada agente reológico se determinó el costo de fabricación para cada agente, por lo que con base en los resultados en las tablas XXI y XXIV se determinó que, al variar al 0,8 % el agente lauril sulfato sódico el costo de fabricación total es de Q 7,27 y al variar al 1,5 % el agente PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos el costo de fabricación total es de Q 7,77, por lo tanto, el costo de fabricación de lauril sulfato sódico es más económico, por lo que se determina como el agente a utilizar en futuras fabricaciones.

Según el análisis estadístico, se comprueba que existe diferencia significativa en la viscosidad al variar el porcentaje de agente viscosante lauril

sulfato sódico en shampoo para el cabello (0,5 %, 0,6 %, 0,8 % y 1 %), con base en la prueba de Fischer donde $F_{\text{calculado}} > F_{\text{teórico}}$ con un nivel de significancia del 95 %.

Por último, el análisis estadístico que se realizó con el agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos, comprueba que existe diferencia significativa en la viscosidad al variar el porcentaje de agente viscosante en shampoo para el cabello (1 %, 1,5 %, 2 %, 2,5 %), con base en la prueba de Fischer donde $F_{\text{calculado}} > F_{\text{teórico}}$ con un nivel de significancia del 95 %.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que la viscosidad aumenta en función de la concentración del agente reológico lauril sulfato sódico a una velocidad de mezclado constante, por lo que el porcentaje adecuado se obtuvo en 0,8 % con una viscosidad de 6 837 mPa*s.
2. La viscosidad aumenta en función de la concentración del agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos, por lo que el porcentaje óptimo se obtuvo en 1,5 % con una viscosidad de 8 258 mPa*s.
3. El potencial de hidrogeno se mantiene estable en función de la concentración del agente reológico lauril sulfato sódico, por lo que el promedio es de 5,16.
4. Se calculó que el potencial de hidrogeno se mantiene estable en función de la concentración del agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprilíco / Caprico Glicéridos, por lo que se determinó un promedio de 4.21
5. Las propiedades organolépticas (forma cosmética, color olor) cumplen con el estándar establecido, sin ninguna variación al modificar la concentración del agente reológico lauril sulfato sódico.
6. Se comprobó que las propiedades organolépticas (forma cosmética, color olor) cumplen con el estándar establecido, sin ninguna variación al

modificar la concentración del agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprico Glicéridos.

7. El costo óptimo de la formulación de shampoo para el cabello en función de la concentración del agente reológico lauril sulfato sódico en 0,8 %, con una viscosidad promedio de 6 837 mPa*s y un costo de Q 7,27.
8. Se obtuvo el costo óptimo de la formulación de shampoo para el cabello en función de la concentración del agente reológico PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Caprico Glicéridos en 1,5 %, con una viscosidad promedio de 8 258 mPa*s y un costo de Q 7,77.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar un porcentaje de agente reológico no mayor al 1 % para lauril sulfato sódico y no mayor a 2 % para PEG-150 Pentaeritritil Tetrastearato y PEG-6 Caprílico / Capríco Glicéridos y así obtener shampoo para el cabello con propiedades fisicoquímicas adecuadas para los clientes.
2. Continuar con la investigación, mediante la combinación de los agentes reológicos utilizados.
3. Utilizar un agitador de helicoidal para tener mayor eficacia y eficiencia en el mezclado del agente reológico con las materias primas utilizadas en el proceso de fabricación de shampoo para el cabello.

BIBLIOGRAFÍA

1. BASF. *Care creations*. [en línea]. <www.personal-care.basf.com>. [Consulta: 6 de julio de 2018].
2. BOSKO, Levitt. *Química física práctica de Findlay*. London: Reverté S.A., 1979. 518 p.
3. CHO ÁLVAREZ, Lileana Magali. *Estudio del emulsificante como variable de estabilidad de una mezcla semisólida para la fabricación de cremas cosméticas*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2012. 280 p.
4. DE LA VARA SALAZAR, Román y GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Análisis y diseño de experimentos*. 2a ed. México: McGraw-Hill Interamericana, 2008. 564 p.
5. WILKINSON, Juan Bernardo; MOORE, Reese Joey. *Cosmetología de Harry*. España: Ediciones Díaz de Santos, 1990. 1062 p.
6. KHALOUD, Al Badi, y KHAN, Shah A. *Formulation, evaluation and comparison of the herbal shampoo with the commercial shampoos*. [en línea]. <<file:///C:/Users/mrkzii/Downloads/formulation-evaluation-and-comparison-of-the-herbal-shampoo-with-the-commercial-shampoos.pdf>>. [Consulta: 6 de julio de 2018].

7. KIRK , Othmer. *Chemical technology of cosmetics*. New Jersey, USA: John Wiley and sons. 2012. 15 p.
8. LÓPEZ VÁSQUEZ, David Antonio. *Comparación del costo y beneficio en la fabricación de emulsiones cosméticas de acuerdo al consumo energético*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2008. 152 p.
9. MCCABE, Warren L.; SMITH, Julian C. y HARRIOTT, Peter. *Operaciones unitarias en ingeniería química*. 7a ed. México: McGraw-Hill, 2007. 1211 p.
10. MÉNDEZ-SÁNCHEZ, A. F.; PÉREZ TREJO, L. y PANI, A. M. *Determinación de la viscosidad de fluidos newtonianos y no newtonianos (una revisión del viscosímetro de couette)*. [en línea]. <file:///C:/Users/mrkzii/Downloads/5901-25163-1-PB.pdf>. [Consulta: 6 de julio de 2018].
11. MOTT, Robert. *Mecánica de fluidos*. 6a ed. México: Pearson Educación, 2006. 647 p.
12. RAMÍREZ NAVAS, Juan Sebastián. *Introducción a la reología. En introducción a la reología de los alimentos*. Cali, Colombia: Universidad del Valle, 2006. 52 p.
13. ROMANOWSKI, Perry y SCHUELLER, Randy. *Introduction to shampoo thickening. En P. Romanowski, & R. Schueller, Beginning cosmetic chemistry*. USA: Allured books, 2009. 323 p.

14. SALAGER, Jean-Louis; ANDÉREZ, José María, y FORGIARINI, Ana María. *Influencia de la formulación sobre las espumas. Laboratorio de Formulación, Interfaces, Reología y Procesos – FIRP*. Chile: Universidad de los Andes, 1999. 134 p.
15. SCHOENBERG, T. *Formulating alkanolamide – free products Schoenberg. Household & personal products industry*. [en línea]. <<https://translate.google.com/translate?hl=es-419&sl=en&u=thefreelibrary.com/Formulating%2Bwith%2BSodium%2BCocosulfate%252C%2BA%2BNon-Traditional%2BSurfactant.-a071762711&prev=search>>. [Consulta: 6 de julio de 2018].
16. SIMMONS, John. *Cosméticos: formulación, preparación y aplicación*. Madrid, España: Ediciones Antonio Madrid Vicente, 2007. 500 p.
17. Slideshare. *Balance hidrofílico lipofílico*. [en línea]. <<https://es.slideshare.net/zinzita/emulsiones>>. [Consulta: 6 de julio de 2018].
18. Textos científicos. *Definición de emulsión 2015*. [en línea]. <<https://www.textoscientificos.com/emulsiones/introduccion>>. [Consulta: 6 de julio de 2018].
19. VALDEZ CONTRERAS, Flor Azucena. *Implementación y desarrollo en procesos de fabricación de cremas de uso corporal, obtenidas usando como base emulsión fabricada en frío, dirigida a la venta por catálogo de cosméticos en centro américa en la empresa Lancasco, S. A., Planta Atlántico*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2015. 186 p.

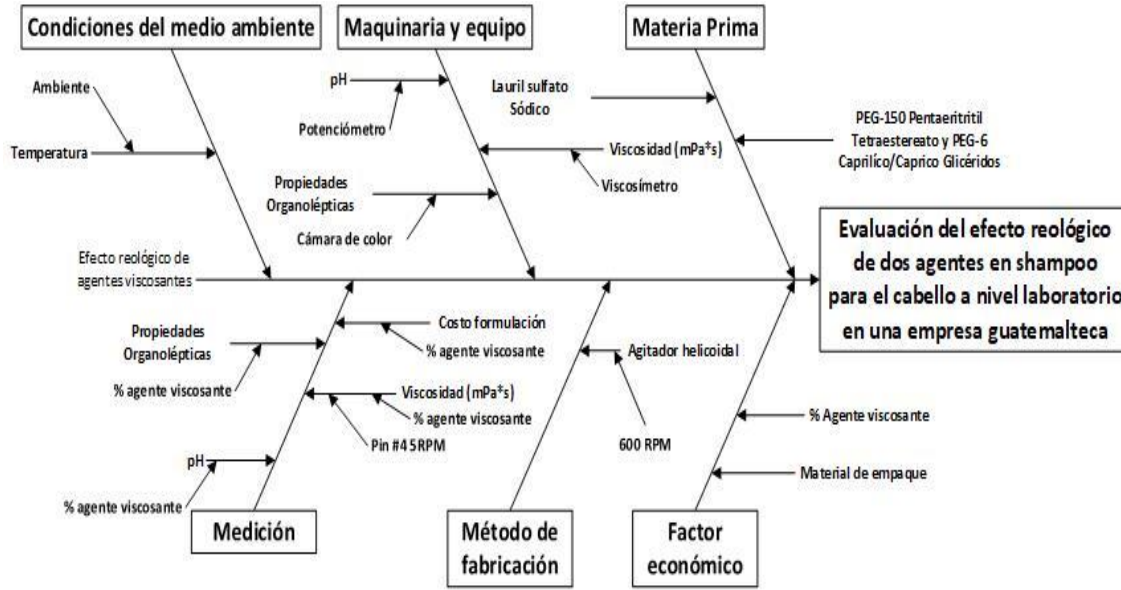
APÉNDICES

Apéndice 1. Requisitos académicos

Carrera	Área	Curso	Tema	Temario tentativo
Ingeniería Química	Química	Química 4	Soluciones, titulación	Evaluación del efecto reológico de dos agentes en shampoo para el cabello a nivel laboratorio en una empresa guatemalteca
		Análisis cuantitativo	Manejo estadístico de datos en el laboratorio, errores de medición	
		Química orgánica 1	Grupos funcionales, hidrocarburos y mecanismos de reacción, Alcanolamidas	
	Fisicoquímica	Fisicoquímica 2	Comportamiento de la viscosidad, tipos de viscosímetro, análisis de datos	
	Operaciones unitarias	Flujo de fluidos IQ-2	Propiedades reológicas de los fluidos, fluidos Newtonianos/no Newtonianos,	
	Ciencias básicas y complementarias	Estadística 2	Hipótesis, prueba de Fischer, Análisis de varianza de un factor.	
		Ingeniería de la producción	costo de formulación de shampoo para el cabello	
		Programación de computadoras	Uso de programas: Microsoft Word, Excel, Visio.	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.