



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Maestría en Artes en Gestión Industrial

**DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO DE ESTABILIDAD QUE ALTERA LA CALIDAD EN  
UNA CREMA REVELADORA DE COLOR FABRICADA EN UNA EMPRESA DE  
PRODUCTOS COSMÉTICOS**

**Inga. Perla Lucía Espinoza Ramírez**

Asesorado por el M.A. Ing. William Eduardo Fagiani Cruz

Guatemala, noviembre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO DE ESTABILIDAD QUE ALTERA  
LA CALIDAD EN UNA CREMA REVELADORA DE COLOR FABRICADA EN  
UNA EMPRESA DE PRODUCTOS COSMÉTICOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA ESCUELA DE ESTUDIOS DE  
POSTGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA POR

**INGA. PERLA LUCÍA ESPINOZA RAMÍREZ**

ASESORADO POR EL M.A. ING. WILLIAM EDUARDO FAGIANI CRUZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRA EN ARTES EN GESTIÓN INDUSTRIAL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE 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**

DECANA	Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval
EXAMINADORA	Dra. Aura Marina Rodríguez Pérez
SECRETARIO	Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

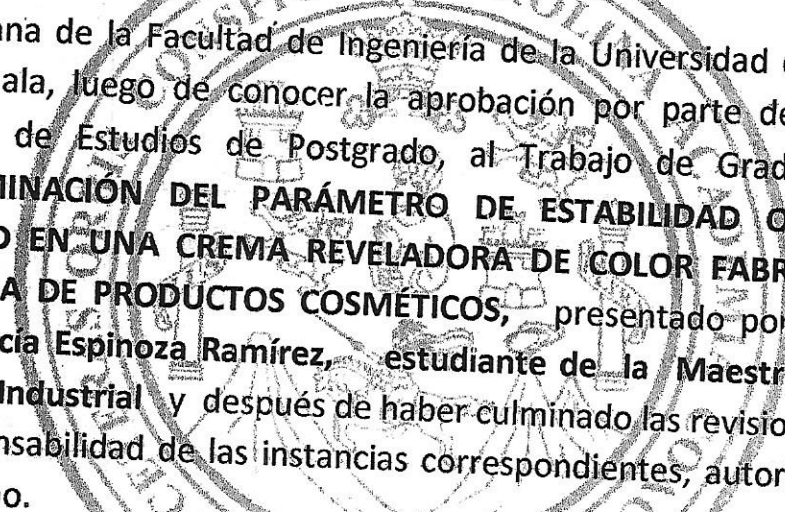
En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO DE ESTABILIDAD QUE ALTERA LA CALIDAD EN UNA CREMA REVELADORA DE COLOR FABRICADA EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS COSMÉTICOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 16 de julio de 2016.

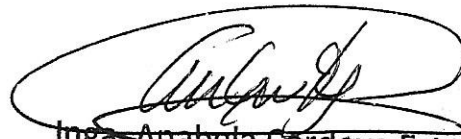
**Inga. Perla Lucía Espinoza Ramírez**

DTG. 580.2019



La Decana 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 Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO DE ESTABILIDAD QUE ALTERA LA CALIDAD EN UNA CREMA REVELADORA DE COLOR FABRICADA EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS COSMÉTICOS**, presentado por la Ingeniera Perla Lucía Espinoza Ramírez, estudiante de la Maestría en Artes en Gestión Industrial y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabeia Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, noviembre de 2019  
AACE/asga

**EPPFI-1096-2019**

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y verificar la aprobación del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística al Trabajo de Graduación titulado: **"DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO DE ESTABILIDAD QUE ALTERA LA CALIDAD EN UNA CREMA REVELADORA DE COLOR FABRICADA EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS COSMÉTICOS"** presentado por la Ingeniera Química Perla Lucía Espinoza Ramírez quien se identifica con Carné 200412445, correspondiente al programa de Maestría en Artes en Gestión Industrial; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Mtro. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti  
Director

Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, noviembre de 2019

Como Coordinador de la Maestría en Artes en Gestión Industrial doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO DE ESTABILIDAD QUE ALTERA LA CALIDAD EN UNA CREMA REVELADORA DE COLOR FABRICADA EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS COSMÉTICOS”** presentado por la Ingeniera Química Perla Lucía Espinoza Ramírez quien se identifica con Carné 200412445.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*



**Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval**  
Coordinador de Maestría  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**Guatemala, noviembre de 2019**

Guatemala, noviembre de 2019

Maestro  
Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
USAC – Facultad de Ingeniería  
Presente.-

Estimado Mtro. Álvarez:

En mi calidad como Asesora de la Ingeniero Química Perla Lucía Espinoza Ramírez quien se identifica con Carné 200412445 procedo a dar el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO DE ESTABILIDAD QUE ALTERA LA CALIDAD EN UNA CREMA REVELADORA DE COLOR FABRICADA EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS COSMÉTICOS”** quien se encuentra en el programa de Maestría en Artes en Gestión Industrial en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

  
**INGENIERO QUÍMICO  
WILLIAM EDUARDO FAGIANI CRUZ  
COL. 1734**  
**Mtro. Ing. William Eduardo Fagiani Cruz**  
**Asesor**

*“Id y Enseñad a Todos”*



## **ACTO QUE DEDICO A:**

**Dios**

Por estar a mi lado y permitirme este logro.

**Mi madre**

Por todo su apoyo incondicional durante todo mi proceso de crecimiento personal y profesional.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser una importante influencia en mi vida profesional.
<b>Facultad de Ingeniería y Escuela de Estudios de Postgrado</b>	Por brindar la oportunidad de una formación superior en el área industrial y procurar el éxito de todos los estudiantes.
<b>Mis compañeros de la Maestría</b>	En especial a Sadú Sosa, José Jaime Ruiz, Aníbal Duarte y Edbin Salguero, por su acompañamiento y apoyo en todo este proceso de aprendizaje.
<b>Mis docentes</b>	Por guiarnos, compartir su conocimiento y amistad.
<b>Mi asesor</b>	Por guiarme y compartir su sabiduría y amistad.
<b>Ervin Quiroa</b>	Por todo su amor, paciencia y apoyo.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XVII
OBJETIVOS.....	XXI
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO .....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Empresa productora de cosméticos .....	1
1.2. Parámetros de estabilidad.....	3
1.2.1. Estudio de estabilidad.....	4
1.2.2. Parámetros de evaluación de estabilidad .....	7
1.2.2.1. Potencial de hidrógeno (pH) .....	8
1.2.2.2. Densidad .....	8
1.2.2.3. Viscosidad .....	9
1.2.2.4. Concentración.....	10
1.3. Crema reveladora de color .....	11
1.3.1. Ingredientes .....	11
1.3.2. Proceso de mezcla .....	11
1.3.3. Concentración de peróxido de hidrógeno .....	12
1.3.4. Peróxido de hidrógeno.....	12
1.3.5. Usos y aplicaciones del peróxido de hidrógeno.....	13

1.3.5.1.	Aplicaciones del agua oxigenada en peluquería .....	16
1.3.5.2.	Precauciones al utilizar agua oxigenada en peluquería .....	17
1.3.5.3.	Conservación del peróxido de hidrógeno utilizado en peluquería .....	18
1.3.6.	Manejo y almacenamiento del peróxido de hidrógeno .....	19
1.3.7.	Propiedades del peróxido de hidrógeno .....	20
1.3.8.	Identificación de peligros del peróxido de hidrógeno .....	21
1.3.9.	Primeros auxilios ante la intoxicación con peróxido de hidrógeno.....	21
1.3.10.	Información toxicológica .....	22
1.3.11.	Estabilidad y reactividad del peróxido de hidrógeno .....	23
1.3.12.	Información ecológica .....	24
1.3.13.	Determinación del peróxido de hidrógeno por medio de volumetría RED-OX I, permanganimetría .....	24
1.3.13.1.	Fundamentos del análisis volumétrico .....	25
1.3.13.1.1.	Patrón primario.....	26
1.3.13.1.2.	Indicador .....	26
1.3.13.1.3.	Reducciones previas .....	27
1.3.13.1.4.	Reductores.....	28
1.3.13.1.5.	Oxidantes .....	28
1.3.13.2.	Métodos con permanganato.....	29
1.3.13.3.	Métodos con yodo .....	30

	1.3.13.3.1.	Métodos directos .....	30
	1.3.13.3.2.	Métodos indirectos .....	30
1.4.	Calidad .....		32
1.4.1.	Definición de calidad.....		32
1.4.2.	Enfoque de calidad .....		33
	1.4.2.1.	Basado en el cliente .....	34
	1.4.2.2.	Basado en el proceso .....	34
	1.4.2.3.	Basado en el producto.....	34
1.4.3.	Ciclo de la calidad.....		35
1.4.4.	Factores que influyen en la calidad .....		36
1.4.5.	Principales causas de baja calidad.....		37
1.4.6.	Control de calidad.....		37
1.4.7.	Control estadístico de procesos.....		38
	1.4.7.1.	Gráficas de control.....	41
	1.4.7.2.	Diagramas de dispersión .....	43
	1.4.7.3.	Diagrama causa-efecto (Ishikawa) .....	44
	1.4.7.4.	Matriz de priorización.....	45
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....		47
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....		53
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....		87
	CONCLUSIONES .....		105
	RECOMENDACIONES.....		107
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		109
	APÉNDICES .....		115



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ciclo de Deming.....	36
2.	Procesos que denotan situaciones anormales en el comportamiento de las muestras .....	42
3.	Diagrama de dispersión .....	43
4.	Diagrama de Ishikawa.....	45
5.	Estabilidad de densidad para muestra de control .....	59
6.	Estabilidad de densidad para preparación a 20 volúmenes a 35 °C ....	60
7.	Estabilidad de densidad para preparación a 20 volúmenes a 50 °C ....	61
8.	Estabilidad de densidad para preparación a 30 volúmenes a 35 °C ....	62
9.	Estabilidad de densidad para preparación a 30 volúmenes a 50 °C ....	63
10.	Estabilidad de densidad para preparación a 30 volúmenes a 65 °C ....	64
11.	Estabilidad de viscosidad para muestra de control .....	65
12.	Estabilidad de viscosidad para preparación a 20 volúmenes a 35 °C ..	66
13.	Estabilidad de viscosidad para preparación a 20 volúmenes a 50 °C ..	67
14.	Estabilidad de viscosidad para preparación a 30 volúmenes a 35 °C ..	67
15.	Estabilidad de viscosidad para preparación a 30 volúmenes a 50 °C ..	68
16.	Estabilidad de viscosidad para preparación a 30 volúmenes a 65 °C ..	69
17.	Estabilidad de pH para la muestra de control.....	70
18.	Estabilidad de pH para la preparación a 20 volúmenes a 35 °C .....	71
19.	Estabilidad del pH para la preparación a 20 volúmenes a 50 °C.....	72
20.	Estabilidad del pH para la preparación a 30 volúmenes a 35 °C.....	73
21.	Estabilidad del pH para la preparación a 30 volúmenes a 50° C.....	73
22.	Estabilidad del pH para la preparación a 30 volúmenes a 65 °C.....	74

23.	Estabilidad de peróxido para preparación a 20 volúmenes a 35 °C.....	75
24.	Estabilidad de peróxido para preparación a 20 volúmenes a 50 °C.....	75
25.	Estabilidad de peróxido para preparación a 30 volúmenes a 35 °C.....	76
26.	Estabilidad de peróxido para preparación a 30 volúmenes a 50 °C.....	77
27.	Estabilidad de peróxido para preparación a 30 volúmenes a 65 °C.....	77
28.	Frecuencia de compra del peróxido.....	78
29.	Volumen adquirido usualmente .....	79
30.	Aspectos de calidad en la crema reveladora de color.....	80
31.	¿Qué haría en caso de observar derrame? .....	81
32.	¿Qué haría en caso de observar deformación en el envase? .....	82
33.	Aspectos que hacen dudar de la calidad de la crema.....	83
34.	Calificación de la marca evaluada .....	84
35.	¿Suele combinar el peróxido en crema con el tinte de la misma marca?.....	85

## TABLAS

I.	Variables e indicadores.....	XXIV
II.	Tiempo de vida útil estimado .....	6
III.	Parámetros para la aprobación del peróxido en crema .....	8
IV.	Conceptos de calidad .....	33
V.	Matriz de priorización.....	46
VI.	Diseño experimental estudio de estabilidad.....	49



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
$\bar{x}$	Promedio de los datos
$x_i$	Cada uno de los datos
$\Delta x_i$	i-ésima incertidumbre de la enésima variable
$\sigma$	Desviación estándar
<b>cal</b>	Calorías
<b>cps</b>	Centipoise
<b><i>f</i></b>	Función
<b>g</b>	Gramos
<b>H<sup>+</sup></b>	Ion de hidrógeno
<b><i>i</i>es</b>	La i-ésima
<b>kg</b>	Kilogramos
<b>mL</b>	Mililitro
<b>mm Hg</b>	Milímetros de mercurio
<b><i>N</i></b>	Número total de datos
<b>N</b>	Normal
<b>°C</b>	Grado centígrado
<b>OH<sup>-</sup></b>	Ion Hidroxilo
<b>pH</b>	Potencial de hidrógeno
<b>DL50</b>	Dosis letal para el 50 % de un conjunto de animales de prueba
<b>LC50</b>	Concentración letal para el 50 % de un conjunto de animales de prueba



## GLOSARIO

<b>ACGIH</b>	<i>Association Advancing Occupational and Environmental Health</i> (Asociación Avanzando Salud Ocupacional y Ambiental).
<b>Álcalis</b>	Hidróxido de amonio o de los metales alcalinos, que pueden actuar como bases enérgicas, debido a que son muy solubles en agua: álcalis cáusticos.
<b>Análisis volumétrico</b>	Aquellos donde la cuantificación del analítico se realiza a partir de la determinación cuidadosa del volumen de las especies que reaccionan.
<b>Anfolito</b>	Dícese de un cuerpo que puede comportarse como un ácido o como una base.
<b>Calidad</b>	Grado de cumplimiento con los requisitos del cliente.
<b>Causa asignable</b>	Son las variaciones inusuales, previamente no observadas, no cuantificables.
<b>Causa común</b>	Es la variación usual, histórica, cuantificable en un sistema.

<b>Concentración</b>	Es la proporción o relación que hay entre la cantidad de soluto y la cantidad de disolvente, donde el soluto es la sustancia que se disuelve, el disolvente es la sustancia que disuelve al soluto, y la disolución es el resultado de la mezcla homogénea de las dos anteriores.
<b>Control de calidad</b>	Es comparar los resultados obtenidos con los esperados.
<b>Correlación</b>	Correspondencia o relación recíproca entre dos o más o fenómenos.
<b>Crema reveladora de color</b>	Crema capilar cuyo ingrediente activo es el peróxido de hidrógeno y se utiliza como complemento del tinte para el cabello, con el fin de aclarar las fibras capilares y permitir una mejor penetración del color.
<b>Densidad</b>	Relación entre la masa y el volumen de una sustancia, o entre la masa de una sustancia y la masa de un volumen igual de otra sustancia tomada como patrón.
<b>Diagrama causa - efecto</b>	Representación gráfica de la relación entre un efecto y todas sus causas o factores que originan dicho efecto.
<b>Diagramas de dispersión</b>	También conocidos como gráficos de correlación, estos diagramas permiten estudiar la intensidad de la relación entre dos variables.

<b>DNA</b>	<i>Deoxyribonucleic acid</i> (ácido desoxirribonucleico)
<b>DQO</b>	Demanda química de oxígeno.
<b>Estabilidad</b>	Propiedad de un cuerpo de mantenerse en equilibrio estable o de volver a dicho estado tras sufrir una perturbación.
<b>Estequiometría</b>	Es el cálculo de las relaciones cuantitativas entre los reactivos y productos en el transcurso de una reacción química.
<b>Gráficas de control</b>	Herramienta estadística utilizada para controlar y mejorar un proceso, mediante el análisis de su variación a través del tiempo.
<b>Higroscópico</b>	Sustancia capaz de absorber humedad del medio.
<b>IARC</b>	<i>International Agency for Research on Cancer</i> (Agencia Internacional para la investigación de Cáncer).
<b>ISO</b>	<i>International Standardization Organization</i> (Organización Internacional de Estandarización).
<b>Indicador</b>	Es un ácido o base débil que cambia de color, debido a una reacción química.
<b>LCL</b>	<i>Lower Control Limit.</i> (Límite bajo de control).

<b>MSST</b>	<i>Maximum Safe Storage Temperature</i> (Temperatura Máxima de Almacenamiento Seguro) Sobre esta temperatura la sustancia puede reaccionar violentamente.
<b>NIOSH</b>	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i> (Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional).
<b>NTP</b>	<i>National Toxicology Program</i> (Programa Nacional de Toxicología).
<b>OSHA</b>	<i>Occupational Safety and Health Administration</i> (Administración Ocupacional de Salud y Seguridad).
<b>Oxidante</b>	Es un c <i>Maximum Safe Storage Temperature</i> (Temperatura Máxima de Almacenamiento Seguro) compuesto químico que oxida a otra sustancia en reacciones electroquímicas o de reducción-oxidación. En estas reacciones, el compuesto oxidante se reduce y gana electrones.
<b>Parámetro</b>	Elemento o dato importante desde el que se examina un tema, cuestión o asunto.
<b>Patrón primario</b>	Es usualmente un sólido que tiene composición conocida y elevada pureza.

<b>Peso equivalente</b>	Es la masa de una sustancia dada que sustituye o reacciona con un mol de electrones en una reacción redox.
<b>pH</b>	Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa.
<b>Reacción de dismutación</b>	Reacción de reducción-oxidación donde un elemento es al mismo tiempo oxidado y reducido cuando la suma de potenciales de los correspondientes pares redox es mayor de 0.
<b>Reacción redox</b>	Se denomina reacción de reducción-oxidación, de óxido-reducción o, simplemente, reacción redox, a toda reacción química donde uno o más electrones se transfieren entre los reactivos, provocando un cambio en sus estados de oxidación.
<b>Reductor</b>	Es aquel que cede electrones a un agente oxidante.
<b>SADT</b>	<i>Self Accelerating Decomposition Temperature</i> (Temperatura de Descomposición Autoacelerada). Temperatura a la cual un peróxido inicia una reacción en cadena que es imposible detener.
<b>Titulación</b>	Es un método de análisis químico cuantitativo en el laboratorio que se utiliza para determinar la concentración desconocida de un reactivo conocido.

**Valoración**

Titulación.

**Viscosidad**

Es una medida de su resistencia a las deformaciones graduales producidas por tensiones cortantes o tensiones de tracción. La viscosidad se corresponde con el concepto informal de espesor.



## RESUMEN

El objetivo principal del presente trabajo es la determinación del parámetro de estabilidad que altera la calidad en una crema reveladora de color, a raíz de observar que los envases de crema reveladora de color se están deformando y el producto se está derramando, lo cual provoca insatisfacción en el cliente y pérdidas económicas para la empresa. Para ello fue necesario establecer las variables del proceso que ponen en riesgo la estabilidad del peróxido de hidrógeno en la crema reveladora de color, analizar la causa principal de la pérdida de calidad de la crema, y eso permitió proponer medidas para aumentar la estabilidad del producto y la competitividad del mismo en el mercado. El alcance de la investigación se limita a la crema reveladora de color fabricada en la empresa productora de cosméticos que reporta el problema.

La metodología empleada comprende la observación y la experimentación a nivel de laboratorio, tiene un enfoque mixto por ser cuantitativo y cualitativo. Se realizó la observación del proceso de fabricación de la crema reveladora de color, y se realizó la experimentación a nivel laboratorio para determinar la influencia de la temperatura de dilución del peróxido de hidrógeno en la estabilidad del mismo, para la concentración de 20 y 30 volúmenes diluidas a temperaturas de 35, 50 y 65 °C. Para evaluar la competitividad del producto en el mercado se realizaron encuestas a 20 clientes, salones profesionales, sobre la calidad actual del producto.

A partir de la observación, se estableció que las variables del proceso que ponen en riesgo la estabilidad del peróxido de hidrógeno en la crema son la temperatura de dilución, la cual es de 65 °C y la temperatura de almacenaje si esta llegara a superar los 35 °C. A partir de la experimentación se encontró que

la causa principal de la pérdida de calidad de la crema es la disminución de la concentración del peróxido y de la densidad de la crema con el transcurrir del tiempo.

A raíz de esto, se propone modificar la temperatura de dilución a 35 °C o menos para mejorar la estabilidad del producto y la calidad percibida por el cliente. De esta manera, el fenómeno dejará de ocurrir y el cliente ya no realizará devoluciones del producto por derrames o deformaciones del envase.

Como recomendación, se determina que cualquier usuario de peróxido de hidrógeno en su estado de materia prima debe controlar la temperatura a la cual se expone para prever que no esté catalizada su reacción desde antes de su utilización, cuidando que el almacenaje y proceso se realice a una temperatura menor de 35 °C. También se propone adquirir termómetros certificados y calibrarlos periódicamente para llevar un control adecuado de la temperatura de dilución y de la temperatura.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El envase de la crema reveladora de color se está deformando y el producto se derrama, lo cual disminuye su calidad, por lo que se recibieron devoluciones del 70 % del producto vendido en el mes y las ventas disminuyeron un 50 %. Esto ocasiona una pérdida de más de Q30,000.00 por concepto de ventas de ese producto.

### **Descripción del problema**

La pequeña empresa nacional donde se centra la presente investigación, se dedica a la producción y distribución de productos para el cuidado del cabello para uso profesional, está ubicada en la calzada Roosevelt. Su producto máster es el tinte para el cabello, el cual se comercializa con la crema reveladora de color en distintas concentraciones: 10, 20, 30 y 40 volúmenes, según sea su utilidad.

En el mes de octubre del año 2015, se presentó un problema de calidad en la crema reveladora de color, dos lotes de producción presentaron un 60 % envases deformados y con producto derramado estando aún almacenados en la bodega, y se empezaron a recibir devoluciones del 70 % del producto vendido en el mes por los mismos motivos así como por baja viscosidad en el producto. Esto representa una pérdida de alrededor del 50 % de ventas incluyendo ventas del tinte, por ser un producto comercializado como su complemento, lo cual representa más de Q30,000.00 que dejaron de percibirse.

La fórmula del producto es de origen alemán y no se ha modificado desde que se inició la producción de este producto, pero se observó que históricamente se ha presentado una tendencia de alrededor de un 20 % en pérdidas, por derrame de producto. Esto equivale a más de Q5,000,00 perdidos mensualmente.

El envase hinchado, el derrame del producto y la disminución de viscosidad son consecuencias de la liberación de oxígeno, a través de la reacción del peróxido de hidrógeno. El peróxido de hidrógeno utilizado para elaborar el producto tiene una alta reactividad y es necesario tener un cuidado especial durante el proceso de fabricación para evitar la descomposición del mismo, por la presencia de iones metálicos, materia orgánica, altas temperaturas y condiciones de pH que puedan desencadenar la reacción.

No hay ingredientes que interfieran desencadenando la reacción como hidróxidos, materia orgánica o iones metálicos, por lo que debe evaluarse si la temperatura a la que se diluye el peróxido de sodio es un factor dentro del proceso de mezcla que esté influyendo en la inestabilidad del producto. El Consejo Colombiano de Seguridad (2005) sugiere que el peróxido debe manipularse a temperaturas menores de 40 °C, lo cual no se realiza en el procedimiento original pues éste indica 80 °C, por lo que se modificará el procedimiento y se evaluará si un cambio en la temperatura de dilución del peróxido disminuye la incidencia de la descomposición del peróxido de hidrógeno posterior a terminada la fabricación.

La pérdida de calidad del producto ocasionada por la reacción del peróxido de hidrógeno afectó la percepción del cliente hacia el producto y hacia la marca, por lo que el producto fue rechazado y las ventas disminuyeron. Esto incluso ha llegado a afectar la aceptación por parte del cliente de productos relacionados,

como lo es el tinte que se comercializa con la crema reveladora en cuestión, ya que deja de venderse como consecuencia de la falta de calidad del peróxido de hidrógeno con el que debe combinarse.

### **Delimitación**

La investigación se limitó al peróxido de hidrógeno en crema en concentraciones de 20 y 30 volúmenes, en su presentación en litro. Enfocándose principalmente en el proceso de fabricación de la crema.

La experimentación se realizó a en el laboratorio fisicoquímico dentro de las instalaciones de la empresa fabricante del producto en cuestión.

El período de ejecución de la misma fue de enero hasta septiembre del año 2017.

### **Formulación de preguntas**

Con el fin de orientar el proceso de resolución del problema, se establecieron las siguientes preguntas de investigación:

#### **Pregunta central**

- ¿Qué parámetro de estabilidad altera la calidad en una crema reveladora de color?

#### **Preguntas auxiliares**

- ¿Cuáles son las variables del proceso que ponen en riesgo la estabilidad del peróxido de hidrógeno en la crema reveladora de color?
- ¿Cuál es la causa principal de la pérdida de calidad de la crema reveladora de color?

- ¿Qué medidas se pueden realizar para aumentar la estabilidad del producto y la competitividad del mismo en el mercado?

### **Viabilidad de la investigación**

La empresa productora y distribuidora de productos para el cuidado del cabello autorizó a realizar la presente investigación, y otorgó acceso a las instalaciones, recursos y documentación necesaria para realizar el estudio.

El financiamiento de los gastos en que se incurrió durante la investigación fue aportado por el investigador.

## **OBJETIVOS**

### **General:**

Determinar el parámetro de estabilidad que altera la calidad en una crema reveladora de color fabricada en una empresa de productos cosméticos.

### **Específicos:**

1. Establecer las variables del proceso que ponen en riesgo la estabilidad del peróxido de hidrógeno en la crema reveladora de color.
2. Analizar la causa principal de la pérdida de calidad de la crema reveladora de color.
3. Proponer medidas a realizar para aumentar la estabilidad del producto y la competitividad del mismo en el mercado.





## RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

El estudio tiene un enfoque cuantitativo, porque se utilizó la medición de variables para el control de proceso y de los parámetros de estabilidad del producto. También tiene un enfoque cualitativo, porque utilizó la revisión documental y se consideró información visual recolectada durante la observación del proceso de producción y almacenaje del producto.

El diseño metodológico es experimental, porque se realizaron pruebas a nivel laboratorio. Tiene un alcance descriptivo, porque se realizaron observaciones en el proceso, así como se realizaron encuestas a nivel de usuarios profesionales en el cuidado del cabello. El estudio es descriptivo y transversal.

La tabla I describe la relación entre las variables y los objetivos, así como el plan de tabulación considerado.

Tabla I. Variables e indicadores

OBJETIVO	VARIABLES	INDICADOR	TIPO DE CONTROL	OBSERVACIÓN	PLAN DE TABULACIÓN
<p>General:</p> <p>Determinar el parámetro de estabilidad que altera la calidad en la crema reveladora de color fabricada en una empresa de productos cosméticos.</p>	<p><u>Independientes</u></p> <p>cuantitativas continuas:</p> <p>Temperatura</p> <p>Concentración</p> <p><u>Dependientes</u></p> <p><u>cuantitativas continuas:</u></p> <p>Tiempo</p> <p>Viscosidad</p> <p>Densidad</p> <p><u>Dependiente cualitativa nominal:</u></p> <p>Calidad</p>	<p>A partir del volumen gastado de solución de tiosulfato de sodio en la titulación:</p> $V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times C \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \text{pm (Cm)}/\text{pm}$ <p>Valor de concentración entre 6 - 6.2% para la presentación de 20 volúmenes y entre 9-9,2% para la presentación de 30 volúmenes</p> <p>Valor de viscosidad entre 3,000 y 5,000 cps</p> <p>Densidad:</p> $\rho = \frac{(m_b - m_v)}{V}$ <p>Valor de densidad entre 1.02 – 1.06 g/mL</p> <p>Apariencia esperada del producto.</p>	<p>Estadística de datos recopilados de las distintas muestras evaluadas en comparación con parámetros de calidad establecidos.</p>	<p>El análisis se realiza por medio de yodometría indirecta, en medio ácido. La viscosidad es por medio del método de Brookfield, realizando medición directa con un viscosímetro. La densidad se obtiene por la medida y peso de un picnómetro aforado especial para sólidos. La calidad es el grado del cumplimiento de los parámetros con los rangos establecidos. El pH se obtiene por medición directa con un potenciómetro.</p>	<p>Muestra</p> <p>Concentración</p> <p>pH</p> <p>densidad</p> <p>viscosidad</p>
<p>Específicos:</p> <p>Establecer las variables del proceso que ponen en riesgo la estabilidad del Peróxido de hidrógeno en la crema reveladora de color.</p> <p>Analizar la causa principal de la pérdida de calidad de la crema reveladora de color.</p> <p>Proponer medidas a realizar para aumentar la estabilidad del producto y la competitividad del mismo en el mercado.</p>	<p><u>Cuantitativas continuas:</u></p> <p>Temperatura</p> <p>Concentración</p> <p>pH</p> <p><u>Cualitativa nominal:</u></p> <p>Calidad.</p> <p><u>Cualitativa nominal:</u></p> <p>Calidad.</p> <p><u>Cuantitativa continua:</u></p> <p>Temperatura</p> <p>pH</p> <p>densidad</p> <p>viscosidad</p> <p><u>Cualitativa nominal:</u></p> <p>Calidad.</p>	<p>Protocolo de fabricación.</p> <p>Resultados de análisis.</p> <p>Temperatura de almacenaje.</p> <p>Valor de temperatura de almacenamiento de 5, 25 y 50 ° C</p> <p>Temperatura de dilución de 65, 50 y 35 ° C</p> <p>Valor de pH entre 3.3 - 3.8</p> <p>Propiedades esperadas en una crema reveladora de color.</p> <p>Sugerencias para ajustar la calidad del producto a la expectativa del cliente.</p>	<p>Formato de observación del proceso.</p> <p>Estadística de datos recopilados de las distintas muestras evaluadas en comparación con parámetros de calidad establecidos.</p> <p>Tabulación de datos obtenidos a través de la encuesta.</p> <p>Análisis de los resultados obtenidos en la fase experimental y la encuesta realizada.</p>	<p>Se observan las condiciones generales de elaboración del producto desde las materias primas hasta su almacenaje en la bodega.</p> <p>De cada temperatura de dilución a evaluar se colocaron 3 muestras distintas a 3 temperaturas ambiente para cada una de las 2 concentraciones evaluadas.</p> <p>Se realizó una encuesta cerrada para obtener la opinión de una muestra no probabilística de usuarios profesionales en el cuidado del cabello sobre el producto.</p> <p>La propuesta se crea a partir de las observaciones y resultados obtenidos en las fases anteriores.</p>	<p>Diagnóstico del proceso en presentación de resultados.</p> <p>Gráficas de control: parámetro vs tiempo en días transcurridos.</p> <p>Gráficas de resultados de encuesta:</p> <p>Aspectos relevantes de la calidad de la crema reveladora de color para el cliente.</p> <p>Discusión de resultados.</p>

Fuente: elaboración propia.

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación es una sistematización, la cual se centra en una empresa dedicada a la fabricación de cosméticos capilares, para el cuidado del cabello, dentro de los cuales se encuentra la crema reveladora de color como uno de sus productos principales. La crema reveladora de color se utiliza en combinación con los tintes para el cabello, suele comercializarse por compatibilidad con los tintes de la misma marca. Su ingrediente activo es el peróxido de hidrógeno, el cual puede llegar a reaccionar en determinadas condiciones, descomponiéndose en oxígeno y agua.

En la crema reveladora de color fabricada en la empresa en cuestión, se observó que los envases se deformaron y el producto se derramó, disminuyendo su calidad. Esto ocasionó que los clientes devolvieran el 70 % del producto, así como que el producto dejara de venderse en un 50 %, ocasionando una pérdida de Q30,000 a la empresa. Para evitar más pérdidas, se hizo necesario determinar el parámetro de estabilidad que provoca la pérdida de calidad del producto.

Por medio de observación de las etapas de fabricación, envasado y almacenaje del producto, se establecieron las variables del proceso que ponen en riesgo la estabilidad del peróxido de hidrógeno en la crema reveladora de color. Debido a que el peróxido de hidrógeno es vulnerable a reaccionar al estar expuesto a altas temperaturas, se considera que la temperatura es la variable principal a ser evaluada.

A nivel laboratorio, se analizó la influencia de la temperatura a la que se realiza la dilución del peróxido dentro de la crema reveladora durante su

fabricación sobre la formación de oxígeno posterior a la fabricación, lo cual incluye un estudio de estabilidad acelerada. Esto formó parte del análisis de la causa principal de la pérdida de calidad de la crema reveladora de color, a través del tiempo.

Para llevar a cabo la investigación, se realizó una revisión documental al respecto de la crema reveladora de color, el peróxido de hidrógeno, el concepto de calidad y el control estadístico de procesos. Se realizaron observaciones de campo y encuestas a clientes consumidores del producto para conocer su percepción sobre la calidad del mismo.

A partir de todo esto, se proponen medidas a realizar para aumentar la estabilidad del producto y la competitividad del mismo en el mercado. Se recomienda un cambio en el proceso de fabricación para corregir el problema del desencadenamiento de la reacción del peróxido de hidrógeno. Se espera que así el producto vuelva a ser bien visto por los clientes y las ventas, tanto del producto en cuestión como del producto relacionado, aumenten a raíz que aumenta su competitividad en el mercado.

Con la mejora en la calidad de la crema reveladora de color y su adaptación a los requerimientos de calidad indicados por los clientes, se beneficia a la empresa, ya que el producto será percibido como uno de los mejores del mercado y será competitivo. Esto también beneficia a los usuarios, ya que obtendrían el prestigio de utilizar productos de alta calidad en sus clientes, elevando así la percepción de los clientes sobre el nivel de prestigio de los salones profesionales que lo utilicen.

El presente documento consta de cuatro capítulos principales:

El primer capítulo reúne la teoría relevante para la investigación, incluyendo información sobre la empresa productora de cosméticos, parámetros de estabilidad, la crema reveladora de color y el peróxido de hidrógeno como su ingrediente activo, calidad y control estadístico.

El segundo capítulo consiste en el desarrollo de la investigación, la presentación de resultados y la propuesta. En esta parte se presenta el diagnóstico de la calidad de la crema reveladora de color, a partir de las observaciones de campo, los resultados de análisis de parámetros de estabilidad a partir de experimentación y la perspectiva del cliente con respecto a la calidad del producto, a partir de encuestas.

El cuarto capítulo presenta la discusión de resultados, generando una propuesta para mejorar la calidad y competitividad en la crema reveladora de color, con base en el análisis de los resultados obtenidos.



# **1. MARCO TEÓRICO**

## **1.1. Empresa productora de cosméticos**

Ubicada en el km 14.5 calzada Roosevelt, la empresa de productos cosméticos en la cual se realiza el estudio es una pequeña empresa nacional conformada por 21 empleados, comprendidos en los departamentos de Gerencia, Bodega, Administración, Ventas y Área Técnica. Es una empresa atípica dedicada a la fabricación y comercialización de productos cosméticos para uso profesional, aun así no cuentan con una planta de producción y dependen de una maquila. La maquila cuenta con un 40 % de participación en la empresa.

La empresa surgió con la consigna de establecerse en el área de salones y academias de belleza, busca brindar productos de alta calidad, con precios justos y un servicio personalizado. Fue fundada hace 19 años, por el actual gerente general, después de haber tenido la experiencia de laborar durante 22 años en una empresa alemana, dedicada a la fabricación y venta de productos capilares, la cual ya está desaparecida.

Inició dedicándose a la fabricación y venta de productos capilares y ha tenido un crecimiento continuo, llegando también a ser distribuidores de accesorios, mobiliario y equipo para salones. Recientemente ha incursionado en productos para manicura y pedicura, conformándose como una empresa que le da al cliente objetivo, prácticamente todo lo que necesita para establecer un salón de belleza.

La empresa cuenta con un portafolio de más de 1,500 diferentes productos, así como más de 56 variedades de tintes para el cabello. Sus ventas se realizan en Guatemala, El Salvador, Nicaragua y Costa Rica. El 95 % de la producción se destina al área profesional y el 5 % a venta al detalle en supermercados.

La alta gerencia visualiza la competitividad de su empresa como estar a la vanguardia manteniendo actualizadas las formulaciones y servicios que presta. La mayoría de los empleados están comprendidos en el área de ventas como enfoque principal y cuentan con el área técnica que son profesionales que visitan clientes y academias, demostrando el buen uso del producto.

Una de sus ventajas competitivas es su personal, pues se ha ido formando en la empresa y tiene muy baja rotación, por lo que el conocimiento de los productos y procesos es amplio. Dentro de los aspectos que en algún momento llegan a afectar la competitividad de la empresa están:

- Dificultad para conseguir envases innovadores con proveedores locales.
- Dependen de la importación de materiales y en algunos casos los niveles de consumo son bajos y los mínimos de venta del proveedor son altos, por lo que hay casos en que se deben comprar materias primas para un año o año y medio.
- Dependen de la maquila para el desarrollo y producción de sus productos, por lo que son lentos en reaccionar cuando se están haciendo nuevos proyectos, ya que dependen de la disponibilidad de tiempo y recursos de la otra empresa. Además no pueden influenciar directamente en el proceso de producción del producto ni cuentan con control de calidad instalado en la



maquila para monitorear la aprobación de los materiales y el proceso; todos esos servicios son prestados por la maquila bajo estándares de la empresa.

Estos aspectos principalmente traen como consecuencia la pérdida de oportunidades por falta de producto. El cliente compra con la competencia, las ventas disminuyen y la imagen de la empresa se ve afectada, debido al incumplimiento con el cliente. Para evitar este tipo de casos llevan un especial cuidado con su inventario de productos importados considerando el tiempo de llegada de los pedidos entre 2 y 2 meses y medio, llegando a tener muy baja incidencia de problemas en este aspecto.

## **1.2. Parámetros de estabilidad**

La agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (2005) menciona que, los aspectos considerados en la estabilidad comprenden las propiedades físicas, químicas, microbiológicas y además se debe de considerar que los atributos de funcionalidad y seguridad se mantengan sin alteraciones significativas.

A partir de esto, se puede decir que un producto cosmético estable mantiene sus características fisicoquímicas, microbiológicas u organolépticas y su funcionalidad durante determinado período de tiempo, el cual al finalizar determina el vencimiento de dicho producto. Para determinar el tiempo de vida, o la vigencia de las características de un producto, es necesario realizar estudios de estabilidad, los cuales pueden ser a corto o largo plazo, a continuación se detalla al respecto.

### **1.2.1. Estudio de estabilidad**

Debido a que usualmente un producto debe salir rápidamente al mercado, muchas veces no hay oportunidad de realizar un estudio completo sobre su estabilidad, por lo tanto la vigencia suele estimarse de manera empírica.

El tiempo de vida de un producto es el período en el cual éste mantiene sus características físicas, funcionales y de seguridad. Los estudios de estabilidad son una herramienta que permiten determinar desde el momento de la formulación del producto si este conservará sus características durante el período que se desea establecer para el producto.

Melo Zambrano & Moncada Rodríguez (2016), indican que existen dos tipos de estabilidad: física y microbiológica, y cada una puede ensayarse de manera natural, acelerada o preliminar.

Los estudios de estabilidad de corto plazo tienen por finalidad predecir la vida útil del producto, cuando éste se mantiene bajo condiciones ambientales corrientes de almacenamiento y uso. Los estudios de corto plazo se pueden a su vez denominar acelerados, cuando las condiciones aplicadas al ensayo permiten acelerar el grado de descomposición química de un componente crítico del producto, el cual se emplea como rastreador de la estabilidad del sistema.

El grado de deterioro observado puede ser interpretado con base en conceptos cinéticos y a partir de él, se puede estimar en una forma bastante confiable la vida útil del producto.

La Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (2005), recomienda para los ensayos de estabilidad acelerada lo siguiente:

Acomodar las muestras en frascos de vidrio neutro, transparente, con tapa. Evitar la incorporación del aire en el producto durante el envasado en el recipiente de prueba. Es importante no completar el volumen del recipiente y dejar proximadamente un tercio de la capacidad del frasco para posibles intercambios gaseosos. Se puede realizar un ensayo paralelo con el material de acondicionamiento final para así verificar la compatibilidad entre la fórmula y el empaque. Generalmente el ensayo tiene una duración de 90 días. Las muestras pueden ser sometidas a calentamiento en estufas, enfriamiento en refrigeradores y exposición al la luz y el ambiente.

Ponce D'León (2002), señala que: para un estudio acelerado de estabilidad se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

1. Realizar sobre muestras tomadas de por lo menos tres lotes de tamaño piloto industrial, los cuales son manufacturados con un procedimiento estandarizado.
2. Las muestras deben estar presentadas en el mismo tipo de envase primario en que se piensa comercializar el producto.
3. Cuando se trata de una evaluación química, se recomiendan como mínimo tres unidades experimentales, por muestra a manejar, analizadas en forma independiente.
4. Cuando en los ensayos de evaluación química se utiliza el calor como factor de aceleración, se deben efectuar experimentos por lo menos a dos temperaturas diferentes, cuyo intervalo debe ser mayor o igual a 7 °C. El rango de temperaturas más empleado es 37 °- 45 °C.
6. Para el estudio se recomienda duración de por lo menos tres meses, haciendo evaluaciones al inicio (tiempo cero), al primer, segundo y tercer mes.
7. Con los datos obtenidos de la concentración remanente del componente de interés, se efectúa una gráfica de “concentración remanente” versus “tiempo” y se calcula la recta de regresión con su límite de confianza inferior del 95 %.

8. Comparar el dato así obtenido con los datos del a continuación y verificar la vida útil estimada, según la tabla II.

Tabla II. **Tiempo de vida útil estimado**

<b>Tipo de ensayo</b>	<b>Degradación en 3 meses de ensayo (%)</b>	
	<b>Ensayo a 37 °C</b>	<b>Ensayo a 45 °C</b>
Ensayo A para 12 meses	3.76 – 6.51 %	5.60 – 17.04 %
Ensayo B para 18 meses	2.52 – 4.39 %	3.77 – 11.71 %
Ensayo C para 24 meses	1.90 – 3.31 %	2.84 – 8.92 %

Fuente: Ponce D'León (2002). *Estudios de estabilidad productos cosméticos*.

Ponce D'León (2002), indica que si el porcentaje degradado en tres meses concuerda con lo indicado en el Ensayo A, B o C de la tabla II (en la temperatura correspondiente al ensayo), se le puede asignar una vida útil igual a lo anotado en dicha tabla (12, 18 o 24 meses, respectivamente) con una probabilidad de acierto del 95 %. Sin embargo, si el valor está por debajo del intervalo anotado, se le puede asignar la vida útil indicada con una altísima probabilidad de acierto (superior al 95 %). Si el valor sobrepasa el intervalo indicado, no se le puede asignar la vida útil planteada, por lo que será necesario efectuar un nuevo ensayo que estipule una menor vida útil.

Con respecto a los ensayos de estabilidad de largo plazo, Ponce D'León (2002), indica que:

Los resultados permiten confirmar o modificar los estimados efectuados con los ensayos de corto plazo. Por considerarse de confirmación o de definición, estos ensayos deben desarrollarse por tiempo igual a la vida útil que se desea otorgar al producto y se recomienda el siguiente programa general de muestreo: inicio, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 y 60 meses. El último muestreo debe corresponder siempre al límite de vida útil propuesto para el producto. (p. 28)

Ponce D'León (2002), recomienda realizar estudios de estabilidad fisicoquímica en oxidantes fluidos y en crema, a base de agua oxigenada.

Con base en lo anterior, se fundamenta la necesidad de evaluar la estabilidad fisicoquímica del agua oxigenada, ya sea a corto o largo plazo, y al hacerlo es importante que se sigan las instrucciones y criterios descritos por los autores para que la prueba tenga validez.

### **1.2.2. Parámetros de evaluación de estabilidad**

Los parámetros de evaluación en la estabilidad de un producto dependen de las características del mismo y de los ingredientes utilizados en la formulación. De acuerdo con QuimiNet (2007), para determinar la estabilidad de productos cosméticos usualmente se evalúan los siguientes parámetros:

- Organolépticos: aspecto, color, olor y sabor, cuando sea aplicable.
- Fisicoquímicos: valor de pH, viscosidad, densidad, y en algunos casos, el monitoreo de ingredientes de la formulación.
- Microbiológicos: conteo microbiano y prueba de desafío del sistema conservante.

A partir de esto, se sabe entonces que la empresa debe considerar de importancia el monitoreo de los siguientes parámetros fisicoquímicos de estabilidad: pH, densidad, viscosidad y concentración del peróxido de hidrógeno. Esto con el fin de corroborar que la crema reveladora cumpla con las expectativas del cliente con respecto a la funcionalidad del producto. En la tabla III, se establecen los valores de dichos parámetros, según está establecido en las especificaciones de la crema reveladora de color dadas por la empresa.

Tabla III. **Parámetros para la aprobación del peróxido en crema**

<b>CONCENTRACIÓN (Volúmenes)</b>	<b>DENSIDAD (g/mL)</b>	<b>VISCOSIDAD (cps)</b>	<b>pH</b>	<b>CONCENTRACIÓN (%)</b>
20	1.02 – 1.06	3,000 – 5,000	3.3 – 3.8	6 – 6.2
30	1.02 – 1.06	3,000 – 5,000	3.3 – 3.8	9 – 9.2

Fuente: laboratorio de análisis fisicoquímico de la empresa de cosméticos.

### **1.2.2.1. Potencial de hidrógeno (pH)**

El pH es un indicador de la acidez de una sustancia. Está determinado por el número de iones libres de hidrógeno ( $H^+$ ) en una sustancia. Las soluciones de peróxido de hidrógeno son lo más estables a pH ligeramente más ácido que el valor de pH natural 7. De acuerdo con la tabla II, la crema reveladora debe tener un pH comprendido en el rango de 3.3 a 3.8, ya que en este rango la velocidad de descomposición del peróxido es mínima. De la Macorra García, Brizard, Rincón Arévalo, & Nieves Sánchez (2004), indican que: “tanto la temperatura de operación como el pH elevado aceleran la reacción de descomposición del peróxido de hidrógeno.” (p. 15)

El valor del pH se puede medir de forma precisa mediante un potenciómetro, también conocido como pH-metro, un instrumento que mide la diferencia de potencial entre dos electrodos: un electrodo de referencia (generalmente de plata/cloruro de plata) y un electrodo de vidrio que es sensible al ion de hidrógeno.

### **1.2.2.2. Densidad**

Las emulsiones son sistemas dispersos compuestos por dos fases inmiscibles (acuosa y oleosa) estabilizadas por un sistema emulgente.

La densidad es una medida de cuánto material se encuentra comprimido en un espacio determinado; es la cantidad de masa por unidad de volumen. La densidad es un parámetro para la evaluación de la emulsión de una crema.

En este caso, de acuerdo con la tabla III se espera que la densidad de una crema reveladora esté comprendida en el rango de 1.02 a 1.06 g/mL. Para la determinación de la densidad, se recomienda el empleo de picnómetro.

### **1.2.2.3. Viscosidad**

Viscosidad es la propiedad de un fluido que tiende a oponerse a su flujo cuando se le aplica una fuerza. Los fluidos de alta viscosidad presentan una cierta resistencia a fluir; los fluidos de baja viscosidad fluyen con facilidad.

La viscosidad se puede determinar utilizando un viscosímetro de Brookfield cuyo funcionamiento se basa en el principio de la viscosimetría rotacional; mide la viscosidad captando el par de torsión necesario para hacer girar a velocidad constante un husillo (spin) inmerso en la muestra de fluido a estudiar. De acuerdo con Sánchez Reséndiz, D. B., Rodríguez Berastegui, I., & Nava Guerrero (2016), el par de torsión es proporcional a la resistencia viscosa sobre el eje sumergido, y en consecuencia, a la viscosidad del fluido.

La crema colorante y reveladora se debe fundir rápidamente, creando una textura en crema homogénea y aterciopelada, que no gotee y permita una fácil aplicación, como una mascarilla para el cabello. De acuerdo con la tabla II, la viscosidad adecuada para obtener la apariencia deseada de la crema reveladora está comprendida en el rango de 3,000 a 5,000 cps a una temperatura de 25 °C. Esto se mide utilizando un spin #3 para analizar la muestra con el viscosímetro de la empresa.

#### 1.2.2.4. Concentración

La concentración es qué tanto activo contiene un volumen de solución. En el caso del peróxido de hidrógeno, Beauty Market (2011), nos enseña que: “La concentración del agua oxigenada viene expresada en tanto por ciento en peso o en volúmenes.” Es por ello que vamos a encontrar ambos tipos de expresión al hablar de la concentración del peróxido de hidrógeno.

- Tanto por ciento en peso: indica la cantidad de peróxido de hidrógeno que hay en el total de la disolución (3 %: indica que hay 3 g de  $H_2O_2$  por cada 100 g de disolución).
- En volúmenes: es la cantidad de litros de oxígeno que se forman en la descomposición de un litro de disolución (Agua oxigenada de 20 volúmenes significa que de un litro pueden desprenderse 20 litros de oxígeno gaseoso).

De acuerdo con la experiencia y la recabación de criterios de expertos de la empresa, para el cálculo de pasar de una concentración a otra se usa el factor de conversión 3,29:

- Para pasar el % a volúmenes, se multiplica por 3,29 (el  $H_2O_2$  al 3 % es igual a 10 volúmenes.  $3 \times 3,29 = 9,87$ ).
- Para pasar volúmenes al tanto por ciento de peso, se divide por 3,29 (20 volúmenes es igual al 6 %.  $20 / 3,29 = 6,07$ ).



### **1.3. Crema reveladora de color**

La crema reveladora de color es un producto cosmético que se combina con el tinte capilar con el fin de mejorar la fijación del color, por medio de la decoloración de la hebra. La función principal de la crema reveladora es realizar dicha decoloración y funciona a base de agua oxigenada, también conocida como peróxido de hidrógeno. A continuación se extiende al respecto de las características y propiedades de este tipo de crema.

#### **1.3.1. Ingredientes**

- EDTA Tetrasódico
- Pirofosfato de Sodio
- Acetanilida Purísima USP
- Emulgade F (LIPOWAX D)
- Peróxido de Hidrógeno al 50 %
- Agua desmineralizada
- Ácido Ortofosfórico
- Fenacetina
- Agua desmineralizada

#### **1.3.2. Proceso de mezcla**

Primero se debe cargar el agua desmineralizada y calentar a 80 °C. Estando a 80 °C y con agitación fuerte, se agrega la acetanilida y la fenacetina y se disuelve. Siempre a 80 °C y con agitación fuerte, se agrega el pirofosfato de sodio y el EDTA tetrasódico y se disuelve hasta obtener una solución transparente. Manteniendo la temperatura de 80 °C y con agitación media, agregar el Emulgade F y agitar hasta disolver.

Se coloca el enfriamiento y se enfría hasta 45 °C. Se ajusta el pH con ácido ortofosfórico y se continúa enfriando hasta 35 °C. Se agrega el peróxido de hidrógeno lentamente y por gravedad, sin agitación. Finalmente se coloca agitación suave por 20 minutos hasta incorporar.

### **1.3.3. Concentración de peróxido de hidrógeno**

La elección de los volúmenes de la crema reveladora depende de lo que se quiere conseguir. Su fuerza de aclaración se mide en volúmenes, para el uso profesional. Se encuentran en presentación de 10, 20, 30 y 40 volúmenes.

Las diferentes concentraciones se emplean de la siguiente manera:

10 volúmenes: se utilizan para igualar el color. Equivale a un rango de 3 a 3.2 % de peróxido de hidrógeno en la solución.

20 volúmenes: se utilizan para igualar y oscurecer el color. Equivale a un rango de 6 a 6.2 % de peróxido de hidrógeno en la solución.

30 volúmenes: se utilizan para aclarar el cabello. Equivale a un rango de 9 a 9.2 % de peróxido de hidrógeno en la solución.

40 volúmenes: se utilizan para aclarar el cabello en casos excepcionales. Equivale a un rango de 12 a 12.2 % de peróxido de hidrógeno en la solución.

Las concentraciones mayores a 40 volúmenes no son recomendables porque se corre el riesgo de sensibilizar el cabello. La concentración se determina por medio de análisis volumétrico.

### **1.3.4. Peróxido de hidrógeno**

El peróxido de hidrógeno es el compuesto activo de la crema reveladora de color. Barroso Moreno (2016), indica que:

El peróxido de hidrógeno es un compuesto químico cuyas moléculas constan de dos átomos de oxígeno y dos de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), y es conocido por ser un poderoso oxidante. Es un líquido incoloro a temperatura ambiente, con sabor amargo. Pequeñas cantidades de peróxido de hidrógeno gaseoso ocurren naturalmente en el aire. El peróxido de hidrógeno es inestable y se descompone rápidamente a oxígeno y agua con liberación de calor.

La Peluquería Beauty Marquet (2011) en su artículo técnico, menciona que: “El peróxido de hidrógeno fue descubierto por Louis-Jacques Thénard y Gay-Lussac, en 1818. A partir de entonces, la aplicación del agua oxigenada en diferentes campos y sectores ha sido imparable.”

Así también Beauty Marquet (2011), indica que:

El agua oxigenada es la forma disuelta del peróxido de hidrógeno. Habitualmente, viene estabilizada (contiene aditivos que retrasan su descomposición). El agua oxigenada se mide por volúmenes o tantos por ciento, es simple de usar, se almacena fácilmente y puede ser utilizada con varios fines.

Por lo tanto, se concluye que el agua oxigenada es un oxidante poderoso, pero se comercializa en forma diluida, con aditivos que retrasan su descomposición y en concentraciones que permiten utilizarlo para diferentes fines.

### **1.3.5. Usos y aplicaciones del peróxido de hidrógeno**

El peróxido de hidrógeno puede actuar como oxidante (en pH alcalino) y como reductor (en pH ácido). El agua oxigenada es un producto muy usual en cualquier peluquería. Se puede utilizar como decolorante en su proceso de descomposición de la melanina, neutralizante para reconstruir los puentes de la queratina rotos, u oxidante en el proceso de teñido de cabellos.

Eso sin contar con sus propiedades antisépticas y antibacterianas ante cualquier emergencia médica leve o para un uso como producto de limpieza.

El peróxido de hidrógeno es muy utilizado en diversos ámbitos. Beauty Market (2011), señala que lo podemos encontrar en altas concentraciones para uso industrial (blanqueo de telas y papel, combustible para cohetes o fabricación de espuma de caucho), o en concentraciones bajas para uso doméstico o medicinal.

- Uso en peluquerías: se empezó a utilizar en peluquerías como decolorante del cabello en 1867; anteriormente se utilizaban recetas agresivas para aclararse el cabello, las cuales eran peligrosas para la salud del pelo y el cuero cabelludo. Se usaba un polvo blanco para la coloración que era una mezcla entre el talco y el almidón.
- Uso terapéutico: científicos militares desarrollaron el agua oxigenada para ser utilizada contra problemas de infecciones y gangrena en los soldados en el frente de batalla en la década de los años 20.
- Industria papelera y textil: blanqueo de la pulpa de papel, algodón, telas, y en general como sustituto del cloro.
- Industria alimenticia: se usa para blanquear pollos, carnes, quesos y huesos. Además, se utiliza en el proceso para la elaboración de aceites vegetales. El agua oxigenada se usa también como agente bactericida en algunos productos, como la leche o derivados del pescado, ya que se descompone rápidamente y no llega a ingerirse como tal, por lo que no presenta riesgo de toxicidad; sin embargo, puede alterar el color y destruir algunas vitaminas.

- Industria química: se utiliza como reactivo y en la elaboración de fármacos, así como productos para blanqueos dentales.
- Industria aeroespacial: es utilizado como combustible de cohetes. Se usa a una concentración del 90 %.
- Industria metalúrgica: se emplea para decapado, pulido y abrillantado. Es un sustituto de la urea.
- Depuración de aguas: se usa como agente oxidante en la eliminación de compuestos químicos (Reducción DQO), de metales y de contaminantes específicos.
- Restauración: se emplea en trabajos de restauración en pinturas antiguas, ya que consigue convertir el oscuro sulfuro de plomo al blanquecino sulfato de plomo.
- Blanqueo de piezas delicadas: se utiliza para blanquear materiales delicados (lana, seda, algodón, marfil).
- Desinfección de acuarios: el peróxido de hidrógeno (de 10 volúmenes) se usa en los acuarios de peces tropicales para combatir a la Cyanobacteria. Se aplica el de 10 volúmenes a razón de 15 ml por cada litro de agua y se debe dejar 12 horas.
- Uso medicinal: se usa como antiséptico, antibacteriano y hemostático (disoluciones de menos de 10 volúmenes). Gracias a sus efectos oxidantes produce  $\text{OH}^-$  y radicales libres que atacan una amplia variedad de compuestos orgánicos (la enzima catalasa presente en los tejidos degrada

rápidamente el peróxido de hidrógeno, produciendo oxígeno, que dificulta la germinación de esporas anaerobias). También se utiliza en dermoaplicaciones como la limpieza de dentaduras y desinfección bucal. El peróxido de hidrógeno es el componente blanqueador de los productos de blanqueamiento dental.

- Uso doméstico o casero: debe usarse siempre en concentraciones máximas del 3 % (10 volúmenes: 97 % de agua y 3 % de peróxido de hidrógeno). Su uso en casa es variado, desde limpieza general, quitamanchas o aplicada a heridas o a los pies para evitar problemas de hongos.
- Estética: se puede usar como decolorante del vello corporal, cejas y pestañas o para eliminar las manchas de la nicotina en las uñas, aunque siempre es aconsejable utilizar productos específicos para ese fin, porque el agua oxigenada puede producir daños al cuero cabelludo.

#### **1.3.5.1. Aplicaciones del agua oxigenada en peluquería**

De acuerdo con Beauty Market (2011), el agua oxigenada es muy utilizada en peluquería, ya que reacciona con todo tipo de materia orgánica, como el pelo. Se emplea prácticamente en tres procesos: como decolorante, como neutralizante y como oxidante (tintes de oxidación).

A concentraciones de 20 y 30 volúmenes, oxida la melanina del cabello ocasionado la decoloración del mismo. El peróxido de hidrógeno sólo contiene un estabilizador que lleva el pH a 3.5 - 4.0 (soluciones básicas muy fuertes) que facilita una rápida y total descomposición de la melanina. Como el oxígeno y la melanina se combinan, la solución de peróxido empieza a difundirse (penetrar y

expandirse) y a aclarar la melanina en el tallo del cabello dándole su apariencia más clara. Los productos que recomiendan usar 40 volúmenes están diseñados para alcanzar una mayor rotura de melanina, y dan como resultado un color más claro que el que puede alcanzarse con una fórmula estándar de tinte aclarador. La presencia de álcalis se aprovecha para acelerar los procesos de decoloración.

Su función de neutralizante se da en concentraciones de 10 volúmenes o menos. Lo que hace es reconstruir los puentes de la queratina rotos por el líquido de permanente fría.

El agua oxigenada es el agente oxidante más usado en el teñido del cabello. Se usa a concentraciones de 20 y 30 volúmenes y activa los efectos del tinte de oxidación, facilita la penetración del color en el córtex capilar y oxida los pigmentos naturales del cabello.

Para la tintura de cabellos se utiliza la oxigenada, que es la misma agua oxigenada a la que se agrega emulsionantes, aloe, hierbas u otros ingredientes, dependiendo del fabricante. Es frecuente el uso de agua oxigenada como emulsión tipo O/A, usando una fase grasa y un emulgente adecuados, y siendo la fase acuosa una disolución de agua oxigenada.

### **1.3.5.2. Precauciones al utilizar agua oxigenada en peluquería**

Beauty Market (2011), recomienda lo siguiente:

Usar siempre la concentración adecuada al tipo de trabajo que vaya a realizarse, evitar el contacto con las partes sensibles de la piel (mucosas y ojos), mantenerlo fuera del alcance de los niños. No es inflamable pero puede causar combustión espontánea cuando entra en contacto con materia orgánica o algunos

metales. Se debe evitar los factores que aceleran la descomposición del peróxido de hidrógeno.

Estas recomendaciones son importantes, ya que el peróxido de hidrógeno en exceso puede causar daños al pelo y quemaduras químicas en piel y cuero cabelludo. Además, no se deben utilizar concentraciones mayores a 40 volúmenes ya que las concentraciones elevadas pueden causar la muerte.

### **1.3.5.3. Conservación del peróxido de hidrógeno utilizado en peluquería**

Beauty Market (2011), indica que la presencia de luz, calor, metales, álcalis y materia orgánica provoca que el peróxido de hidrógeno se descomponga. Por tal motivo, debemos evitar todos esos factores a la hora de su conservación:

El envase debe ser opaco y se deberá guardar en armarios para evitar los rayos solares directos y la exposición a cualquier fuente de calor. Se debe evitar siempre el contacto con productos metálicos. Al preparar la disolución no se deben usar recipientes metálicos ni utilizar pinzas metálicas y se debe evitar tintes metálicos en el pelo de quien se lo va a aplicar. Para la disolución usar agua destilada, ya que está libre de iones metálicos disueltos.

El álcalis está presente en la mayoría de jabones y detergentes, por lo que se aconseja utilizar recipientes perfectamente lavados con productos neutros. Cualquier fragmento orgánico que entre en contacto con la disolución (pelos, polvo o cualquier impureza) provoca su descomposición. Siempre tener los frascos bien cerrados y no usar tapones de corcho.



### **1.3.6. Manejo y almacenamiento del peróxido de hidrógeno**

Debido a que el peróxido de hidrógeno es tóxico y sensible a factores ambientales como la temperatura y su reacción puede desencadenarse en presencia de catalizadores, existen diversas recomendaciones para su almacenamiento.

El Consejo Colombiano de Seguridad (2005), recomienda lo siguiente:

Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que va a realizar con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, ni comer en el sitio de trabajo. Usar las menores cantidades posibles. Conocer en dónde está el equipo para la atención de emergencias. Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente. (p.2)

El peróxido de hidrógeno se puede encontrar en los siguientes tipos de contenedores: Botellas de vidrio ámbar, garrafas, barriles de aluminio, barriles no retornables de polietileno con envoltura de fibra y acero; camiones y vagones cisterna.

Es importante saber que si hubiera derrames del material deberán diluirse con agua en abundancia, antes de desecharlos al drenaje.

Almacenar en lugares ventilados, frescos y secos. Mantener lejos de fuentes de calor, chispa e ignición. Separar de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente y mantenerlos bien cerrados. Almacenar protegido de luz y a temperaturas inferiores a 35 °C.

En la hoja de datos de seguridad de CIQUIME (2010), se indican las disposiciones relativas a la regulación de temperaturas:

Cuando la sustancia se encuentra por encima de la temperatura máxima de almacenamiento seguro (MSST, por sus siglas en inglés), comienza a descomponerse y puede ocasionar explosiones violentas. La MSST para el peróxido de hidrógeno es de 35 °C. La Temperatura de descomposición autoacelerada (SADT, por sus siglas en inglés) del peróxido de hidrógeno es de 50 °C. A esa temperatura el peróxido inicia una reacción en cadena que es imposible detener. Esta reacción provocará explosiones y proyecciones. (p. 2)

### **1.3.7. Propiedades del peróxido de hidrógeno**

Productos Químicos Sidney, S.A. de C.V. (2013), en su hoja técnica sobre el peróxido de hidrógeno (50 % grado técnico) declara las siguientes propiedades del mismo:

- Apariencia, olor y estado físico: Líquido incoloro con ligero olor.
- Gravedad específica (Agua=1): 1.2 a 20 °C
- Punto de ebullición (°C): 141
- Punto de fusión (°C):-52
- Concentración en volúmenes: 199
- Concentración H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en porcentaje en peso: 50
- Contenido de oxígeno activo (%): 23.5
- Densidad a 20 °C (g/mL): 1.196
- Densidad relativa del vapor (Aire=1): 1.0
- Presión de vapor (mm Hg): 18.3 a 30 °C
- Viscosidad (cps): 1.245 a 20 °C
- pH (rango aproximado): 1 - 2
- Solubilidad: Soluble en agua y alcohol.
- Calor específico medio de 0 a 27°C: 0.79 cal/g °C

### **1.3.8. Identificación de peligros del peróxido de hidrógeno**

El Consejo Colombiano de Seguridad (2005), indica los siguientes peligros sobre el peróxido:

Oxidante fuerte. Corrosivo. Al contacto con otro material puede causar fuego. Puede ser dañoso si es ingerido. Puede causar efectos en el Sistema nervioso central, anormalidades en la sangre, irritación severa en los tractos respiratorio y digestivo e irritación en la piel con posibles quemaduras. Al contacto con los ojos puede dar lugar a daños permanentes. (p. 1)

Dentro de los efectos adversos potenciales para la salud, se puede mencionar que al ser inhalado provoca sensación de ardor en la garganta, tos posible paro respiratorio y edema pulmonar. Por ser corrosivo, si se ingiere provoca ardor en la garganta, dolor en el pecho, vómito y hemorragias. La formación espontánea de oxígeno en el esófago o estómago puede ocasionar heridas. Corroe la piel a concentraciones mayores del 10 %, blanquea la piel y provocar picazón. Causa enrojecimiento de los ojos, dolor y visión borrosa. Puede causar daños irreparables en la retina y eventualmente ceguera y los efectos retardados pueden ocurrir hasta 1 semana después. Dentro de los efectos crónicos están que el contacto prolongado o repetido podría causar dermatitis y daño córneo. Los experimentos del laboratorio han dado lugar a efectos mutágenos.

### **1.3.9. Primeros auxilios ante la intoxicación con peróxido de hidrógeno**

El Consejo Colombiano de Seguridad (2005), recomienda las siguientes acciones:

Inhalación: trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. No usar el método boca a boca. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo. Buscar atención médica inmediatamente.

Ingestión: lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua. No inducir el vómito, si éste se presenta inclinar la víctima hacia adelante. Buscar atención médica inmediatamente. Si está inconsciente no dar a beber nada.

Piel: lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Retirar la ropa y calzado contaminados. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.

Ojos: lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.

Nota para los médicos: después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, con base en su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto.

### **1.3.10. Información toxicológica**

El Consejo Colombiano de Seguridad (2005), indica que el peróxido de hidrógeno tiene la siguiente toxicidad:

- DL50 (oral,rata) = 376 mg/kg, efectos: peritonitis, cambio en la cuenta de leucocitos.
- DL50 (piel, ratas) = 4.06 g/kg
- LC50 (inhalación, ratas) = 2 g/m<sup>3</sup> en 4h, efectos: sobre los pulmones, tórax; embolia pulmonar.
- Ensayos en ojos: Una dosis de concentración entre 5 – 30 % de Peróxido de hidrógeno en los ojos de los conejos causó cataratas.
- Mutagenicidad: Presenta cambios en el DNA para la bacteria (*E. Coli*) y mutaciones en la *Saccharomyces cerevisiae*.
- No es listado como Carcinógeno por la ACGIH, IARC, NIOSH, NTP y OSHA

### 1.3.11. Estabilidad y reactividad del peróxido de hidrógeno

CIQUIME (2010), menciona que los peróxidos son sustancias térmicamente inestables que pueden sufrir una descomposición exotérmica auto-acelerada. Además, pueden tener una o varias de las propiedades siguientes:

- ser susceptibles de experimentar una descomposición explosiva;
- arder rápidamente;
- ser sensibles a los choques o a la fricción;
- reaccionar peligrosamente con otras sustancias;
- producir lesiones en los ojos.

El Consejo Colombiano de Seguridad (2005), indica que:

El peróxido de hidrógeno es estable bajo condiciones normales de presión y temperatura. Se debe evitar el choque mecánico, las sustancias incompatibles, la luz, las fuentes de ignición, la generación de polvo y el exceso de calor. Es incompatible con materiales combustibles, agentes reductores, iones metálicos, materiales oxidables, hierro, cobre, latón, bronce, cromo, cinc, plomo, plata, manganeso. Se descompone en oxígeno, gas de hidrógeno y agua. (p. 3)

Trebal (1974), menciona que: Las soluciones de peróxido de hidrógeno concentradas o diluidas por sí mismas no son flamables, pero pueden favorecer la ignición de materiales fácilmente oxidables como papel, madera u otros materiales.

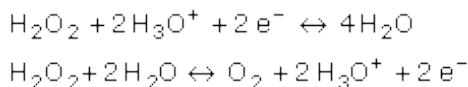
No se ha verificado ningún efecto de descomposición por la agitación. Si se agita una solución de peróxido de hidrógeno, pueden formarse burbujas, debido al desprendimiento de oxígeno de la sobresaturación, pero no ocurre un aumento de la descomposición.

### **1.3.12. Información ecológica**

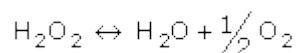
El Peróxido de Hidrógeno (50 %) (grado técnico), es un producto químico versátil, seguro y deseable desde el punto de vista ecológico, ya que no es agresivo con el medio ambiente. Además de sus conocidas propiedades en el blanqueo de celulosa de madera y blanqueo de textiles, este producto contribuye a la conservación ambiental, ya que puede sustituir productos tóxicos para el ambiente, como el hipoclorito en los procesos de blanqueo. También ayuda a eliminar compuestos como los cianuros, sulfuros, fenoles, entre otros, encontrados en aguas residuales.

### **1.3.13. Determinación del peróxido de hidrógeno por medio de volumetría RED-OX I, permanganimetría**

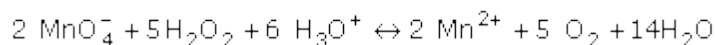
El Departamento de Química Analítica (2010), indica que el peróxido de hidrógeno, puede actuar como oxidante y como reductor, según las siguientes reacciones:



Se trata por tanto, de un anfólito red-ox que se puede dismutar de acuerdo con la reacción:



Si se valora frente a un oxidante como el permanganato, el peróxido de hidrógeno actuará como reductor, según la siguiente reacción volumétrica:



La valoración debe llevarse a cabo en medio de ácido sulfúrico diluido y en frío, ya que en otras condiciones se favorece la reacción de dismutación. El punto final está marcado por la aparición del típico color rosáceo del permanganato en ligero exceso.

### **1.3.13.1. Fundamentos del análisis volumétrico**

De acuerdo con Ayres (1970), en el análisis volumétrico la cantidad de sustancia que se busca se determina de forma indirecta midiendo el volumen de una disolución de concentración conocida, que se necesita para que reaccione con el constituyente que se analiza o con una sustancia químicamente equivalente. El proceso de adición de un volumen medido de la disolución de concentración conocida para que reaccione con el constituyente buscado, se denomina valoración.

La disolución concentrada conocida es una disolución patrón que puede prepararse de forma directa o por normalización, mediante reacción con un patrón primario. El punto final de la valoración se aprecia por un cambio brusco de alguna propiedad del sistema reaccionante, estimado mediante un indicador; este cambio debería presentarse idealmente en el momento en que se haya añadido una cantidad de reactivo equivalente a la sustancia buscada, es decir en el punto estequiométrico de la reacción.

#### **1.3.13.1.1. Patrón primario**

Para que una sustancia pueda considerarse como patrón primario, debe cumplir con tener una pureza absoluta (100 %) o conocida en componente activo. Cuando la sustancia no es absolutamente pura, todas sus impurezas deben ser inertes respecto a las sustancias que se ponen en juego en la reacción. Las sustancias interferentes que acompañan como impurezas a un patrón primario deben ser susceptibles de identificar, mediante ensayos sencillos de sensibilidad conocida.

Las sustancias patrón primarias deben ser estables a las temperaturas necesarias para desecarse en la estufa. El patrón debe permanecer inalterable al aire durante la pesada, es decir, no debe ser higroscópico, ni reaccionar con el oxígeno ni el dióxido de carbono a la temperatura ambiente. Debe reaccionar con la disolución que se normaliza, para así cumplir con todos los requisitos expuestos para los métodos volumétricos, lo cual quiere decir que la reacción debe ser sencilla, rápida, completa y estequiométrica.

Es deseable que el patrón tenga un peso equivalente elevado, con objeto que los errores cometidos en su pesada sean siempre inferiores a los errores de lectura y de drenaje de las buretas. Un patrón primario debe ser fácil de adquirir y preferiblemente barato.

#### **1.3.13.1.2. Indicador**

El punto final de una valoración se detecta mediante un cambio brusco de alguna propiedad de la mezcla reaccionante o de alguna sustancia que se añade a dicha mezcla. Existen distintos tipos de indicadores visuales para detectar el punto final de una valoración: el reactivo es un autoindicador, indicadores ácido-base, indicadores redox, formación de productos solubles de color diferente,



formación de un segundo precipitado de color diferente a partir del precipitado principal, valoración hasta aparición de turbidez, terminación de la precipitación o método del punto claro, indicadores de adsorción.

#### **1.3.13.1.3. Reducciones previas**

Gran parte de los elementos pueden presentarse en más de un estado de oxidación; por eso, son muchas las sustancias que pueden determinarse por valoración redoximétrica. Para ello son necesarios relativamente pocos reactivos valorantes, ya que un oxidante fuerte como, por ejemplo, una disolución de permanganato, puede utilizarse para valorar un gran número de reductores; de forma análoga, un reductor fuerte puede utilizarse como reactivo para la valoración de un número elevado de oxidantes. El primer método se utiliza con mayor profusión en la práctica, debido principalmente a la dificultad de conservar disoluciones patrón de reductores fuertes ante la oxidación por parte del oxígeno atmosférico.

Los reactivos oxidantes comúnmente utilizados son el permanganato potásico, el dicromato potásico, las disoluciones de cerio (IV), el bromato potásico y el yodo. Los reductores más utilizados como reactivos volumétricos son las disoluciones ferrosas, el arsenito sódico, el oxalato sódico, el ácido oxálico y el tiosulfato sódico. Algunos reactivos bien conocidos, como el ácido nítrico, el ácido clorhídrico, el cloro y el peróxido de hidrógeno, no se utilizan como valorantes, debido a que sus disoluciones no son suficientemente estables o no reaccionan según reacciones estequiométricas sencillas. Sin embargo, estos y otros reactivos pueden utilizarse para la oxidación o reducción preliminar de sustancias llevándolas al estado de oxidación adecuado para que después puedan valorarse con otros reactivos.

Algunas determinaciones se verifican de forma indirecta mediante una secuencia de reacciones redox, en lugar de hacerlo de forma directa, normalmente con objeto de conseguir un punto final satisfactorio. Una determinación volumétrica redox exige que el constituyente que se analiza se encuentre totalmente en un estado de oxidación apropiado. Del mismo modo, la disolución a valorar no debe contener otra sustancia, además del constituyente que se analiza, que puede reaccionar con el reactivo valorante, siempre que la cantidad de éste consumida deba corresponder exclusivamente a una sola sustancia.

#### **1.3.13.1.4. Reductores**

- Metales
- Cloruro estannoso
- Sales ferrosas
- Dióxido de azufre o un sulfato en medio ácido
- Sulfuro de hidrógeno
- Hiposulfito sódico,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ .
- Ácido clorhídrico

#### **1.3.13.1.5. Oxidantes**

- Ácido perclórico,  $\text{HClO}_4$ .
- Peroxisulfato, [ $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  o  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ ].
- Peryodato potásico  $\text{KIO}_4$ .
- Bismuto sódico,  $\text{NaBiO}_3$ .
- Clorato potásico,  $\text{KClO}_3$ .
- Peróxido de hidrógeno  $\text{H}_2\text{O}_2$ .
- Óxido de plata (II),  $\text{Ag}_2\text{O}_2$ .

- Ozono, O<sub>3</sub>.
- Ácido nítrico.
- Halógenos.

### 1.3.13.2. Métodos con permanganato

Ayres (1970), dice que el permanganato es un oxidante muy fuerte y autoindicador. En la mayor parte de sus aplicaciones se utiliza en disolución ácida, dando Mn<sup>++</sup> como producto de su reducción. No obstante, en algunas aplicaciones se utiliza en medio casi neutro o incluso alcalino, dando MnO<sub>2</sub> como producto de reducción. En presencia de F<sup>-</sup> o P<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>4-</sup> se forman complejos de manganeso (III). Cuando se utiliza para la oxidación de compuestos orgánicos en disolución alcalina y y en presencia de ión bórico, tiene lugar su reducción a ion manganato, MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>, que precipita en forma de BaMnO<sub>4</sub>. La reducción de MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> a Mn<sup>++</sup> es un proceso muy complejo que implica la formación de estados intermedios de oxidación del manganeso; sin embargo, si se ajustan las condiciones para que el producto final sea Mn<sup>++</sup>, se puede establecer la estequiometría entre el permanganato y el agente reductor, independientemente del mecanismo de la reacción.

En disolución neutra, el permanganato se descompone lentamente y las disoluciones ácidas son aún menos estables:



. La reacción está autocatalizada por el bióxido de manganeso. Las trazas de sustancias reductoras presentes en el agua destilada utilizada en la preparación de la disolución reducen permanganato a bióxido de manganeso, que cataliza la descomposición. La descomposición de las disoluciones de permanganato resulta también catalizada por la luz. Por esto, la disolución se

somete a ebullición durante media hora aproximadamente para completar la oxidación de las sustancias reductoras del agua.

Después de un reposo de doce o más horas, para que se sedimente el bióxido de manganeso formado, se filtra la disolución por placa de vidrio y se conserva en un frasco oscuro. Una disolución 0.1N preparada y conservada de esta forma es estable si se protege del polvo y de los vapores reductores.

### **1.3.13.3. Métodos con yodo**

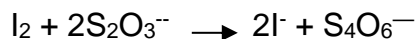
Los oxidantes fuertes oxidan el  $I^-$  a  $I_3^-$  y los reductores fuertes reducen el  $I_3^-$  a  $I^-$ . Por esta razón, Ayres (1970), indica que los métodos se dividen en dos grupos:

#### **1.3.13.3.1. Métodos directos**

Métodos en que se utiliza una disolución patrón de yodo para valorar reductores fuertes, normalmente en disolución neutra o débilmente ácida.

#### **1.3.13.3.2. Métodos indirectos**

Métodos en que los oxidantes se determinan haciéndolos reaccionar con un exceso de yoduro; el yodo liberado se valora en disolución débilmente ácida con un reductor patrón como el tiosulfato o arsenito sódicos; el primero de estos compuestos se utiliza con más frecuencia:



Indicador:

Una de las ventajas de los métodos en que interviene el yodo es la facilidad y sensibilidad con que se detecta el punto final: en los métodos directos por

aparición del primer exceso del yodo que se utiliza como reactivo valorante; en los métodos indirectos por la desaparición del yodo que se valora. Dentro de los indicadores empleados en los métodos con yodo están: yodo como autoindicador, almidón y color en disolventes orgánicos.

Disoluciones patrón:

Las disoluciones patrón se emplea como referencia al momento de hacer una titulación. A continuación se detalla al respecto de las que se utilizan en el análisis del peróxido de hidrógeno.

Yodo:

El yodo es suficientemente puro para poderse utilizar como patrón primario; no obstante, es un poco volátil, incluso a la temperatura ambiente, y su pesada exacta es dificultosa. Por ello se suele preparar una disolución de yodo de concentración aproximada y después se normaliza.

Tiosulfato sódico:

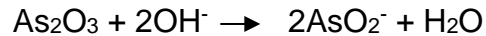
Se prepara una disolución de concentración aproximada a la necesaria en agua destilada recién hervida y luego se normaliza la disolución.

La reacción entre el tiosulfato sódico y el yodo es cuantitativo a lo largo de un amplio intervalo de pH. El yodo puede valorarse con tiosulfato de sodio en disoluciones bastante ácidas (pH 1) si se agita enérgicamente durante la valoración. La única aplicación del tiosulfato sódico es la valoración del yodo en disolución más o menos ácida.



Arsenito sódico:

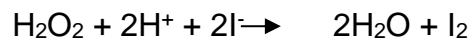
La disolución reactivo se prepara disolviendo óxido de arsénico (III) en un exceso de hidróxido sódico:



El exceso de álcali se neutraliza con ácido clorhídrico y la disolución se tampona después con bicarbonato sódico.

Aplicación del método indirecto para peróxidos:

El peróxido de hidrógeno oxida cuantitativamente el ion yoduro a yodo:



## 1.4. Calidad

La calidad puede ser percibida de distintas maneras dependiendo del punto de vista del cliente o del fabricante, a continuación se busca identificar cuál es la definición más adecuada de calidad para ser aplicada en esta investigación.

### 1.4.1. Definición de calidad

Existen diferentes definiciones de calidad dentro de las cuales Climent Serrano (2003) en su libro al respecto de los costes de calidad incluye las de la tabla IV.

Tabla IV. **Conceptos de calidad**

<b>Autor</b>	<b>Concepto de Calidad</b>
Eduard Deming (1989, pp. 1-10)	Ofrecer a bajo coste productos y servicios que satisfagan a los clientes. Implica un compromiso con la innovación y mejora continua.
Armand V. Feigenbaum (1961,1986, 1991)	La calidad tiene que ser planeada en un enfoque orientado hacia la excelencia, en lugar del enfoque tradicional orientado hacia los fallos
Joseph M. Juran (1990, pp. 1-15)	La "adecuación de uso" de un producto.

Fuente: Climent Serrano (2003). *Los costes de calidad como estrategia empresarial en las empresas certificadas en la norma ISO 9000 de la CV.*

De acuerdo con la norma ISO 9000:2005, calidad se define como: “el grado en que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos”. (p.8)

A partir de esto se puede considerar a la calidad como el grado de satisfacción de las necesidades o expectativas del cliente con un producto o servicio. La calidad entonces comprende la ausencia de defectos, los requerimientos del cliente, hacer bien las cosas y no tener quejas, rechazos ni devoluciones.

#### **1.4.2. Enfoque de calidad**

En su libro Miranda González, Chamorro Mera, & Rubio Lacoba (2007), indican que hay al menos cinco maneras de agrupar los conceptos de calidad según su enfoque:

- Enfoque trascendente
- Enfoque basado en el cliente
- Enfoque basado en el producto
- Enfoque basado en el proceso
- Enfoque basado en el valor

De estos se exponen a continuación los tres más relevantes:

#### **1.4.2.1. Basado en el cliente**

Calidad basada en el esfuerzo por exceder las expectativas de los clientes, comprendiendo sus necesidades actuales y futuras para satisfacer sus requisitos. Se refiere tanto a las características del producto como a la ausencia de deficiencias en el mismo.

Según Miranda González, *et al.* (2007), las expectativas del cliente se comportan de manera dinámica por lo que la empresa debe estar constantemente analizando el cambio de dichas expectativas.

#### **1.4.2.2. Basado en el proceso**

Calidad basada en la gestión de recursos y actividades como un proceso. Se involucran insumos de calidad, actividades y procesos con calidad para obtener un producto de calidad.

De acuerdo con Miranda González, *et al.* (2007), todo debe producirse de acuerdo con las especificaciones establecidas para durante el proceso y si esto se cumple el producto se considera válido.

#### **1.4.2.3. Basado en el producto**

Miranda González, *et al.* (2007), la señala como la calidad basada en las características medibles del producto. Se considera como falta de calidad una variación en las cantidades de los ingredientes. Se vuelve subjetivo si se



consideran atributos que pueden ser apreciados de manera diferente por cada persona.

Al combinar estos tres enfoques se obtiene la calidad ideal, por lo que la empresa debe procurar que las características del producto estén dentro de las especificaciones del proceso y las superen las necesidades del cliente.

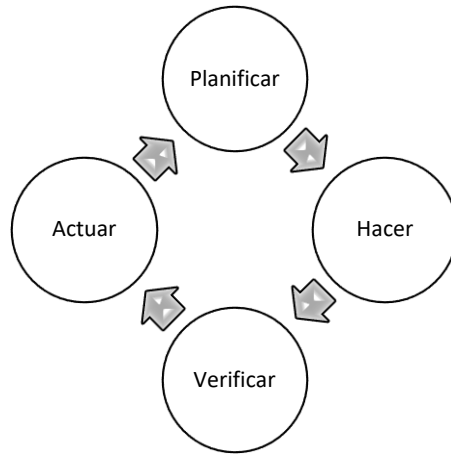
### **1.4.3. Ciclo de la calidad**

De acuerdo con Miranda González, *et al.* (2007), Deming establece que para mejorar la calidad se aplique el ciclo PDCA o ciclo de Deming (aunque fue propuesto inicialmente por Shewart).

La mejora continua en la calidad se logra por medio de la aplicación del ciclo como estrategia. Dicho ciclo está ejemplificado en la figura 1 y consta de cuatro etapas aplicables a cualquier problema:

- Planificar (Plan): prever las actividades necesarias para lograr el objetivo planteado.
- Hacer (Do): implementar las acciones previamente planificadas.
- Controlar o verificar (Check): observar los resultados obtenidos a partir de las acciones.
- Actuar (Act): corregir las acciones que hayan dado un resultado no deseado.

Figura 1. **Ciclo de Deming**



Fuente: elaboración propia.

Una vez finalizado el ciclo se vuelve a iniciar con el conocimiento adquirido del anterior ciclo, lo que supone una mejora continua.

#### **1.4.4. Factores que influyen en la calidad**

Pérez , Hernández, & De Barillas (2011) señalan los siguientes factores:

- La calidad de las materias primas e insumos
- Las exigencias del cliente
- La competencia del recurso humano
- El tipo y estado de la maquinaria
- Los recursos financieros disponibles
- El método de trabajo
- El medio ambiente
- La administración de recursos

#### **1.4.5. Principales causas de baja calidad**

Pérez *et al.* (2011), señalan las siguientes causas de baja calidad como principales:

- La mala calidad de las materias primas e insumos
- Error humano
- Problemas técnicos
- Desconocimiento de los requerimientos del cliente

Esto nos lleva a comprender que la mala calidad de un producto puede proceder de la mano de obra no clasificada, materias primas no aptas para el proceso, métodos o tecnología no adecuada y en ignorar la expectativa del cliente al momento de evaluar el producto.

#### **1.4.6. Control de calidad**

El control de calidad es el conjunto de acciones para detectar la presencia de errores. Aiteco consultores (2013), menciona que:

La función de calidad, bajo esta óptica clásica, se limita a la realización de una serie de observaciones que tienen como objetivo la verificación de la concordancia de los diferentes dispositivos y componentes a su especificación, previamente establecida. Los resultados de las observaciones permitirían separar el producto aceptable del no aceptable mediante la inspección final del producto ya terminado.

De acuerdo con la Norma ISO 9000:2005, control de calidad se define como “parte de la gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de la calidad”. (p. 10)

Es decir que el control de la calidad es comparar los resultados obtenidos con los esperados, utilizando para ello parámetros o requisitos previamente establecidos.

Miranda González, *et al.* (2007), señala que:

A medida que el volumen de producción y el grado de complejidad de los productos incrementa, la inspección 100 % de los productos resulta más complicada y costosa lo que condujo a la aparición del nuevo enfoque de control de calidad, en el que se recurrió a técnicas estadísticas basadas en el muestreo.

La variabilidad es inherente al proceso, pero puede ser controlada por medio de técnicas estadísticas. Miranda González, *et al.* (2007), cita a Deming: “sin control estadístico el proceso estaba en un caos inestable... enmascaraba cualquier intento de realizar mejoras”

Para Miranda González, *et al.* (2007), “el concepto de control es el de mantener un proceso en su estado planificado, de forma que siga siendo capaz de cumplir con los objetivos establecidos.” (p. 22)

Se concluye que el control de calidad se evalúa el comportamiento de los parámetros en comparación con estándares establecidos y se actúa reactivamente ante las diferencias significativas.

#### **1.4.7. Control estadístico de procesos**

En los procesos de producción en masa se controla la calidad mediante inspecciones del producto y su aceptación y rechazo se basa en especificaciones. Al implementar un control estadístico en el proceso, se puede observar el rendimiento de producción y prever desviaciones importantes que

generen productos rechazados. El control estadístico hace predecible un proceso en el tiempo.

De acuerdo con la Norma ISO 9000:2005, el uso de técnicas estadísticas puede ayudar a comprender la variabilidad y por lo tanto, puede ayudar a resolver problemas y mejorar la eficacia y la eficiencia, así mismo facilitan datos útiles para la toma de decisiones.

Un proceso se encuentra bajo control estadístico si sólo se ve afectado por un conjunto de causas aleatorias de variación, comunes e inherentes al proceso. Si la variabilidad del proceso proviene de causas asignables de variación, se dice que está fuera de control. Se debe buscar eliminar dichas causas específicas.

El control estadístico de procesos se utiliza para lograr la estabilidad y mejorar la capacidad del proceso, mediante la aplicación sistemática de herramientas de solución de problemas para reducir la variación.

Estas herramientas estadísticas pueden denominarse herramientas de mejora y se pueden implementar en combinación para una mayor comprensión de lo que ocurre en el proceso.

Aiteco consultores (2013), describe algunas herramientas de mejora que pueden utilizarse:

- Lista de verificación: es un registro para la recolección de datos y se utiliza para registrar frecuencias de uno o varios problemas.
- Estratificación: registro de agrupación de uno o más datos pertinentes. Este permite la evaluación de principal problema, según su clasificación.

- Diagrama de correlación: es un gráfico que muestra la correlación de dos variables. Este facilita la interpretación de la influencia entre dos variables objeto de análisis así como los cambios entre ellas.
- Gráfico de Pareto: gráfico de barras que muestra causas identificadas en orden descendente de amplitud o frecuencia, este es para determinar la criticidad de los problemas o causas de los mismos.
- Diagrama de causa y efecto: diagrama de causas de problemas, de acuerdo con los recursos del proceso, este es para investigar un efecto y por tanto, corregir sus causas.
- Cartas de control y gráficas: consisten en una comparación gráfica cronológica de una determinada variable y es para controlar variaciones de un proceso en términos de su centralización y dispersión.
- Histograma: son diagramas de barras que representan la distribución de frecuencias y son para verificar el comportamiento de un proceso con relación a la especificación.
- Matriz de priorización: es una herramienta que se utiliza para evaluar distintas categorías asignándoles una puntuación con respecto a criterios de importancia.

De las anteriores herramientas se seleccionan algunas que permiten identificar las causas especiales de una variación de los resultados.

Las herramientas seleccionadas aportan en el control de calidad y pueden relacionarse entre sí y dar a conocer el grado de correlación de los resultados con un modelo matemático, así como ayudar a identificar las causas principales de variabilidad del proceso.

### 1.4.7.1. Gráficas de control

Los gráficos de control pueden ser por variables o por atributos, de acuerdo con la naturaleza de los datos.

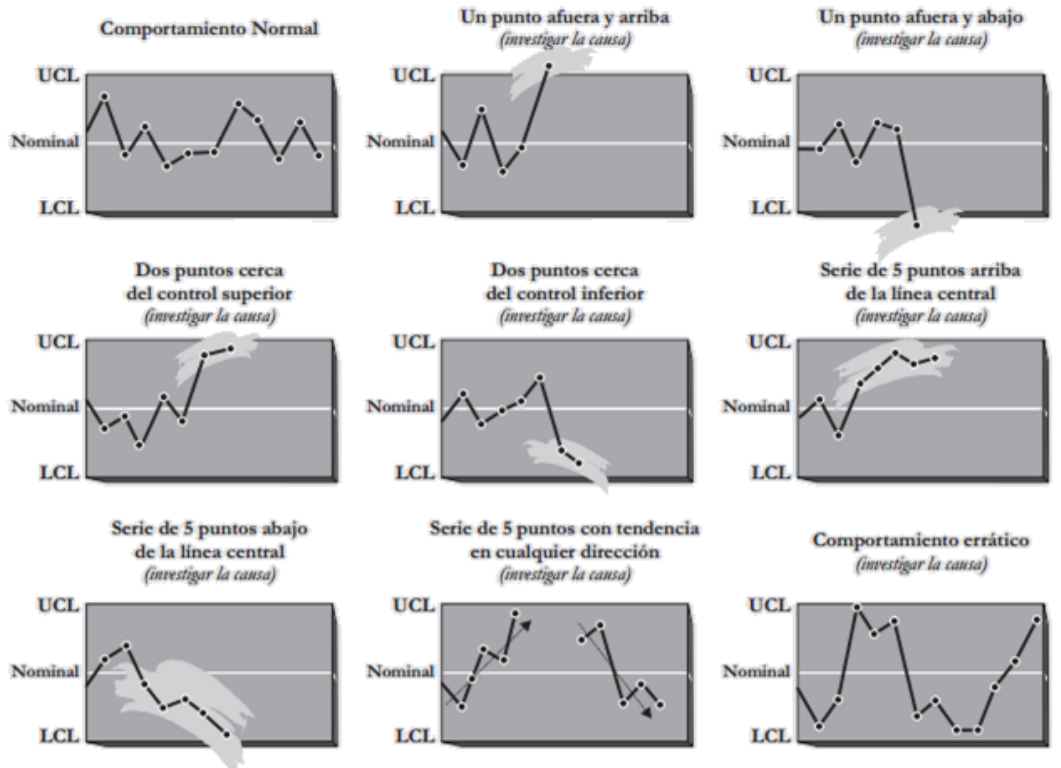
Carro Paz & González Gómez (2012), indican que la gráfica de control tiene una línea central, la cual es el objetivo que se desea alcanzar en el proceso y dos límites o acotamientos de control basados en la distribución de muestreo de la medida de la calidad.

Los límites de control se usan para juzgar si es necesario emprender alguna acción. El valor más grande representa el acotamiento de control superior (UCL) (del inglés, *upper control limit*) y el valor más pequeño representa el acotamiento de control inferior (LCL) (del inglés, *lower control limit*) (p. 8)

Si la estadística de las muestras se ubica dentro de los límites establecidos entonces quiere decir que las variaciones son por causa común; en cambio si la estadística de las muestras está fuera de los límites quiere decir que tiene causas asignables de variación que deberán ser investigadas, con el fin de eliminarlas y regresar el proceso a su normalidad.

Muchas veces es posible detectar desviaciones del proceso antes que los resultados se salgan de los parámetros establecidos. En la figura 2, se muestran diferentes casos en que los datos van indicando que es necesario investigar si existen causas asignables a la variación de datos:

Figura 2. **Procesos que denotan situaciones anormales en el comportamiento de las muestras**



Fuente: Carro Paz & González Gómez (2012). *Control Estadístico de Procesos*.

Debido a que las gráficas de control están basadas en distribuciones de muestreo se pueden presentar dos tipos de error:

Error tipo I es rechazar un lote de buena calidad cuando se tomó una muestra que aleatoriamente obtuvo resultados fuera del control.

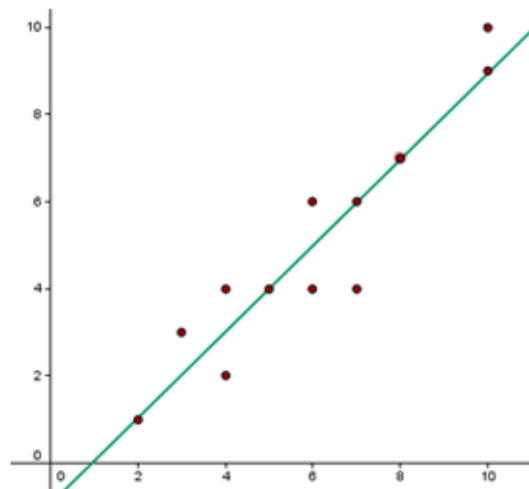
Error tipo II es aceptar un lote de mala calidad cuando se tomó una muestra que presenta discrepancias aleatorias pero se presumen dentro del control cuando en realidad el proceso está fuera de control.



### 1.4.7.2. Diagramas de dispersión

También se conocen como gráficos de correlación y permiten conocer la relación entre dos variables del proceso. Son útiles para verificar la posible relación que exista entre una causa asignable detectada para la desviación de un parámetro. Se grafican las coordenadas X y Y para obtener una nube de puntos y sobre ellos trazar una recta que se ajuste lo mejor posible, la cual se llama recta de regresión. La figura 3 ejemplifica un diagrama de dispersión.

Figura 3. Diagrama de dispersión



Fuente: Ditutor (2015). *Diagrama de dispersión*.

- Si la recta es de pendiente positiva, se obtuvo una correlación directa.
- Si la recta es de pendiente negativa, se obtuvo una correlación inversa.
- Si no es posible ajustar los datos a una recta, la correlación es nula.

El grado de correlación indica qué tan cerca están los puntos de la nube y puede ser:

- Fuerte si los puntos están cerca de la recta.
- Débil si los puntos están alejados de la recta.

- Nula si los puntos no se relacionan con la recta.

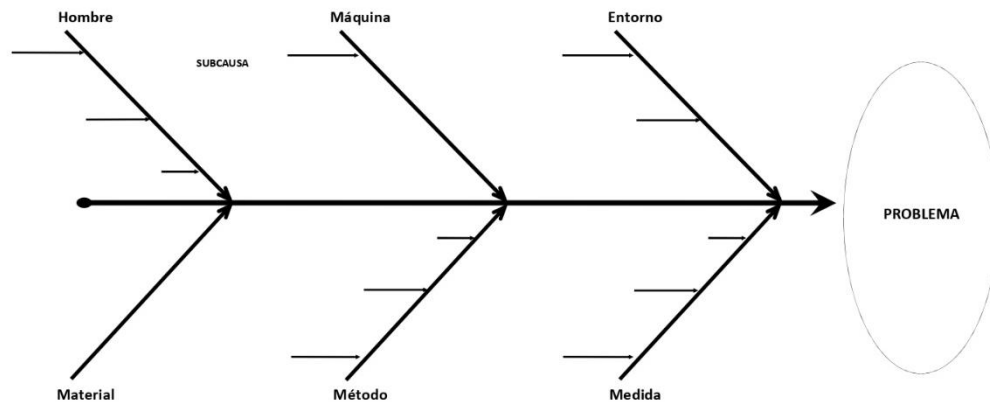
### **1.4.7.3. Diagrama causa-efecto (Ishikawa)**

Al detectar una variabilidad en un parámetro de calidad se debe identificar la causa asignable y para ello se utilizan los diagramas causa – efecto, también denominados de espina de pescado o diagramas de Ishikawa. Para elaborar un diagrama de causa – efecto se siguen los siguientes pasos:

- Establecer la característica de calidad que se va a analizar y se traza una flecha horizontal gruesa en sentido de izquierda a derecha para representar el proceso, escribiendo en la punta derecha la característica evaluada.
- Indicar los factores más importantes que pueden generar la variación de la característica. Se trazan flechas secundarias diagonales en dirección de la flecha principal, los cuales representan las materias primas, máquinas, mano de obra, métodos, etc.
- Colocar en cada rama detalles de las posibles causas de la variación de la característica de calidad. Para identificar dichas causas se utiliza la técnica de interrogatorio: ¿Qué? ¿Quién? ¿Cómo? ¿Dónde? ¿Cuánto? ¿Cuándo?
- Analizar y seleccionar las causas reales, comprobando la validez secuencial, es decir, analizando que tengan sentido lógico.

A continuación se presenta un ejemplo del diagrama en la figura 4.

Figura 4. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

#### 1.4.7.4. Matriz de priorización

La matriz de priorización es una herramienta que permite seleccionar opciones, a partir de la ponderación por medio de criterios establecidos.

Aiteico consultores (2013), indica que “Hace posible, determinar alternativas y los criterios a considerar para adoptar una decisión, priorizar y clarificar problemas, oportunidades de mejora y proyectos y, en general, establecer prioridades entre un conjunto de elementos para facilitar la toma de decisiones.”

La matriz de priorización es una tabla en la que se relacionan una serie de criterios y se confrontan entre sí, con el fin de obtener información sobre el valor de dichos criterios y definir cuáles son los más importantes para luego tomar decisiones al respecto. Este tipo de matriz se ejemplifica en la tabla V.

Tabla V. **Matriz de priorización**

<b>MATRIZ RESUMEN</b>	SERVICIO DE URBANISMO	SERVICIO DE ATENCIÓN AL CIUDADANO	SERVICIO DE MANTENIMIENTO URBANO	SERVICIO DE DEPORTES	SERVICIO ECONÓMICO
<b>1 Impacto social</b>	0.13	0.08	0.05	0.03	0.00
<b>2 Procesos clave</b>	0.13	0.09	0.02	0.05	0.00
<b>3 Personal motivado hacia la mejora</b>	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
<b>4 Imagen de la institución</b>	0.03	0.12	0.08	0.05	0.00
<b>5 Madurez organizativa</b>	0.00	0.05	0.00	0.04	0.02
<b>TOTALES</b>	<b>0.29</b>	<b>0.35</b>	<b>0.15</b>	<b>0.18</b>	<b>0.03</b>

Fuente: Alteico consultores (2013). *El control de calidad y las 7 herramientas básicas.*

## 2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Como primera etapa, además de realizar la investigación documental, se realizó una observación de todo el proceso de elaboración de la crema reveladora de color, desde el momento de la recepción de materiales hasta el momento del almacenaje en la bodega, con el fin de detectar si alguna variable del proceso puede influir en la descomposición del peróxido de hidrógeno contenido en la crema reveladora de color.

En el estudio se consideraron tanto variables cualitativas como cuantitativas. Como variable cualitativa se consideró la calidad, que consiste en el grado de cumplimiento con la expectativa del cliente hacia el producto. Como variables cuantitativas se consideraron las siguientes: temperatura, tiempo, concentración, pH, viscosidad, y densidad, siendo estos los distintos parámetros de estabilidad que pueden llegar a afectar la calidad del producto.

La siguiente etapa de la investigación consistió en una experimentación a nivel laboratorio en la cual se evaluaron muestras de dos concentraciones nominales: 20 y 30 volúmenes. Beauty Market (2011), indica que cuando la concentración se expresa en volúmenes, corresponde a la cantidad de litros de oxígeno que se forman en la descomposición de un litro de disolución. Cuando se formula cada una de estas concentraciones se agrega un porcentaje específico de peróxido de hidrógeno que por estequiometría equivale a la cantidad de volúmenes de oxígeno indicado. El objetivo es verificar si ese porcentaje se mantiene estable a lo largo del tiempo.

La temperatura de dilución es la medida del calor presente en la crema al momento de realizar la dilución del peróxido de hidrógeno y se considera como un punto de vulnerabilidad para ocasionar la descomposición del peróxido de hidrógeno. Se evaluaron tres temperaturas de dilución distintas: 65, 50 y 35 °C. Siendo 65 °C la temperatura a la que se está agregando el peróxido durante la fabricación de la crema, mientras que 50 y 35 °C son temperaturas alternativas experimentadas a nivel laboratorio.

Se realizó un estudio de estabilidad acelerada durante 3 meses, tomando 3 muestras y colocándolas a temperatura ambiente, 3 muestras se colocarían en un refrigerador a temperatura baja y 3 muestras se colocarían en un horno a temperatura alta. Cada mes se verificaron los parámetros de estabilidad para determinar la manera en que el tiempo y las condiciones de almacenaje influyen en la variación de los valores de dichos parámetros. Las condiciones fueron las siguientes:

- Se realizó en frascos de vidrio neutro transparente y sellado de forma hermética.
- Se evitó la exposición directa con el aire a la hora de envasar las muestras.
- Se dejó un espacio vacío (*head space*) para posibles intercambios gaseosos.
- Duración: 90 días.
- Periodicidad de análisis: evaluación en tiempo cero, 24 horas, 7, 15, 30, 60, 90 días.
- Temperaturas de análisis:
  - Altas: 40 °C (Horno)
  - Ambiente: 25 °C
  - Bajas: 5 °C (Refrigerador)
- Parámetros de estabilidad evaluados: pH, densidad, viscosidad, concentración del peróxido de hidrógeno.

En la tabla VI, se describe el diseño experimental planteado basado en un estudio de estabilidad a corto plazo.

Tabla VI. **Diseño experimental estudio de estabilidad**

Grupo de muestras	Medición inicial	Diferentes temperaturas ambiente	Medición 24h	Medición 7 días	Medición 15 días	Medición 30 días	Medición 60 días	Medición 90 días
G1	O <sub>1</sub>	-	O <sub>8</sub>	O <sub>15</sub>	O <sub>22</sub>	O <sub>29</sub>	O <sub>36</sub>	O <sub>43</sub>
G2	O <sub>2</sub>	X <sub>1</sub>	O <sub>9</sub>	O <sub>16</sub>	O <sub>23</sub>	O <sub>30</sub>	O <sub>37</sub>	O <sub>44</sub>
G2	O <sub>3</sub>	X <sub>2</sub>	O <sub>10</sub>	O <sub>17</sub>	O <sub>24</sub>	O <sub>31</sub>	O <sub>38</sub>	O <sub>45</sub>
G2	O <sub>4</sub>	X <sub>3</sub>	O <sub>11</sub>	O <sub>18</sub>	O <sub>25</sub>	O <sub>32</sub>	O <sub>39</sub>	O <sub>46</sub>
G3	O <sub>5</sub>	X <sub>1</sub>	O <sub>12</sub>	O <sub>19</sub>	O <sub>26</sub>	O <sub>33</sub>	O <sub>40</sub>	O <sub>47</sub>
G3	O <sub>6</sub>	X <sub>2</sub>	O <sub>13</sub>	O <sub>20</sub>	O <sub>27</sub>	O <sub>34</sub>	O <sub>41</sub>	O <sub>48</sub>
G3	O <sub>7</sub>	X <sub>3</sub>	O <sub>14</sub>	O <sub>21</sub>	O <sub>28</sub>	O <sub>35</sub>	O <sub>42</sub>	O <sub>49</sub>

Fuente: elaboración propia.

Donde:

G1 = Grupo de muestras de control 0 vol

G2 = Grupo de muestras concentración 20 vol diluido a 35° C, 50° C y 65° C

G3 = Grupo de muestras concentración 30 vol diluido a 35° C, 50° C y 65° C

X<sub>1</sub> = Temperatura alta

X<sub>2</sub> = Temperatura ambiente

X<sub>3</sub> = Temperatura baja

- = Ausencia de estímulo

O<sub>n</sub> = Medición de parámetros de estabilidad donde n es el correlativo de la medición

Para llevar a cabo los ensayos en el laboratorio se realizarán los siguientes pasos:

- Se tomó una muestra de 9 Kg crema base, a partir de un granel en el punto previo a que se le adicione el peróxido de hidrógeno.

- Se midieron los parámetros de pH, viscosidad y densidad de la muestra recolectada del granel.
- Se dividió la muestra de 9Kg en 18 partes iguales para realizar distintas diluciones en función de las 3 temperaturas y 2 concentraciones a evaluar.
- Se calentaron la muestra de crema base a las temperaturas deseadas para realizar la dilución.
- Se realizó la dilución de peróxido de hidrógeno al 50 %, según la concentración buscada y se enfrió la muestra.
- Se midió el pH de cada una de las muestras utilizando un potenciómetro.
- Se midió la viscosidad en centipoise (cps) de cada una de las muestras utilizando un viscosímetro Brookfield.
- Se calculó la densidad de cada una de las muestras, a partir de la tara, el peso bruto y volumen obtenido utilizando un picnómetro para sólidos. El cálculo se hizo, según la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{(mb - mt)}{V}$$

Donde:

$\rho$  = densidad

$mb$  = peso bruto

$mt$  = tara

$V$  = volumen

- Se midió la concentración del peróxido de hidrógeno, por medio de titulación utilizando el método de yodometría indirecta.

Los pasos 6, 7, 8 y 9 se realizaron repetidamente a lo largo del tiempo de experimentación para todas las muestras, los días 1, 7, 15, 30, 60 y 90, a partir del día de la preparación de las muestras, para registrar su tendencia de variación



a lo largo del tiempo en las tres condiciones de temperatura de almacenaje establecidas: 40, 35 y 5 ° C respectivamente.

Para obtener el dato de concentración por medio de titulación utilizando el método de yodometría indirecta, se realizó el siguiente procedimiento en el cual todas las soluciones involucradas son adquiridas directamente del proveedor:

- Se tomó una muestra de 0.2 g de crema y se diluirá en 50 mL de agua des ionizada.
- Se midieron 5mL de ácido sulfúrico al 20 % y se adicionarán a la muestra ya diluida.
- Se midieron 10mL yoduro de potasio al 15 % y se adicionarán a la muestra ya diluida.
- Se adicionaron 3 gotas de molibdato de amonio al 0.5 % a la muestra.
- Se dejó reposar la muestra durante 10 minutos en la oscuridad.
- Se agregaron 3 gotas de almidón al 1 %
- Se procedió a titular la muestra con una solución de tiosulfato de sodio al 0.1 N
- Con el gasto de tiosulfato de sodio en mL se calculó la concentración de peróxido de hidrógeno en la muestra con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ peróxido} = \frac{V \times 34.02 \times N \times 100}{E \times 2000}$$

Donde:

$V$  = volumen en mL gastado de tiosulfato de sodio 0.1 N

$N$  = normalidad de la solución de tiosulfato de sodio (0.1 N)

$E$  = peso en gramos de la muestra (0.2 g)

Dichos datos se procesaron comparándolos con los parámetros de estabilidad definidos en la tabla II, para la aprobación del producto final.

La tercera etapa de la investigación consistió en evaluar la opinión de 20 clientes de la empresa que son consumidores de la crema reveladora de color. El tipo de muestra es no probabilística o dirigida, pues la elección se realizó a criterio del investigador con base en una lista general de clientes brindada por la empresa. Todos los clientes seleccionados son salones profesionales ubicados dentro de la ciudad de Guatemala. La encuesta fue cerrada y anónima. En el cuestionario se indagó al respecto de la expectativa del cliente con respecto a la calidad de la crema reveladora de color y su opinión sobre el producto.

A partir de los resultados obtenidos en las tres etapas descritas de la investigación se busca obtener los datos que respondan a los objetivos planteados. La primera etapa aporta principalmente al establecimiento de las variables del proceso que ponen en riesgo la estabilidad del peróxido de hidrógeno en la crema reveladora de color. La segunda etapa corresponde al análisis de la causa principal de la pérdida de calidad de la crema y además aporta datos para realizar una propuesta, para aumentar la estabilidad del producto. La tercera etapa complementa la información para proponer medidas, para aumentar la competitividad del producto en el mercado.

### 3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos, a partir de la observación del proceso de fabricación y los resultados de las mediciones de los parámetros de estabilidad que influyen en la calidad de una crema reveladora de color tomadas durante los 3 meses que duró el estudio de estabilidad. Finalmente, se presentan los resultados de la encuesta realizada a una muestra no probabilística de 20 clientes con respecto a la calidad esperada en una crema reveladora de color.

Para la elaboración del estudio se contó con la información en el protocolo de fabricación. Además, se obtuvo también el protocolo de análisis por parte de control de calidad. Las mediciones de la concentración del peróxido de hidrógeno se realizaron utilizando el método de yodometría indirecta.

Para establecer las variables del proceso que ponen en riesgo la estabilidad del peróxido de hidrógeno en la crema reveladora de color se presentan los siguientes resultados obtenidos a partir de la observación del proceso:

- Diagnóstico del proceso de fabricación

El proceso de la elaboración de la crema reveladora de color es el mismo para cualquiera de sus presentaciones, debido a que entre ellas lo que cambia es la cantidad de peróxido de hidrógeno que se le adiciona a la crema, con el fin de que esta equivalga a 10, 20, 30 o 40 volúmenes. Dicho proceso es originario de Alemania y ha sido utilizado sin cambios en los últimos años por la empresa. A continuación se describen las condiciones de elaboración y almacenaje de un lote de peróxido en crema de 20 volúmenes:

## Pesado de materiales

Se pesan los materiales en balanzas calibradas, los mismos cuentan con su aprobación respectiva por parte del departamento de control de calidad y están vigentes de acuerdo con su fecha de vencimiento.

## Proceso de fabricación

Siempre se emplea el mismo equipo, una marmita de acero inoxidable con capacidad de 1000 kg, la cual contiene de manera fija un agitador eléctrico de tipo hélice. La temperatura de entrada del agua de enfriamiento es de 22 °C y la de salida es de 30 °C, lo cual indica que si se está realizando el intercambio de calor deseado. Es habitual que la elaboración de este producto sea realizada por el mismo operario, quien se asegura de seguir los pasos establecidos en el procedimiento de elaboración de la crema, aunque se observa que adiciona el peróxido de hidrógeno estando la crema base a una temperatura de 65 °C y no a 80 °C como indica el procedimiento, luego deja la crema en la marmita durante toda la noche para poderla analizar y envasar al día siguiente.

Durante la entrevista realizada al operario indica que adicionó el peróxido a una temperatura distinta, porque a un inicio lo hacía a 80 °C, pero no daba la viscosidad deseada, que las instrucciones vinieron de control de calidad, pero que nunca se actualizó el máster de fabricación al respecto. También indicó que desconoce al respecto de la calibración de su termómetro, que la marmita enfría parejo y que él considera que la crema da problemas cuando no se deja enfriar de un día para otro sino que se envasa en el mismo día. En el proceso se observa que la agitación no provoca la suficiente turbulencia para mover vigorosamente la crema, lo cual puede colaborar a que el enfriamiento sea lento y la viscosidad en algún momento pueda llegar a ser menor que la deseada.

### Análisis de la muestra

La muestra fue analizada al día siguiente de la elaboración de la crema, estando ésta a 25 °C. Se realizó el análisis de pH obteniendo un resultado de 3.35, siendo el rango de 3.3 a 3.8 se considera aceptable. Luego se realizó el análisis de viscosidad y se obtuvo un resultado de 4,900 cps, el rango de aceptabilidad es de 3,000 a 5,000 cps, por lo que la viscosidad es adecuada. Se midió la densidad por medio de un picnómetro y se obtuvo una densidad de 1.0499 g/mL, la cual está dentro del rango de 1.02 a 1.06 g/mL.

Finalmente, se realizó el análisis de concentración del peróxido utilizando una dilución de 0.2 g de crema en 50 mL de agua desionizada a la cual se le adicionaron 5 mL de ácido sulfúrico al 20 % y 10 mL de yoruro de potasio al 15 % y 3 gotas de molibdato de amonio al 0.5 % dejando reposar 10 minutos en la oscuridad para que reaccione. Luego se procedió a agregar un poco de almidón lo cual tornó café la solución y fue titulado con tiosulfato de sodio 0.1 N hasta que se aclaró. Las soluciones empleadas en para preparar la muestra son preparadas en el laboratorio, a partir de reactivos de alta pureza y con vida útil vigente. La solución de tiosulfato empleada para titular la muestra viene con esa concentración de origen y también está vigente en su vida útil. Las condiciones de almacenaje de los reactivos son las adecuadas, ya que en el laboratorio no se sobrepasan los 23 °C y se mantienen guardadas lejos de la luz solar. La concentración dio como resultado un 6.2 % de peróxido de hidrógeno, el cual es el máximo aceptable pues el rango necesario para esta presentación es de 6 a 6.2 %.

A partir de los resultados obtenidos y observando que la muestra cumple con la apariencia deseada (blanco, homogéneo, viscoso), se concluyó en aprobar el producto y autorizar su envasado.

La persona que analiza las muestras siempre es la misma, al preguntarle sobre los resultados históricos de los lotes de peróxido dijo que no se han rechazado al momento de la elaboración, los problemas han venido después del envasado, pues los resultados de las muestras que llegan son estables dentro de los rangos establecidos y consistentes entre sí. Se le comentó al respecto de la temperatura de dilución del peróxido real versus la indicada en las instrucciones y dijo que el protocolo alemán indicaba 80 °C, pero como no se lograba la viscosidad ni la concentración deseada se modificó la temperatura a 65 °C y eso fue casi desde un inicio de la historia de la fabricación del producto en la empresa, pero que no se realizó la actualización del máster de fabricación en el sistema.

Se midió el pH de una muestra de la crema base antes del peróxido y una muestra posterior a agregar el peróxido y no se observó diferencia significativa en el mismo, se consultó al respecto de qué se haría si hubiera una diferencia de pH en el resultado final del producto y la respuesta de la analista fue que no sabría, ya que desconoce cómo modificar el pH y que no les ha ocurrido tal caso.

#### Envasado del producto

De acuerdo con las recomendaciones del protocolo alemán original se indica que el envase sea virgen, es decir, que el plástico no debe ser reciclado, ya que puede contener contaminantes. Se emplean envases blancos y negros para ambas presentaciones. Al momento de averiguar el motivo por el cual hay dos envases fue indicado que fue por retrasos en el área de compras. El envase lleva dos etiquetas tipo sticker, una frontal y una trasera, las cuales son colocadas previo al llenado.

El envasado del producto se realizó a temperatura ambiente (25° C), con una máquina de llenado automática conectada por medio de manguera al tonel

del producto, por lo que no había manipulación directa del producto en el proceso. La manguera succiona el producto, el producto pasa a través de la máquina llenadora y cae por medio de una boquilla dentro del envase que sostiene la operaria.

Se tapa la unidad utilizando una taponadora eléctrica y se empacan doce unidades en el corrugado. El proceso de empaque de un lote promedio dura alrededor de 2 horas.

#### Condiciones de almacenaje

En los días inmediatos no se observa ningún cambio en el envase del lote observado, la temperatura en bodega se mantiene en el rango de 20 a 25 °C, no existe sistema de enfriamiento ni existe un control de temperatura en el área. Las instalaciones poseen techo de aluminio y paredes de block, cuentan con una puerta ancha que se mantiene abierta permitiendo la circulación de aire. Los encargados de bodega al ser entrevistados señalan que el problema del peróxido consiste en que el envase se infla, cuando se destapa se derrama y en ocasiones la tapadera se rompe haciendo que el producto que contiene se derrame, en la mayoría de los casos ocurre ya cuando el producto está con el cliente, lo que provoca las devoluciones, aunque en un par de ocasiones sí llegó a ocurrir en la bodega de la empresa. Hacen la anotación que el problema ocurre en lugares calurosos principalmente, donde la temperatura ambiente suele ser mayor de 30 °C.

Al observar las muestras de retención de lotes históricos, se evidencia que se utilizan dos diferentes colores de envase, blanco y negro, y en ambos casos se observan derrames de producto o deformaciones del envase, aunque la tendencia de ocurrencia es mayor en las unidades con envase negro.

Las observaciones realizadas nos llevan a cuestionar cuál es la magnitud de la influencia que pueda tener el envase negro y el blanco en la degradación del producto y también si se observará una mejora en la estabilidad del producto si el peróxido de hidrógeno se agrega a temperaturas menores que 65 °C.

- Resultados de análisis de parámetros de estabilidad

Con el objetivo de analizar la causa principal de la pérdida de calidad en la crema reveladora de color, se realizó la experimentación a nivel laboratorio diluyendo el peróxido en la crema a dos temperaturas distintas: 50 °C y 35 °C. La experimentación se hizo preparando crema a 20 y a 30 volúmenes. Los parámetros de estabilidad evaluados en las muestras son densidad, viscosidad, pH y concentración. Dichos parámetros también fueron controlados en una muestra de control (crema base sin peróxido) y en una muestra de la crema que se comercializa, de presentación de 30 volúmenes, en la cual el peróxido se diluyó a 65 °C.

En cada caso se colocaron muestras a temperatura ambiente de 40, 25, y 5 °C como se establece en el diseño experimental del estudio de estabilidad (Tabla IV). En todas las muestras se monitorearon los parámetros de estabilidad durante tres meses para verificar si los mismos variaban conforme avanzaba el tiempo.

Por motivos de practicidad y con el fin de facilitar la comparación de resultados entre muestras, en cada figura presentada en esta sección se agruparon los resultados de las 3 muestras preparadas en las mismas condiciones pero colocadas en distinta temperatura ambiente. El eje X de las gráficas es el indicador de días transcurridos. En todas las gráficas podrá observar cómo el conteo se reinicia al tratarse de una muestra a temperatura distinta: primero la muestra colocada a 40 °C, luego la muestra colocada a 25 °C,

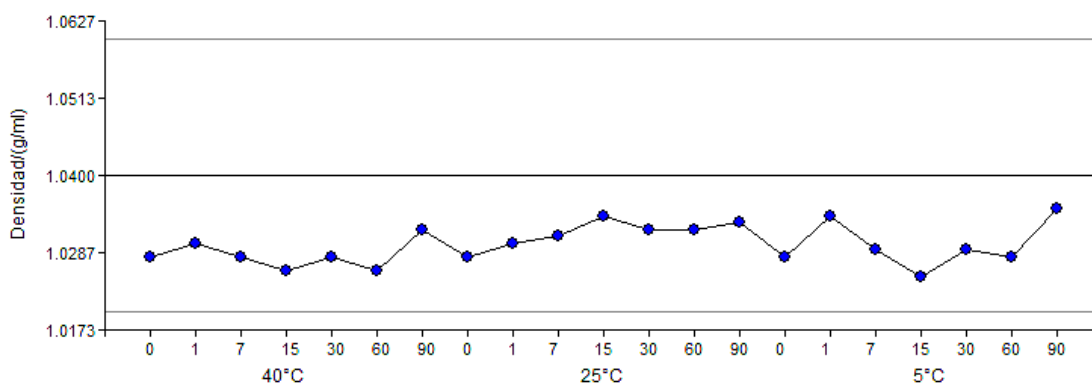


por último, la muestra colocada a 5 °C. El eje Y corresponde al parámetro que se está controlando. A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada parámetro evaluado en cada grupo de muestras.

### Densidad

Se evaluó la densidad en las muestra de control y en las muestras de 20 y 30 volúmenes colocadas a temperatura ambiente de 40 °, 25 °, y 5 °C. La figura 5 nos indica la estabilidad de la densidad para la muestra de control:

**Figura 5. Estabilidad de densidad para muestra de control**



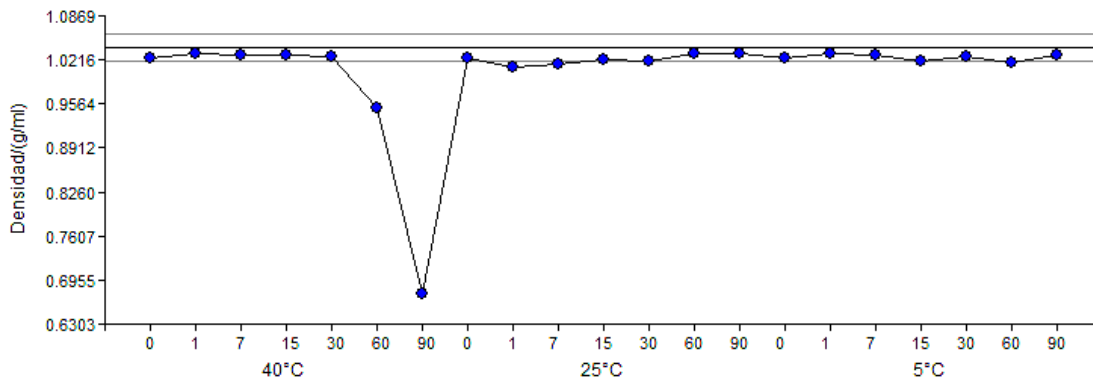
Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la gráfica de la figura 5, las muestras de control colocadas a temperatura de 40, 25 y 5 °C presentaron lecturas variadas de densidad a lo largo del tiempo, pero la densidad promedio en cada una de las muestras fue de 1.03 g/mL, lo cual está dentro del límite mínimo establecido para la densidad, según la tabla II, la cual indica que la densidad esperada de la crema debe ser de 1.02 a 1.06 g/mL.

La figura 6 muestra el comportamiento de la densidad para la preparación a 20 volúmenes realizada diluyendo el peróxido de hidrógeno a 35 °C. De igual

manera, se compara la densidad promedio en la muestra almacenada a 40 °C, la muestra almacenada a 25 °C y la muestra almacenada a 5 °C.

Figura 6. **Estabilidad de densidad para preparación a 20 volúmenes a 35 °C**

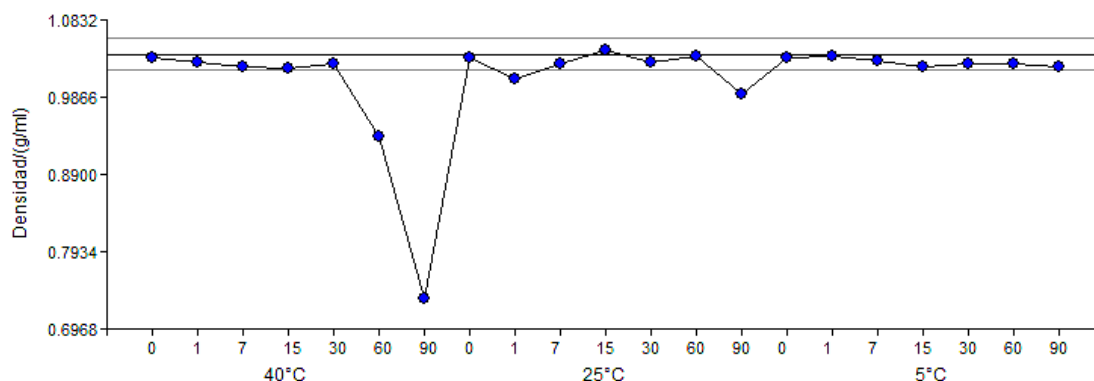


Fuente: elaboración propia.

La primera parte de la gráfica de la figura 6 muestra el comportamiento de la densidad de la muestra almacenada a 40 °C. Allí se puede observar que a partir de la lectura de los 30 días, la densidad disminuye drásticamente a 0.96 y a 0.68 g/mL en la lectura de 90 días. Dicho fenómeno no fue observado en las muestras almacenadas a 25 °C y a 5 °C. En la muestra almacenada a 25° C se obtuvo una lectura promedio de 1.02 g/mL y en la muestra almacenada a 5 °C se obtuvo una lectura promedio de 1.03 g/mL, estando ambas lecturas dentro del rango establecido en la tabla II.

La figura 7 muestra el comportamiento de la densidad para la preparación a 20 volúmenes realizada diluyendo el peróxido de hidrógeno a 50° C. De igual manera, se compara la densidad promedio en la muestra almacenada a 40° C, la muestra almacenada a 25° C y la muestra almacenada a 5° C.

Figura 7. **Estabilidad de densidad para preparación a 20 volúmenes a 50 °C**

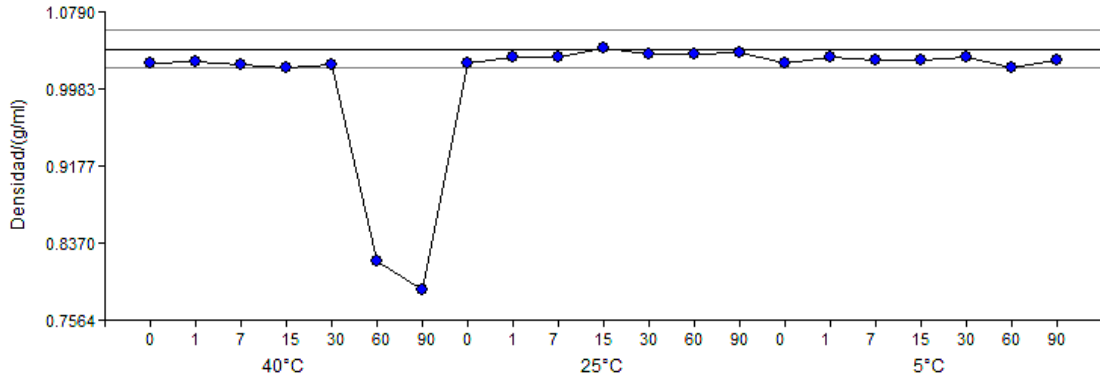


Fuente: elaboración propia.

En la primera parte de la figura 7, se observan las lecturas correspondientes a la densidad de la muestra de 40 °C y de nuevo se obtiene una caída de densidad drástica en la muestra a partir de los 30 días de almacenamiento a esa temperatura. Por otra parte, los resultados de la muestra almacenada a 25 °C fueron bastante estables, manteniendo un promedio de 1.02 g/mL, lo cual está dentro del rango de densidad considerado aceptable. Solamente la lectura a los 90 días de almacenamiento disminuyó a 0.99 g/mL, saliéndose del límite de aceptabilidad. Ahora bien, las lecturas de la muestra almacenada a 5 °C se observan aún más estables, con un promedio de 1.03 g/mL, estando todos los datos dentro del rango.

La figura 8 muestra el comportamiento de la densidad para la preparación a 30 volúmenes realizada diluyendo el peróxido de hidrógeno a 35 °C. De igual manera, se compara la densidad promedio en la muestra almacenada a 40 °C, la muestra almacenada a 25 °C y la muestra almacenada a 5 °C.

Figura 8. **Estabilidad de densidad para preparación a 30 volúmenes a 35 °C**

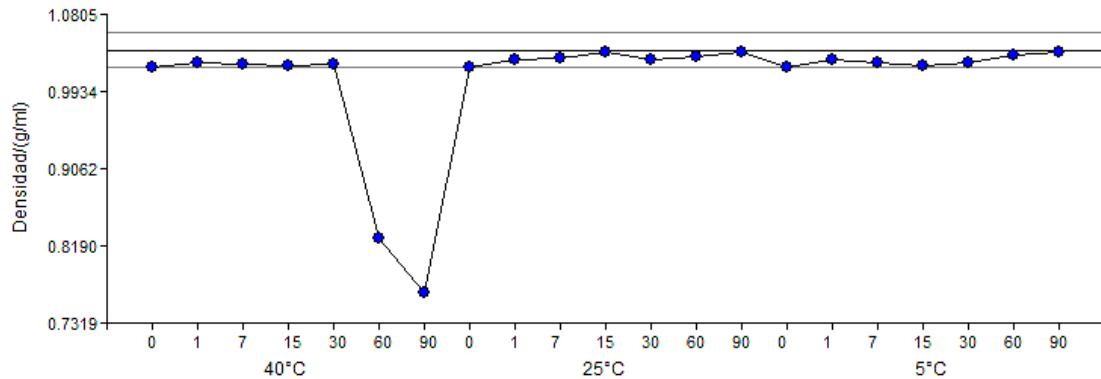


Fuente: elaboración propia.

De nuevo, en la figura 8, se puede observar que para la muestra almacenada a 40 °C la densidad decae drásticamente a partir de los 30 días. Mientras que las lecturas correspondientes a las muestras almacenadas a 25 °C y 5 °C se observan estables y dentro del rango, obteniendo promedios de 1.04 y 1.03 g/mL respectivamente.

La figura 9 muestra el comportamiento de la densidad para la preparación a 30 volúmenes realizada diluyendo el peróxido de hidrógeno a 50 °C. De igual manera, se compara la densidad promedio en la muestra almacenada a 40 °C, la muestra almacenada a 25 °C y la muestra almacenada a 5 °C.

Figura 9. **Estabilidad de densidad para preparación a 30 volúmenes a 50 °C**

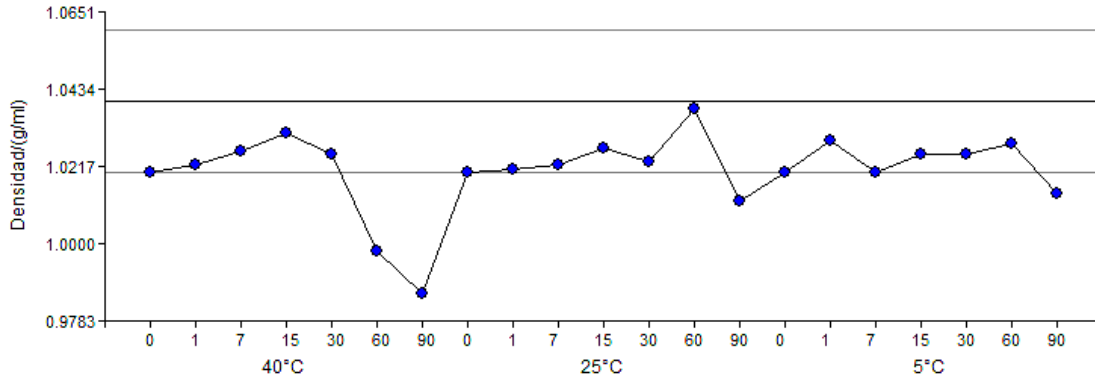


Fuente: elaboración propia.

La figura 9 coincide con la tendencia en el comportamiento de la densidad de la muestra almacenada a 40 °C, en la cual a partir de la lectura de 30 días se observa un descenso muy marcado. En el caso de las muestras almacenadas a 25 °C y 5 °C se observa que se mantienen estables y dentro del rango de permisividad.

La figura 10 muestra el comportamiento de la densidad para la preparación a 30 volúmenes realizada diluyendo el peróxido de hidrógeno a 65 °C. Estas muestras corresponden al producto terminado que está a la venta. En la gráfica se compara la densidad promedio en la muestra almacenada a 40 °C, la muestra almacenada a 25 °C y la muestra almacenada a 5° C.

Figura 10. **Estabilidad de densidad para preparación a 30 volúmenes a 65 °C**



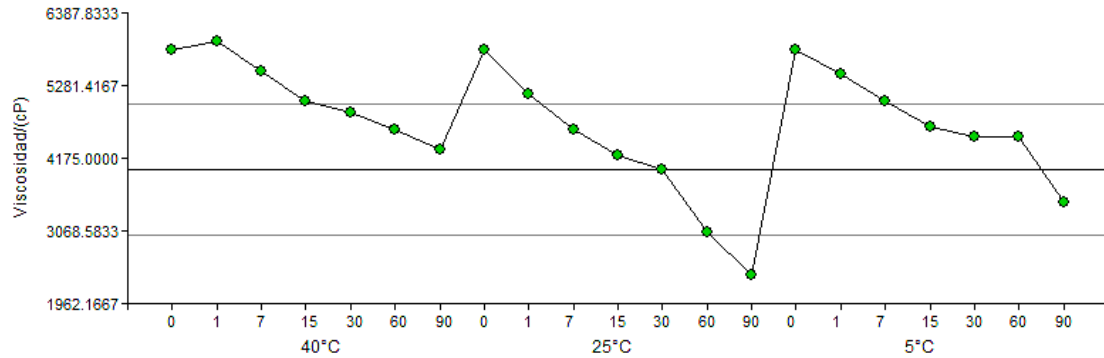
Fuente: elaboración propia.

En la figura 10, se observa la tendencia de disminución de densidad que tuvo la muestra almacenada a 40 °C, la cual coincide con suceder a partir del día 30. La muestra almacenada a 25 °C se mantiene dentro de rango, luego en el día 60 sube de 1.02 a 1.04 g/mL, pero baja drásticamente a 1.01 en el día 90. De igual manera, la tendencia de la muestra almacenada a 5 °C indica que la densidad se mantiene dentro del rango hasta los 60 días y para el día 90 ya es menor que el límite inferior permitido, estando en 1.01 g/mL.

### Viscosidad

Se evaluó la viscosidad en las muestra de control y en las muestras de 20 y 30 volúmenes colocadas a temperatura ambiente de 40, 25, y 5 °C. La figura 11 indica la estabilidad de la viscosidad para la muestra de control:

Figura 11. Estabilidad de viscosidad para muestra de control

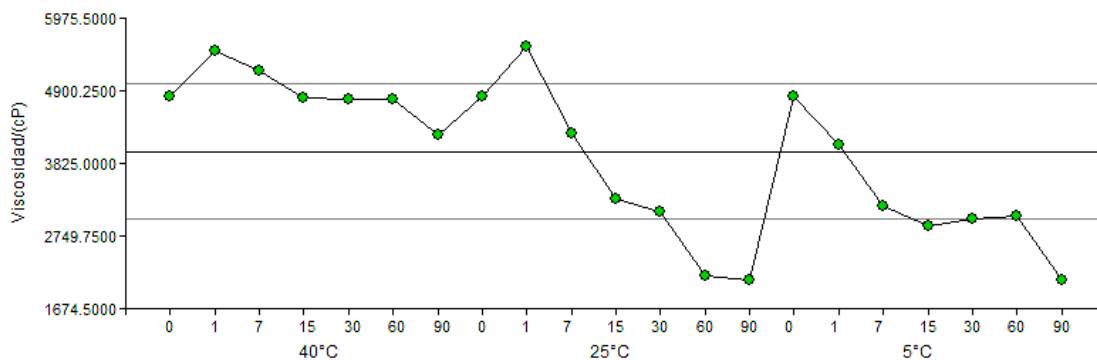


Fuente: elaboración propia.

En la figura 11 se puede observar que la viscosidad inicial en las tres muestras evaluadas es de 5,825 cps, la cual estaba sobre el parámetro máximo establecido de 5,000 cps, según la tabla II. Conforme transcurre el tiempo dicha viscosidad disminuye en todas las muestras. En la muestra de la crema base colocada a 40° C, se observa una disminución de viscosidad hasta 4,300 cps, en la muestra colocada a 25 °C la viscosidad disminuye a 2,400 cps, estando por debajo del mínimo establecido de 3,000 cps; y en la muestra colocada a 5° C la viscosidad disminuye hasta 3,500 cps. Independientemente de la temperatura ambiente la tendencia de la crema es a perder viscosidad, pero el cambio se observó más drástico en la muestra de 25 °C.

En la figura 12, se observa la tendencia de la viscosidad de la crema de 20 volúmenes preparada diluyendo el peróxido a 35 °C:

Figura 12. **Estabilidad de viscosidad para preparación a 20 volúmenes a 35 °C**



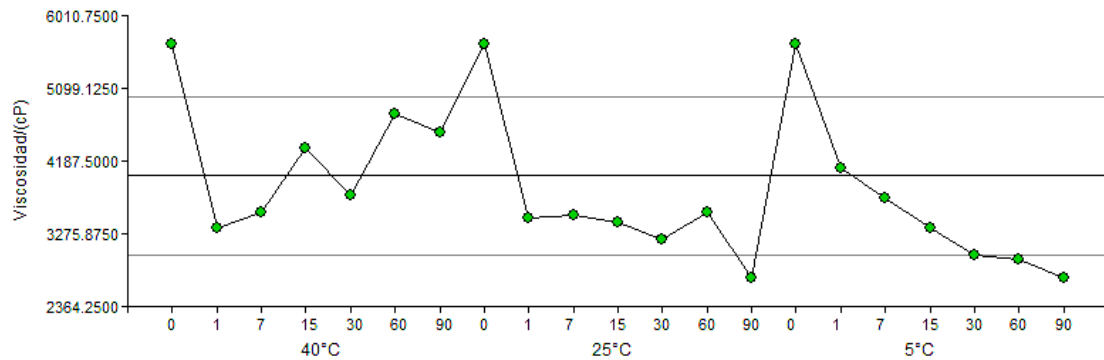
Fuente: elaboración propia.

La figura 12 confirma la misma tendencia observada en la figura 11 con respecto a la disminución de viscosidad de la crema. En la muestra colocada a 40 °C la viscosidad disminuye, pero aún se mantiene en rango establecido. En la muestra colocada a 25 °C el cambio es drástico y se finaliza con una viscosidad de 2,100 cps, menor al mínimo establecido de 3,000 cps en la tabla II y algo similar ocurre con la muestra a 5 °C, la cual también finaliza en 2,100 cps.

En la figura 13, se observa la tendencia de viscosidad para la preparación a 20 volúmenes diluyendo el peróxido de hidrógeno a 50° C:



**Figura 13. Estabilidad de viscosidad para preparación a 20 volúmenes a 50 °C**

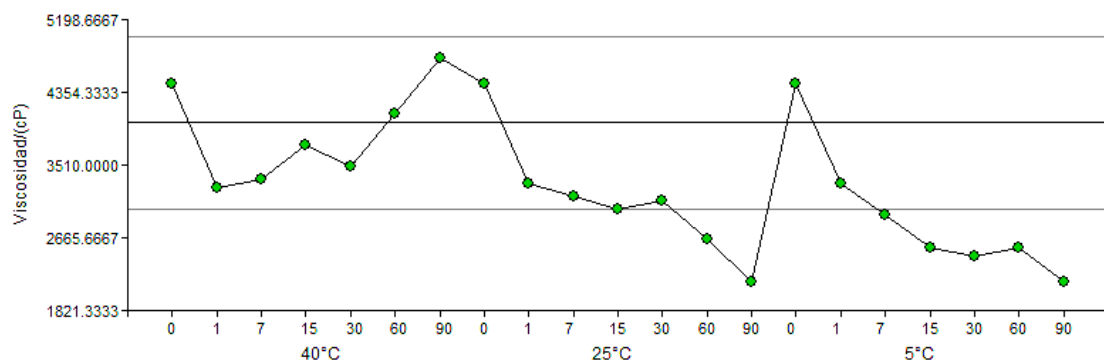


Fuente: elaboración propia.

La figura 13 ilustra un movimiento aleatorio en la viscosidad de la muestra colocada a 40 °C, pero siempre manteniéndose dentro del rango establecido. En la muestra colocada a 25 °C y la colocada a 5 °C también disminuye la viscosidad, en ambas se llega hasta 2,150 cps.

La figura 14 muestra la estabilidad de viscosidad para la preparación a 30 volúmenes diluyendo el peróxido a 35 °C:

**Figura 14. Estabilidad de viscosidad para preparación a 30 volúmenes a 35 °C**

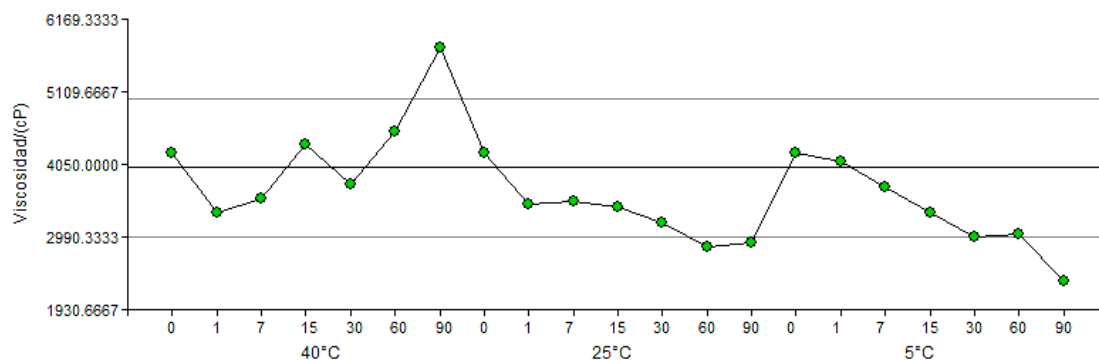


Fuente: elaboración propia.

En la figura 14 se confirma la tendencia observada en las gráficas anteriores en la cual la viscosidad disminuye conforme transcurre el tiempo, obteniendo en este caso una viscosidad de 2,725 cps a los 90 días, tanto en la muestra a 25 °C y a 5 °C.

La figura 15 indica la estabilidad de la viscosidad para la preparación a 30 volúmenes diluyendo el peróxido a 50 °C:

Figura 15. **Estabilidad de viscosidad para preparación a 30 volúmenes a 50 °C**

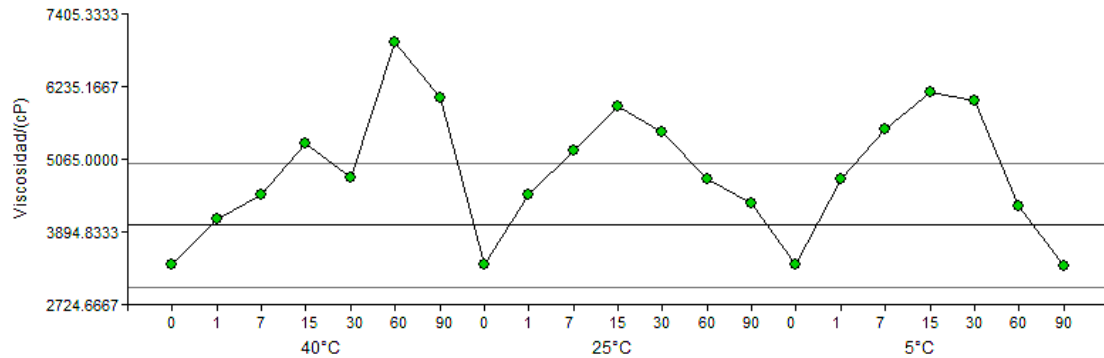


Fuente: elaboración propia.

En la figura 15, se encontró que la muestra a 40 °C se mantiene dentro del rango de viscosidad y luego aumenta hasta 5,750 cps, superando el límite máximo de 5,000 cps establecido. En las muestras a 25 °C y 5 °C si se observa tendencia a descender llegando a 2,900 y 2,750 cps respectivamente. A pesar que igual terminan por debajo del límite inferior, se observa que el dato es más cercano al límite que en los casos de las figuras 14, 13, 12 y 11.

La figura 16 da la viscosidad del producto terminado, con una concentración de 30 volúmenes preparada a 65° C:

Figura 16. **Estabilidad de viscosidad para preparación a 30 volúmenes a 65 °C**



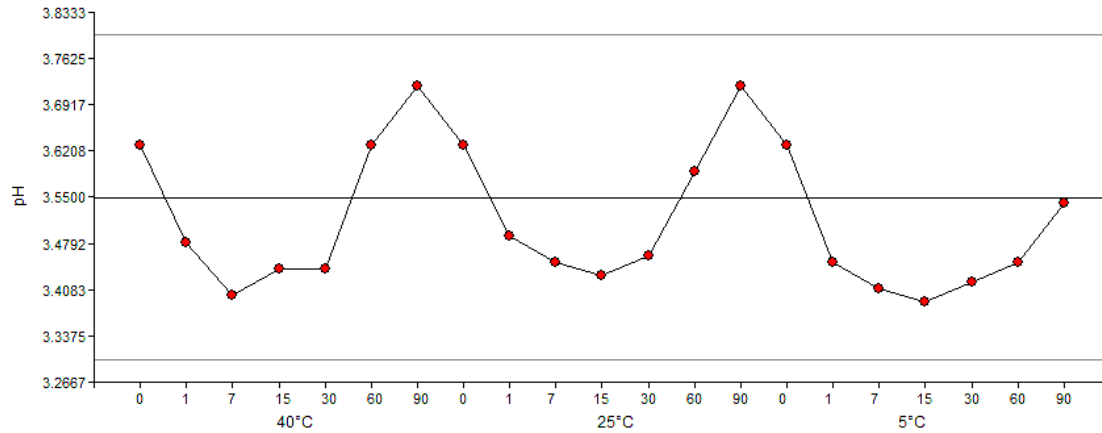
Fuente: elaboración propia.

La figura 16 presenta un fenómeno interesante en las muestras, ya que al inicio, durante los primeros 15 días, se observa en las 3 muestras una tendencia de aumento en la viscosidad, la cual después disminuye en los casos de las muestras de 25 °C y 5 °C mientras que en el caso de 40 °C continuó en aumento. A los 90 días, las muestras a 25 °C y 5 °C aún se encuentran dentro del rango, con 4,350 y 3,350 cps respectivamente.

## pH

Se evaluó el pH en las muestra de control y en las muestras de 20 y 30 volúmenes colocadas a temperatura ambiente de 40, 25, y 5 °C. La figura 17 indica la estabilidad del pH para la muestra de control:

Figura 17. Estabilidad de pH para la muestra de control

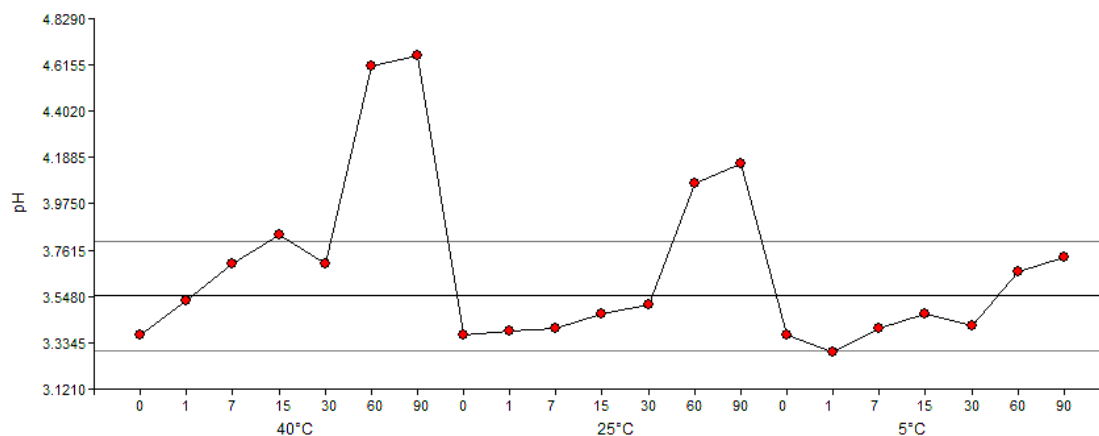


Fuente: elaboración propia.

A pesar de que en la figura 17 se observa una curva en el pH de la muestra colocada a 40 °C, a 25 °C y a 5 °C, la aleatoriedad de los datos se mantiene dentro de los parámetros de pH establecidos en la tabla II, que corresponden a los valores 3.3 y 3.8

La figura 18 muestra el comportamiento de la estabilidad del pH para la preparación a 20 volúmenes diluyendo el peróxido a 35 °C:

Figura 18. **Estabilidad de pH para la preparación a 20 volúmenes a 35 °C**

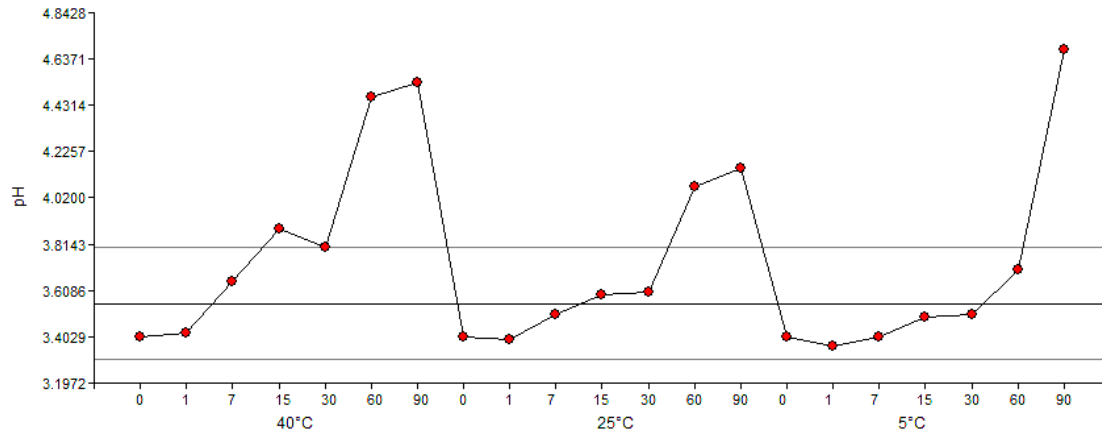


Fuente: elaboración propia.

En el caso de las muestras representadas en la figura 18, se observa un aumento marcado en el pH en el día 60 de la muestra almacenada a 40 °C y la almacenada a 25 °C, así como una tendencia de aumento en la almacenada a 5 °C aunque esta si permanece dentro del rango permitido.

En la figura 19, se presenta la estabilidad del pH para la preparación a 20 volúmenes diluyendo el peróxido a 50 °C:

Figura 19. **Estabilidad del pH para la preparación a 20 volúmenes a 50 °C**

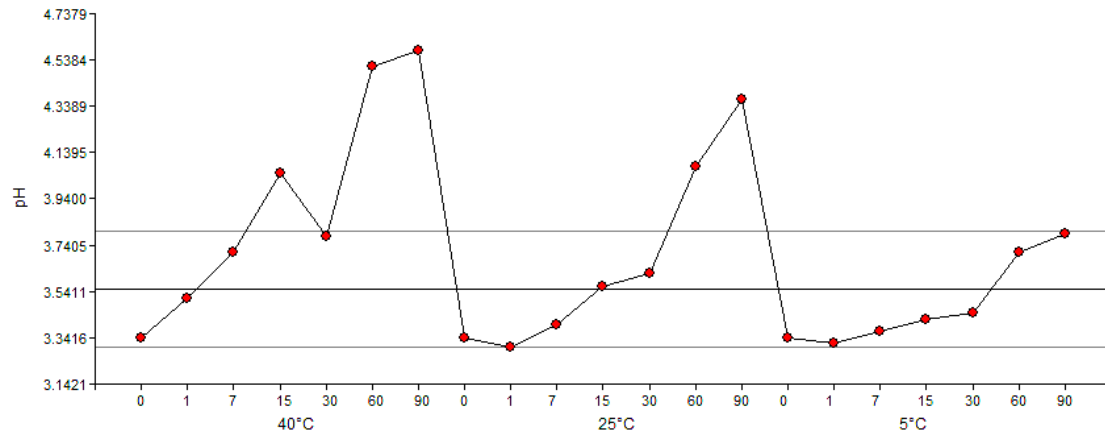


Fuente: elaboración propia.

La figura 19 evidencia un claro aumento de pH en las tres muestras, independientemente de la temperatura de almacenaje.

La figura 20, sobre la estabilidad del pH para la preparación a 30 volúmenes a 35 °C, conserva exactamente la misma tendencia que la figura 18, indicando que independientemente de la cantidad de peróxido el pH irá en aumento y será más rápido para las muestras almacenadas a 40 y 25 °C. Particularmente, el aumento drástico se observa en la medición del día 60 para ambas muestras.

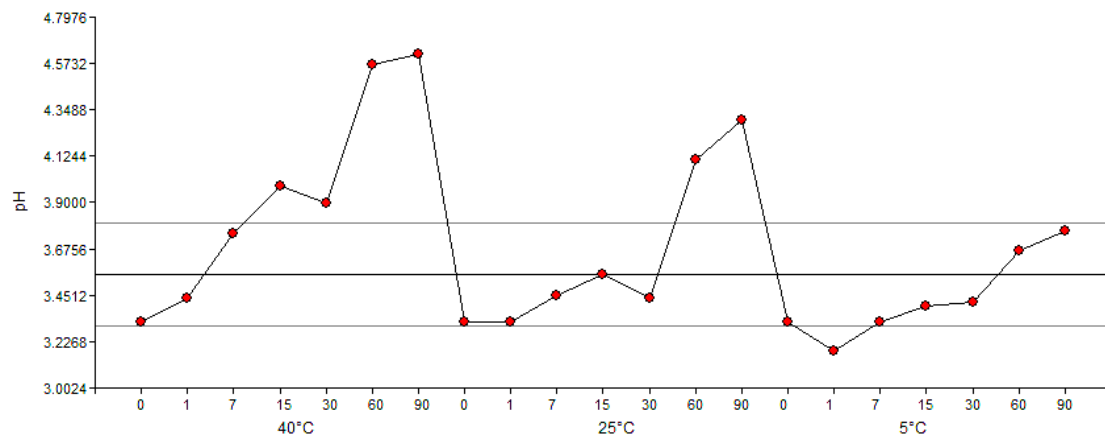
**Figura 20. Estabilidad del pH para la preparación a 30 volúmenes a 35 °C**



Fuente: elaboración propia.

La figura 21 presenta la estabilidad del pH para la preparación a 30 volúmenes a 50 °C. y se observa que mantiene la misma tendencia trazada en las figuras anteriores. Presenta un aumento drástico de pH en el día 60 para la muestra a 40 °C y un aumento marcado para el resto de las muestras.

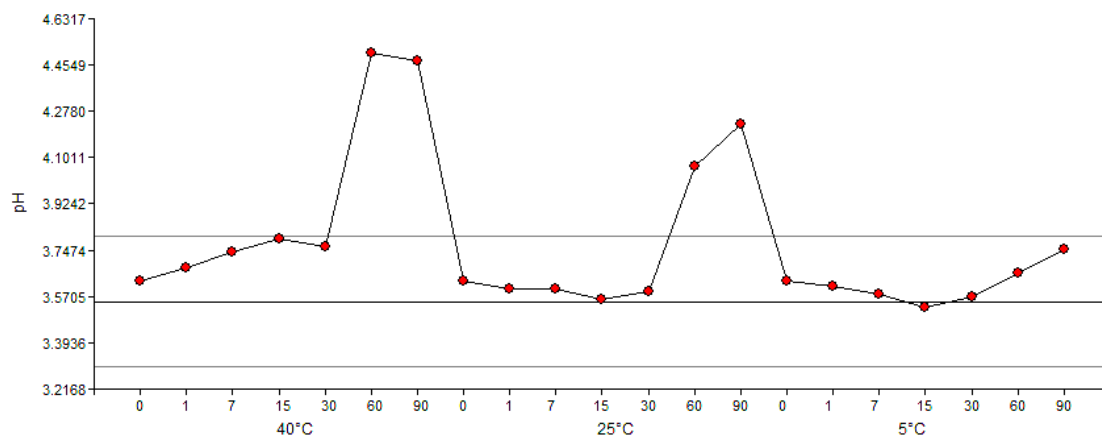
**Figura 21. Estabilidad del pH para la preparación a 30 volúmenes a 50° C**



Fuente: elaboración propia.

Se realizó la evaluación del pH en una muestra de producto terminado preparada a 30 volúmenes diluyendo el peróxido a 65 °C, los resultados se presentan en la figura 22. Llama la atención que la tendencia del aumento de pH siempre se presenta en la muestra a 40 °C y a 25 °C en el día 60.

Figura 22. **Estabilidad del pH para la preparación a 30 volúmenes a 65 °C**



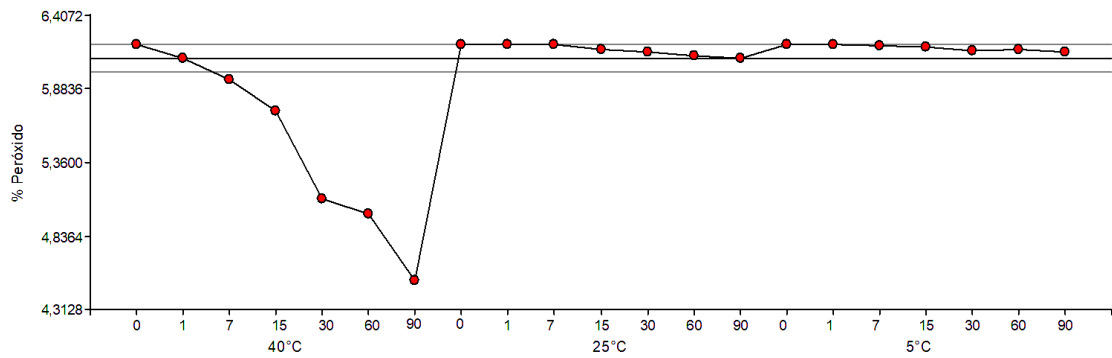
Fuente: elaboración propia

### Concentración de peróxido

Se realizó la evaluación en las muestras de 20 y 30 volúmenes preparadas a 35 y 50 °C, así como en el producto terminado de 30 volúmenes preparado a 65 °C para determinar la tendencia de la concentración a lo largo del tiempo. La figura 23 presenta la tendencia de la concentración del peróxido en la muestra preparada a 20 volúmenes diluyendo el peróxido a 35 °C:



**Figura 23. Estabilidad de peróxido para preparación a 20 volúmenes a 35 °C**

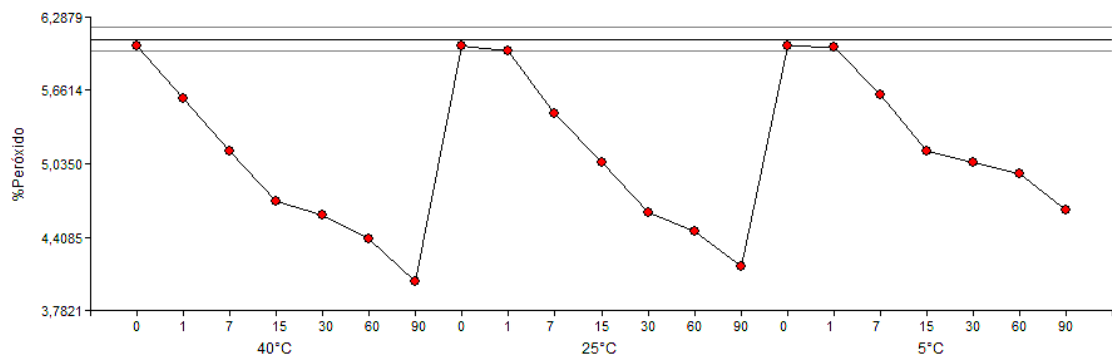


Fuente: elaboración propia.

En la figura 23 se puede observar como en el caso de la muestra almacenada a 40 °C la concentración baja consistentemente conforme pasa el tiempo, mientras que en las muestras almacenadas a 25 y 5 °C la concentración se mantiene más estable y dentro del rango establecido.

En la figura 24 se observa la estabilidad del peróxido para la preparación a 20 volúmenes diluyendo el peróxido a 50 °C:

**Figura 24. Estabilidad de peróxido para preparación a 20 volúmenes a 50 °C**

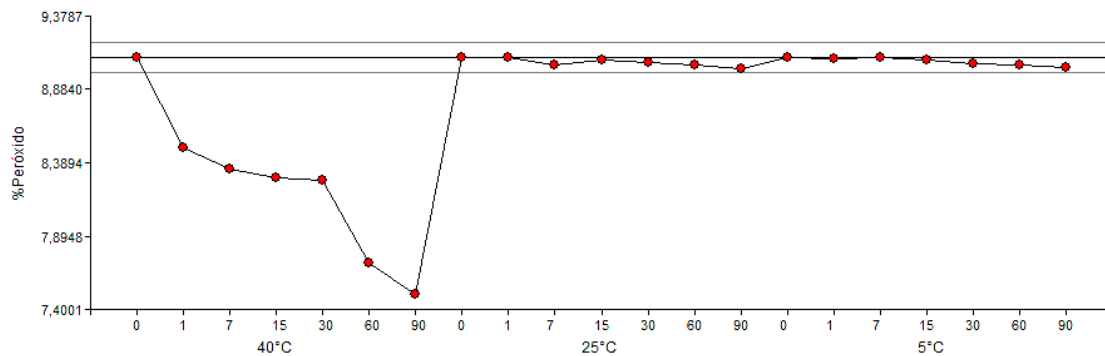


Fuente: elaboración propia.

La figura 24 evidencia cómo la concentración disminuye drásticamente en todas las muestras conforme pasa el tiempo, sin importar la temperatura ambiente a la que estén almacenadas.

En la figura 25 se grafica la estabilidad del peróxido para la preparación a 30 volúmenes diluyendo el peróxido a 35 °C:

Figura 25. **Estabilidad de peróxido para preparación a 30 volúmenes a 35 °C**

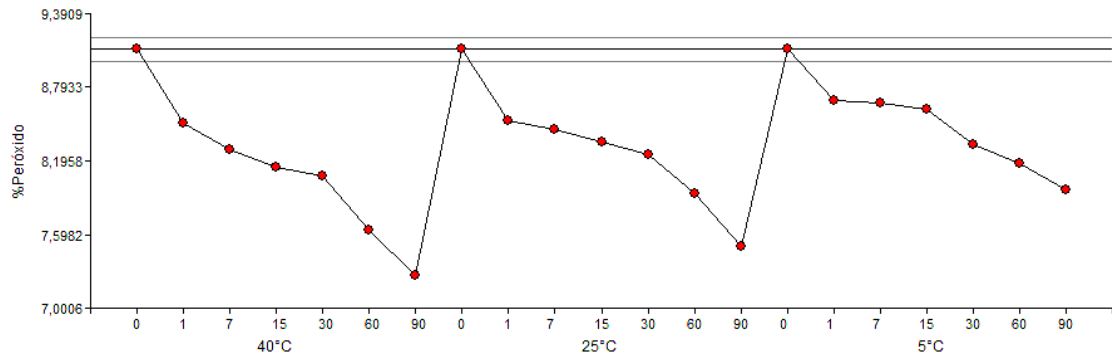


Fuente: elaboración propia.

Tal como se observa en la figura 25, la muestra almacenada a 40 °C pierde concentración de peróxido a lo largo del tiempo mientras que las muestras almacenadas a 25 y 5 °C conservan la concentración establecida en los parámetros de aceptación de la tabla II.

La figura 26 demuestra cómo la concentración de peróxido en las muestras de preparación a 30 volúmenes diluyendo el peróxido a 50 °C disminuye a lo largo de tiempo, sin importar la temperatura de almacenaje.

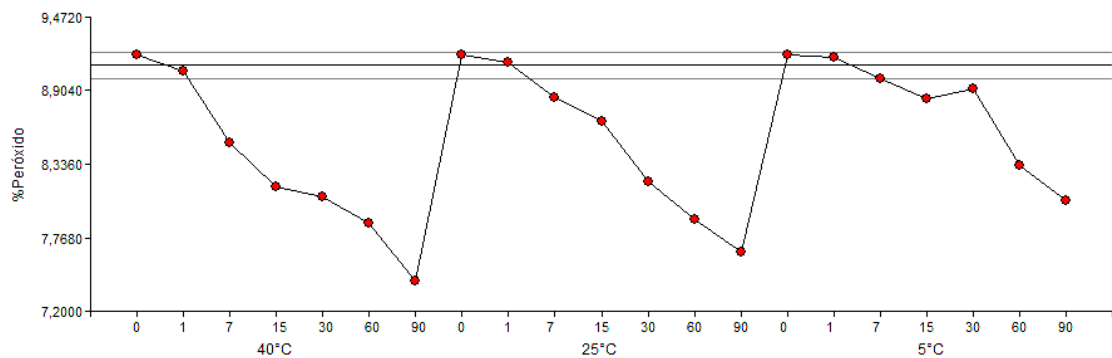
**Figura 26. Estabilidad de peróxido para preparación a 30 volúmenes a 50 °C**



Fuente: elaboración propia.

La figura 27, que corresponde a la estabilidad del peróxido para la preparación a 30 volúmenes a 65 °C, también muestra una tendencia de descenso en la concentración de peróxido a lo largo del tiempo, independientemente de la temperatura de almacenamiento.

**Figura 27. Estabilidad de peróxido para preparación a 30 volúmenes a 65 °C**



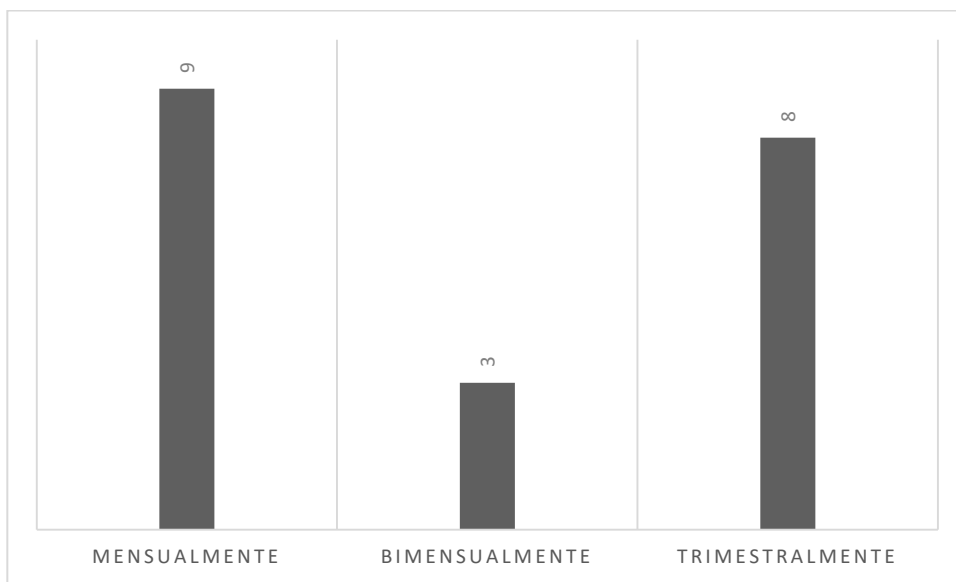
Fuente: elaboración propia.

- **Perspectiva del cliente**

Con el afán de proponer medidas para aumentar competitividad del producto, se realizó una breve encuesta para conocer la perspectiva de 20 clientes, salones profesionales, con respecto a la calidad de la crema reveladora de color y se obtuvieron los siguientes resultados:

Se les preguntó a los clientes con qué frecuencia suelen adquirir el producto, la respuesta se describe en la figura 28:

**Figura 28. Frecuencia de compra del peróxido**

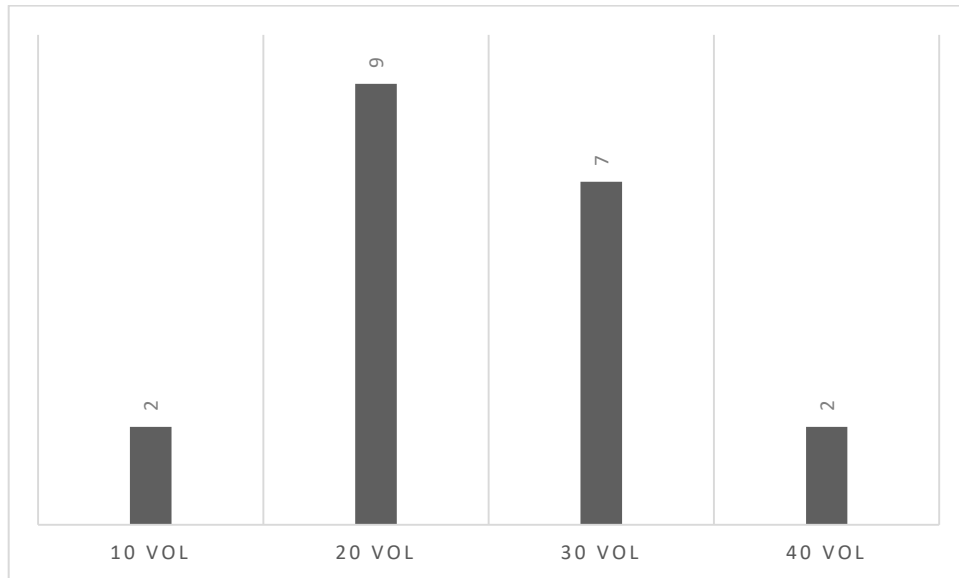


Fuente: elaboración propia.

En la figura 28, se observa que la mayor tendencia de compra entre los clientes es mensual, seguido por la trimestral y en menor frecuencia es la bimensual.

Se les preguntó a los clientes la concentración que suelen comprar con más frecuencia:

Figura 29. **Volumen adquirido usualmente**

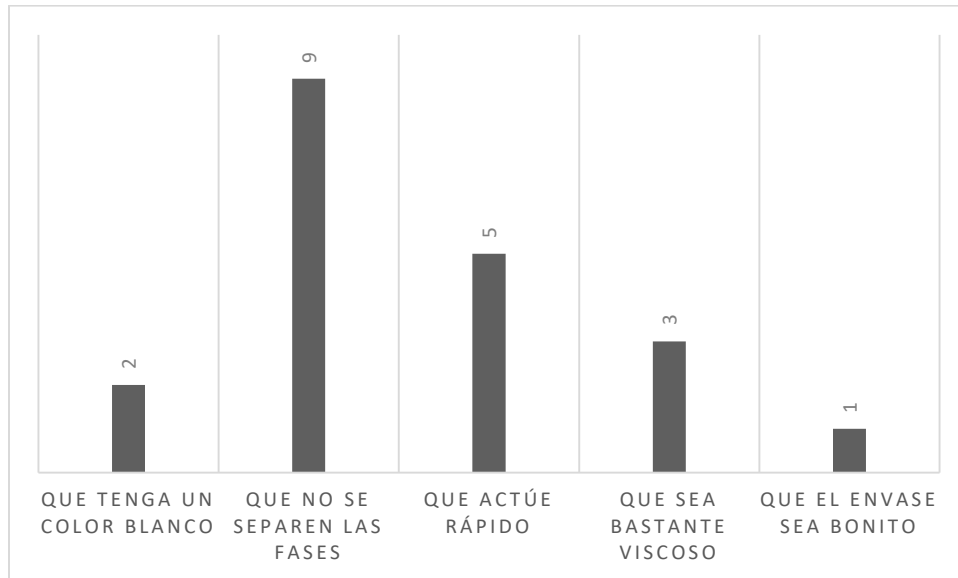


Fuente: elaboración propia.

La figura 29 indica que la concentración que más suelen comprar los clientes encuestados es el de 20 volúmenes seguida por la de 30 volúmenes.

Se les consultó sobre los aspectos importantes que consideran en la calidad de una crema reveladora de color y respondieron lo siguiente:

Figura 30. Aspectos de calidad en la crema reveladora de color

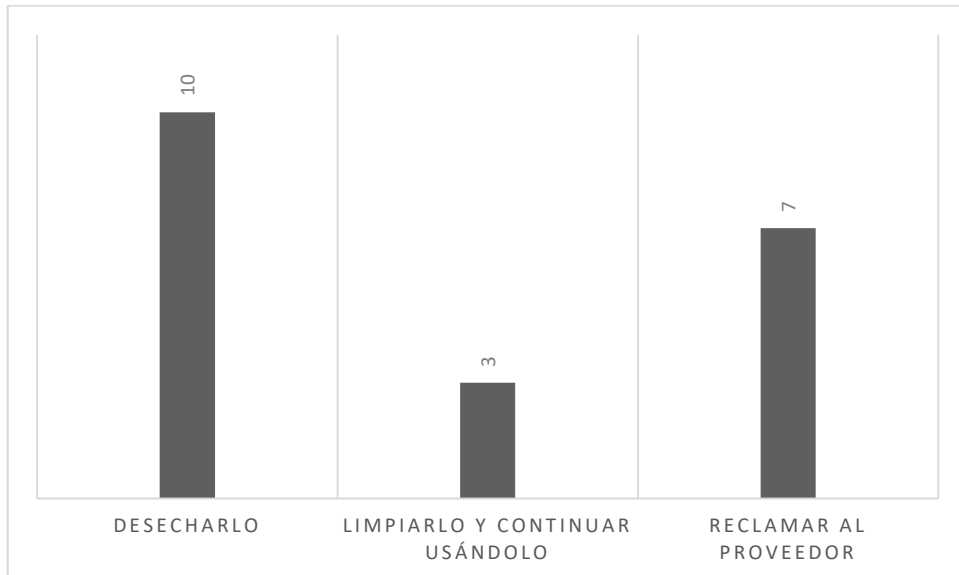


Fuente: elaboración propia.

Para el cliente, de acuerdo con la figura 30, los aspectos más relevantes de calidad en la crema reveladora de color son, que no se separe en fases y que actúe rápido al momento de decolorar el cabello. Como un tercer aspecto importante está que la viscosidad tenga buena apariencia.

Se les consultó a los clientes qué harían con el producto en caso de observar un derrame y la respuesta fue la siguiente:

Figura 31. ¿Qué haría en caso de observar derrame?

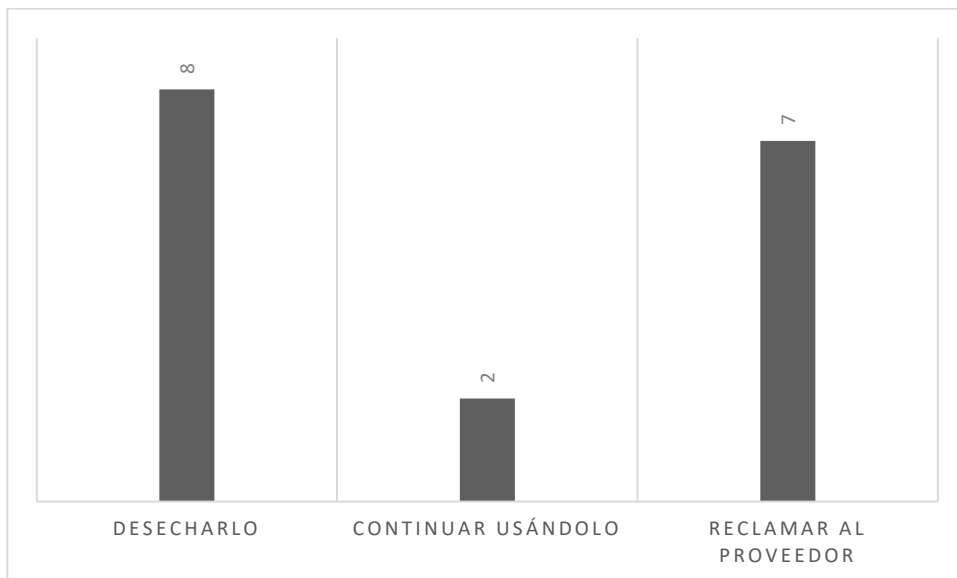


Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 31, la mayoría en caso de un derrame elige desecharlo. Solamente el 35 % de los encuestados indicó que reclamaría al proveedor. De los 20 encuestados 3 indicaron que limpiarían el envase y continuarían utilizando el producto.

Al consultarles a los clientes qué harían en caso de observar el envase deformado respondieron:

Figura 32. **¿Qué haría en caso de observar deformación en el envase?**



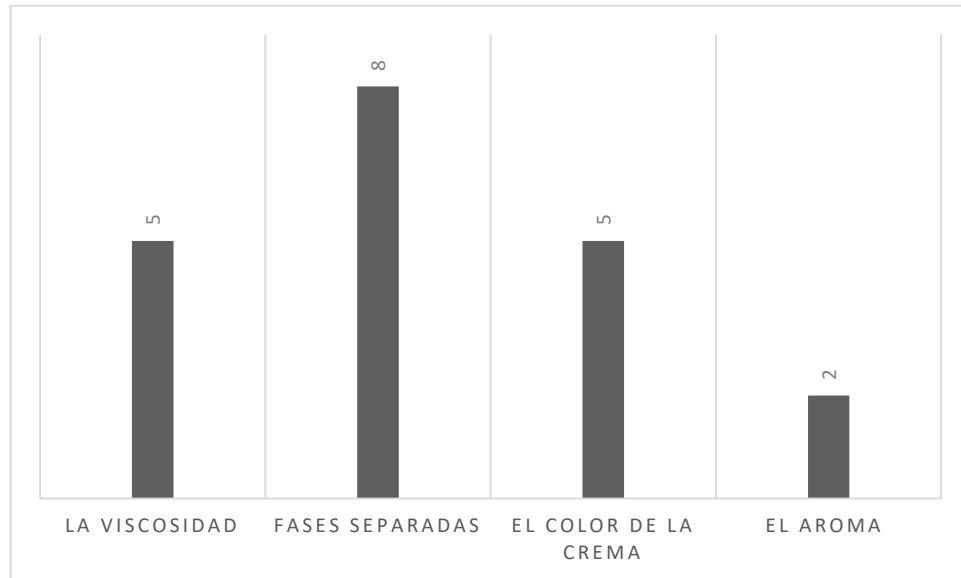
Fuente: elaboración propia.

Como consta en la figura 32, la mayoría elige desecharlo, seguido muy de cerca por la opción de reclamar al proveedor. Solamente 2 personas harían caso omiso de la situación y continuarían utilizándolo.

Se les consultó sobre los aspectos que les hacen dudar sobre la calidad de una crema reveladora de color e indicaron lo siguiente:



Figura 33. Aspectos que hacen dudar de la calidad de la crema

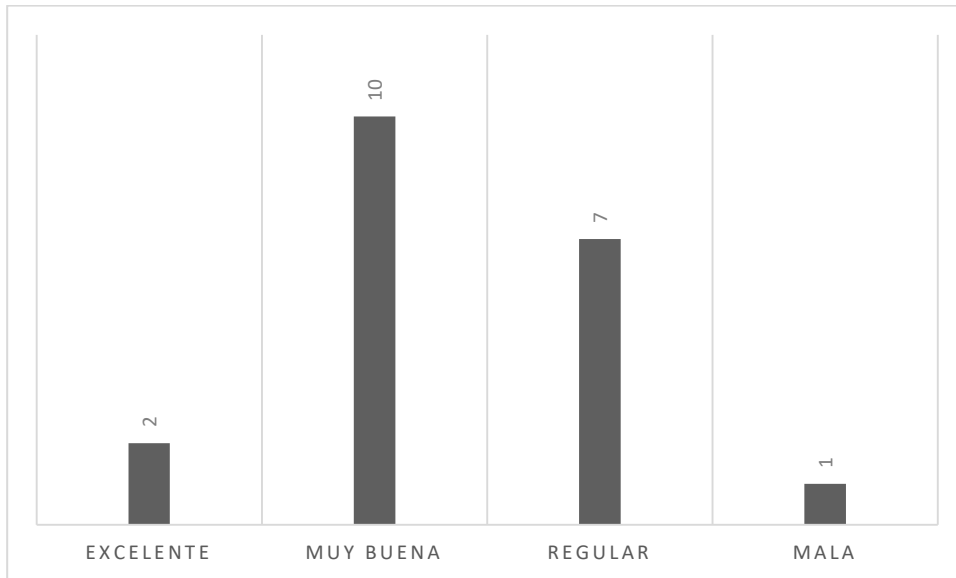


Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la figura 33, los aspectos que más provocan duda sobre la calidad de la crema reveladora de color es que se observen fases separadas, seguido por el color de la crema y la viscosidad de la crema, según indican en observaciones no debe ser muy líquida.

Con respecto a la marca que se está evaluando, se les pidió a los clientes que calificaran, según su calidad, los resultados se observan en la figura 34.

Figura 34. **Calificación de la marca evaluada**

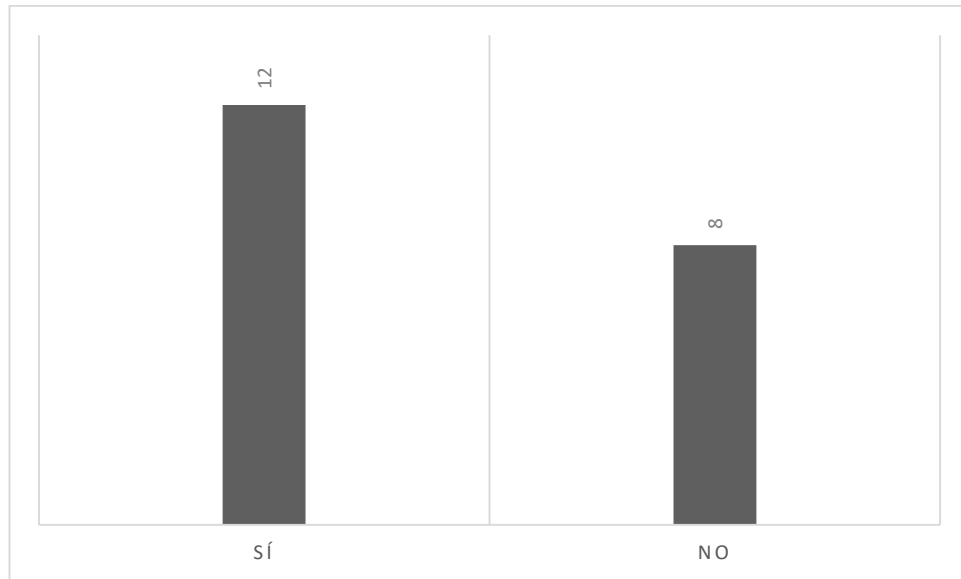


Fuente: elaboración propia.

Como consta en la figura 34, la mitad de los clientes encuestados calificaron la marca como muy buena, seguido por la calificación de regular. Los clientes que indicaron dicha calificación han tenido la experiencia que la crema se les ha derramado.

Finalmente se les consultó sobre la tendencia a utilizar el peróxido en crema con el tinte de la misma marca y su respuesta fue la siguiente:

Figura 35. **¿Suele combinar el peróxido en crema con el tinte de la misma marca?**



Fuente: elaboración propia.

La mayoría respondió que sí prefiere utilizar la misma marca, ya que funciona mejor el tinte. 8 personas indicaron que no pues utilizan variedad de marcas de tinte.



## 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con el fin de determinar el parámetro de estabilidad que altera la calidad en la crema reveladora de color, se analizan y discuten los resultados obtenidos a partir de la observación del proceso de fabricación y los resultados de las mediciones de los parámetros de estabilidad que influyen en la calidad de una crema reveladora de color tomadas durante los 3 meses que duró el estudio de estabilidad. Esto permite establecer las variables del proceso que ponen en riesgo la estabilidad del peróxido de hidrógeno.

Adicionalmente se discuten los resultados de la encuesta realizada a una muestra no probabilística de 20 clientes con respecto a la calidad esperada en una crema reveladora de color. De esta manera, además de contar con datos cuantitativos sobre la tendencia de los parámetros de calidad evaluados en la crema, a través del tiempo, se puede corroborar la perspectiva del cliente sobre la calidad del producto y así llegar a analizar de una manera amplia la causa principal de la pérdida de calidad de la crema reveladora de color.

El análisis realizado de los datos cuantitativos y cualitativos permite proponer medidas a realizar para aumentar la estabilidad del producto y la competitividad del mismo en el mercado. Como preámbulo a la discusión de resultados, a continuación se establece el análisis interno y externo de la investigación.

- Análisis interno de la investigación

En el momento de la observación del proceso resaltaron varias particularidades del proceso de producción que deben de considerarse, pues influyen negativamente en la calidad de los resultados. Un ejemplo es que no tienen una adecuada documentación de los pasos a seguir en el proceso, ya que el documento maestro indica una temperatura de dilución distinta a la que se utiliza realmente. Además no se tiene certeza que la temperatura sea exacta, pues el termómetro empleado no tiene un registro de calibración.

Un aspecto positivo es que la crema siempre se fabrica en el mismo equipo, por lo que no debería de haber variabilidad significativa entre un lote y otro. Aun así, el equipo no parece tener las condiciones de agitación y enfriamiento óptimas para el proceso, lo cual provoca que el proceso de fabricación sea tardado.

Durante el proceso del estudio de estabilidad a corto plazo, no fue posible obtener datos para la dilución de 20 volúmenes a 65 °C, debido a que la emulsión se rompía, es decir que las fases se separaban a esa temperatura, al realizarla en el laboratorio y no había producción reciente de ese producto. Solamente fue posible evaluar la dilución de 30 volúmenes, pues se tomaron muestras de una producción que se estaba realizando al momento de iniciar la fase experimental. Otra variable que no fue posible analizar en el estudio de estabilidad fue la influencia del envase, ya que la capacidad del horno no era suficiente para introducir todas las muestras en su envase original, por lo tanto, se realizó únicamente con frascos de vidrio.

En el caso de las encuestas, se encontró la dificultad de que la empresa no contaba con una base de datos electrónica de sus clientes y solamente tenían la dirección física. Muchos de ellos no estaban ubicados en la ciudad, por lo que no fue posible tomarlos en cuenta y a raíz de eso, la muestra es no probabilística.

Se considera que la metodología empleada fue adecuada, pero las limitaciones encontradas durante el proceso dan lugar a que se pueda ampliar la investigación en los aspectos en los que no fue posible obtener datos. En especial sobre el tema de probable influencia del envase en la pérdida de calidad del producto y realizando un estudio de mercado más amplio, esperando que la empresa logre coleccionar datos de sus clientes que permitan realizar encuestas vía electrónica o de manera remota.

- Análisis externo de la investigación

Los resultados obtenidos a partir de la presente investigación se consideran válidos solamente para el producto evaluado en la empresa productora de cosméticos, debido a que las condiciones de fabricación e ingredientes pueden variar en cada producto y empresa.

El instrumento de observación es una guía general de los detalles que se deben de anotar para analizar el proceso específico de la fabricación de un peróxido de hidrógeno en crema, el mismo podría ser aplicado en la investigación del proceso de una crema reveladora de color en una empresa diferente. La encuesta deberá ser adaptada, según las necesidades e intereses particulares de la investigación que se desee realizar, por lo que no es utilizable en otros estudios.

Los métodos de análisis de estabilidad a corto plazo y de medición de los parámetros de estabilidad evaluados, son aplicables a otras investigaciones por ser metodología estándar. Así lo es también la técnica de la encuesta para conocer la perspectiva de un cliente con respecto a un producto.

- Diagnóstico del proceso de fabricación

El proceso de la elaboración de la crema reveladora de color es el mismo para cualquiera de sus presentaciones, debido a que entre ellas lo que cambia es la cantidad de peróxido de hidrógeno que se le adiciona a la crema, con el fin de que esta equivalga a 10, 20, 30 o 40 volúmenes. Beauty Market (2011), indica que al expresar la concentración de peróxido en volúmenes se refiere a de litros de oxígeno que se forman en la descomposición de un litro de disolución.

No se observó problema alguno en los materiales al ser pesados. Aun cuando el peróxido se encuentra dentro de su período de vigencia, según la etiqueta del envase, surge la duda si como materia prima puede estar alterada la concentración original. En la empresa no se realizan análisis para corroborar la concentración del peróxido al momento de su ingreso ni con el tiempo de almacenaje. Trebal (1974) en su artículo menciona un estudio en el cual evaluó la estabilidad y descomposición de las disoluciones de peróxido de hidrógeno:

En dicho estudio se compara la estabilidad del peróxido de hidrógeno en condiciones puras y diluidas en agua, en función de la temperatura desde 50 a 70 °C, llegando a encontrar que por cada 10 °C de aumento se incrementa la descomposición en un factor exponencial de  $2.2 \times 10^{-1}$  lo que implica que el peróxido puede guardarse sin que sufra pérdidas mayores al 1 %. Si la temperatura es de 100° C la descomposición sería de un 2 % en 24 horas. Así también se encontró que el peróxido de hidrógeno es estable en su concentración de 90 % pero su porcentaje de descomposición aumenta ligeramente en concentraciones entre 95 y 40 %. (p. 7)

Esto quiere decir entonces que solamente a altas concentraciones se puede garantizar que el peróxido de hidrógeno es estable y que conforme su concentración disminuye existe la posibilidad que su porcentaje de descomposición aumente. Esto también podría ser un indicativo que existe



descomposición al diluir el peróxido en la crema ya que la concentración es baja, rondando el 6 % en una crema de 20 volúmenes y el 9 % en una crema de 30 volúmenes como se puede observar en la tabla II.

Llama la atención que el protocolo estudiado en el análisis documental no coincidió en la temperatura a la cual se diluye el peróxido de hidrógeno, siendo más alta la del protocolo que la realidad. El hecho que la documentación no haya sido actualizada presenta una debilidad en su sistema de calidad, ya que el proceso se vuelve vulnerable a que ocurran errores en caso que fuera necesario que otro trabajador realice la fabricación. Así también, el hecho de utilizar un termómetro que no ha sido calibrado no da seguridad que la medición de la temperatura sea exacta. El estudio realizado por Paternina, Arias, & Barragán (2009), da luz al hecho que la temperatura cataliza la reacción del peróxido de hidrógeno conforme esta aumenta:

En dicho estudio se analizó la descomposición catalizada del peróxido de hidrógeno en una superficie sólida evaluando el efecto de la concentración inicial del reactivo y la temperatura mediante una ley de velocidad típica de una reacción en fase homogénea obteniendo una reacción de primer orden cuya constante de velocidad aumenta en función de la temperatura. (p. 1)

Al analizar la muestra de la crema se obtienen todos los parámetros de estabilidad se encuentran dentro de los rangos establecidos en la tabla II. Se observa que la muestra cumple con la apariencia deseada (blanco, homogéneo, viscoso) y por lo tanto, el lote es aprobado y se autorizar su envasado.

De la Macorra García, *et al.* (2004), en su estudio cinético de la descomposición del peróxido de hidrógeno en condiciones de extrema alcalinidad determinaron que:

Analizando el efecto de cuatro concentraciones de un medio alcalino (0, 2, 3, y 4 %) y tres temperaturas (90, 110 y 130 °C) desde el punto de vista cinético para el aumento de la descomposición, se confirmó que las órdenes de reacción son 0 respecto al peróxido de hidrógeno y que tanto la temperatura de operación como el pH elevado aceleran la reacción de descomposición del peróxido de hidrógeno. (p. 3)

Estos resultados permiten prever que las condiciones de pH y de temperatura dentro del estudio a realizar son variables relevantes con respecto a la velocidad de descomposición del peróxido de hidrógeno. Se midió el pH de una muestra de la crema base antes del peróxido y una muestra posterior a agregar el peróxido y no se observó diferencia significativa en el mismo, por lo que se descarta que el pH del medio sea un factor de descomposición del peróxido durante la fabricación.

De acuerdo con las recomendaciones del protocolo alemán original se indica que el envase sea virgen, es decir, que el plástico no debe ser reciclado, ya que puede contener contaminantes. Dichos contaminantes a los que se refiere pueden servir como catalizadores de la reacción. Martínez Velásquez & Paniagua Gutiérrez (2010), realizaron un experimento al respecto de la descomposición catalítica del peróxido de hidrógeno:

Se evaluó la velocidad de reacción del peróxido de hidrógeno cuando se combina con diferentes concentraciones del catalizador condicromato de potasio. Se concluyó que la reacción es de orden cero sin importar la concentración del catalizador, pero sí se modifica la constante de rapidez habiendo un mayor volumen de oxígeno liberado cuando la concentración del catalizador era mayor. (p. 1)

Es entonces que la presencia de un catalizador, sin importar su concentración, puede desencadenar la reacción sin que el mismo reaccione con

el peróxido de hidrógeno. Como se desconoce el origen de los materiales cuando son reciclados, es mejor garantizar que el envase es formado con material totalmente nuevo. La empresa se asegura de adquirir envases que cumplan con este requisito, por lo que se descarta la influencia del envase en la descomposición del peróxido.

Al observar las muestras de retención de lotes históricos se evidencia que se utilizan dos diferentes colores de envase, blanco y negro, y en ambos casos se observan derrames de producto o deformaciones del envase, aunque la tendencia de ocurrencia es mayor en las unidades con envase negro. Esto nos lleva a cuestionar cuál es la magnitud de la influencia que pueda tener el envase negro y el blanco en la degradación del producto.

El envasado del producto se realizó a temperatura ambiente (25 °C), con equipo automático, de acero inoxidable. Durante el envasado se minimiza la manipulación del producto, por lo que se descarta que exista un riesgo en esta etapa de la fabricación.

Las condiciones de almacenaje en la bodega de la empresa no ponen en riesgo inmediato el producto, ya que no superan los 25 °C y se cumple con las recomendaciones de almacenaje. El Consejo Colombiano de Seguridad (2005), “Almacenar en lugares ventilados, frescos y secos. Mantener lejos de Fuentes de calor, chispa e ignición. Separar de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente y mantenerlos bien cerrados. Almacenar protegido de luz y a temperaturas inferiores a 35 °C”. (p. 2)

Los encargados de bodega al ser entrevistados señalan que el problema del peróxido consiste en que el envase se infla, cuando se destapa se derrama y en ocasiones la tapadera se rompe haciendo que el producto que contiene se derrame. Hacen la anotación que el problema ocurre en lugares calurosos

principalmente, donde la temperatura ambiente suele ser mayor de 30 °C. El Consejo Colombiano de Seguridad (2005), indica que: “el peróxido es estable bajo condiciones normales de presión y temperatura... Se deben evitar choques mecánicos, sustancias incompatibles, luz, Fuentes de ignición, generación de polvo, exceso de calor.” (p. 3) En este caso el mayor riesgo es representado por el aumento de temperatura en el área de almacenamiento.

- Resultados de análisis de parámetros de estabilidad

Con el objetivo de evaluar la causa principal de la pérdida de calidad en la crema reveladora de color, se realizó un estudio de estabilidad a corto plazo. En ese estudio se monitorearon los parámetros de estabilidad de diferentes muestras, preparadas bajo distintas condiciones de temperatura de dilución y almacenadas a distintas temperaturas, durante un periodo de 3 meses. De acuerdo con QuimNet (2017), los parámetros que usualmente se evalúan para determinar la estabilidad de productos cosméticos pueden ser organolépticos, fisicoquímicos y microbiológicos. Debido a la naturaleza del fenómeno investigado, en este caso se analizaron los parámetros fisicoquímicos que corresponden al valor del pH, la densidad, la viscosidad y la concentración.

Para determinar la influencia de la temperatura de dilución del peróxido de hidrógeno en su posterior descomposición, se comparan los resultados de muestras preparadas diluyendo el peróxido a 50 y a 35 °C junto con los resultados obtenidos para el producto terminado cuya temperatura de dilución es de 65 °C. Durante el proceso también se monitorearon los parámetros de pH, viscosidad y densidad de la crema base sin peróxido de hidrógeno añadido. La experimentación se hizo preparando crema a 20 y a 30 volúmenes para corroborar si la cantidad de peróxido agregado influye en los resultados.

A continuación se discuten los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros de estabilidad que fueron analizados en las muestras.

### Densidad

La disminución de densidad observada en las muestras almacenadas a 40 °C en las figuras 6, 7, 8 y 9 no se observa en la muestra almacenada a la misma temperatura de la figura 5, que corresponde a la muestra de control sin peróxido de hidrógeno agregado. Eso quiere decir que la presencia del peróxido de hidrógeno influye en ese resultado. El hecho que la disminución de la densidad ocurra sólo en el grupo de muestras almacenado a 40 °C confirma lo indicado por CIQUIME (2010) “Cuando la sustancia se encuentra por encima de la temperatura máxima de almacenamiento seguro (MSST), comienza a descomponerse... La MSST para el peróxido de hidrógeno es de 35 °C.” (p. 2) por lo que se puede decir que la presencia de burbujas de oxígeno derivado de la descomposición del peróxido de hidrógeno provoca la disminución de la densidad de la crema.

Al observar la gráfica en la figura 10 y compararla con las gráficas 5, 6, 7, 8 y 9, se observa claramente como la densidad es variable en cada medición realizada y que se sale del parámetro establecido al disminuir pasados los 90 días. Esta disminución de densidad se dio indistintamente de la cantidad de peróxido de hidrógeno agregado y se debe a la presencia de oxígeno en la crema, ocasionada por el desencadenamiento de la reacción del peróxido de hidrógeno. CIQUIME (2010), indica que: “La temperatura de descomposición autoacelerada (SADT) del peróxido de hidrógeno es de 50 °C. A esa temperatura el peróxido inicia una reacción en cadena que es imposible detener. Esta reacción provocará explosiones y proyecciones.” (p.2) Ya que el peróxido de hidrógeno se agregó a una temperatura mayor que la SADT se puede decir que esto ha causado la descomposición del mismo y por lo tanto, el oxígeno que se ha generado provoca

que la densidad de la crema disminuya pasados los 90 días, sin importar la temperatura de almacenamiento de la muestra. Aun así este fenómeno ocurre más rápido en la muestra a 40 °C por la influencia de la MSST.

### Viscosidad

En todas las muestras preparadas a nivel laboratorio, representadas en las figuras 12, 13, 14 y 15, se observa que la crema tiende a perder viscosidad al transcurrir el tiempo, independientemente de la presencia del peróxido de hidrógeno, y esto se comprueba viendo el comportamiento de la viscosidad de la crema base sin peróxido agregado dado en la figura 11.

La figura 16 presenta un fenómeno interesante en las muestras ya que al inicio muestras una tendencia de aumento en la viscosidad, la cual después disminuye en los casos de las muestras de 25 °C y 5 °C mientras que en el caso de 40° C continuó en aumento. A los 90 días, las muestras a 25 °C y 5 °C aún se encuentran dentro del rango, con 4,350 y 3,350 cps respectivamente.

Es importante recordar que las condiciones de preparación de las muestras de las figuras 12, 13, 14 y 15 son diferentes a las condiciones de la figura 16, ya que las anteriores son a nivel laboratorio y las de la figura 16 pertenecen al producto final fabricado en la marmita. Es probable que la diferencia en el comportamiento de la muestra se deba a esa diferencia en el proceso de preparación de la misma. Trebal (1974) indica que “No se ha verificado ningún efecto de descomposición por la agitación. Si se agita una solución de peróxido de hidrógeno, pueden formarse burbujas debido al desprendimiento de oxígeno de la sobresaturación, pero no ocurre un aumento de la descomposición.” Por lo tanto la variación en la viscosidad no se debe a la descomposición del peróxido.

La viscosidad es un parámetro para medir la calidad de la crema. Miranda González, *et al.* (2007), habla sobre la calidad basada en las características medibles del producto y considera como falta de calidad una variación en las cantidades de los ingredientes. Señala que se vuelve subjetivo considerar atributos que pueden ser apreciados de manera diferente por cada persona. Con base en esto, se puede decir que el valor de la viscosidad busca cumplir con la percepción subjetiva del cliente hacia el producto. La variación de la viscosidad no es causada por la presencia o falta del ingrediente activo, pero si esta no está acorde a la apariencia que el cliente desea del producto se dirá que la crema no cumple con la calidad esperada. Ya que la crema tiende a perder viscosidad a lo largo del tiempo se dirá entonces que su calidad disminuye con el tiempo aun cuando el producto sea funcional por cumplir con la concentración del ingrediente activo.

## pH

En la figura 17, los resultados se mantienen dentro de los parámetros de pH establecidos en la tabla II, que corresponden a los valores 3.3 y 3.8, en las muestras colocadas a 40, 25 y 5 °C. Considerando lo dicho por De la Macorra García,*et al.* (2004), "...tanto la temperatura de operación como el pH elevado aceleran la reacción de descomposición del peróxido de hidrógeno." (p. 3) Se puede decir que la crema base en sí no pone en riesgo el posible desencadenamiento de la reacción del peróxido de hidrógeno.

Las figuras 18, 19, 20, 21 y 22 tienen en común una mayor desviación de pH en las muestras almacenadas a 40 °C, así como una desviación marcada en la muestra almacenada a 25 °C, todas a partir de los 60 días. Esto evidencia que a pesar de que se esté cumpliendo con el parámetro de pH en el momento de evaluar la muestra, este parámetro es dinámico y presenta variación con el tiempo, y dada la temperatura de almacenaje el parámetro podrá aumentar.

Al aumentar el pH se pone en riesgo la estabilidad del peróxido de hidrógeno, por lo que es necesaria la estabilización del pH como lo indica Beauty Market (2011), “El peróxido de hidrógeno sólo contiene un estabilizador que lleva el pH a 3.5 - 4.0 (soluciones básicas muy fuertes) que facilita una rápida y total descomposición de la melanina”. A mayor pH mayor descomposición, pero eso será útil sólo hasta el momento en que se emplee el producto, ya que el oxígeno se encargará de realizar la función de decoloración. Beauty Market (2011), indica que: “Como el oxígeno y la melanina se combinan, la solución de peróxido empieza a difundirse (penetrar y expandirse) y a aclarar la melanina en el tallo del cabello dándole su apariencia más clara.”

#### Concentración del peróxido

El parámetro más importante para evaluar la funcionalidad de la crema reveladora de color es la concentración de peróxido en la crema. También es el parámetro más complicado de medir debido a que por la naturaleza oxidante del peróxido se debe emplear un método indirecto. Ayres (1970) indica que para conseguir un punto final satisfactorio, algunas determinaciones se verifican en forma indirecta mediante una secuencia de reacciones redox.

Esto quiere decir que no se mide como tal el peróxido sino que se mide un subproducto obtenido, a través de su reacción con otro reactivo, el yodo, empleando condiciones específicas. Luego el yodo liberado es el que se valora para obtener a partir de este dato la cantidad de peróxido que reaccionó. Ayres (1979), define este tipo de métodos como: “Métodos en que los oxidantes se determinan haciéndolos reaccionar con un exceso de yoduro; el yodo liberado se valora en disolución débilmente ácida con un reductor patrón como el tiosulfato” (p. 430)



Se realizó la evaluación en las muestras de 20 y 30 volúmenes preparadas a 35 y 50 °C, así como en el producto terminado de 30 volúmenes preparado a 65 °C para determinar la tendencia de la concentración a lo largo del tiempo. Las figuras 23 y 25 representan la estabilidad del peróxido que fue diluido a 35 °C. En ambas figuras se observa que la concentración disminuye en la muestra almacenada a 40 °C mientras que en las muestras almacenadas a 25 y 5 °C, a pesar que los datos disminuyen, la concentración cumple con los parámetros establecidos en la tabla II.

Las figuras 24 y 26 representan la estabilidad del peróxido diluido a 50 °C. En ambas figuras se observa que sin importar la temperatura de almacenaje la concentración disminuye drásticamente conforme transcurre el tiempo. Se observa exactamente el mismo fenómeno en la figura 27, correspondiente a la muestra de producto terminado.

A partir de estos resultados se comprueba que la descomposición se da cuando el peróxido está expuesto a temperaturas mayores de 35 °C y la misma se da aún más rápido si se expone a temperaturas mayores de 50 °C tal cual lo describe CIQUIME (2010). También es evidente que la tendencia a la descomposición es independiente de la cantidad de peróxido agregado en la crema, ya que se observó la misma tendencia para las muestras de 20 y de 30 volúmenes.

Recordando lo establecido por De la Macorra García, *et al.* (2004), “tanto la temperatura de operación como el pH elevado aceleran la reacción de descomposición del peróxido de hidrógeno.” (p. 15) No es casualidad entonces que se haya observado un aumento en el pH y una disminución de concentración conforme pasa el tiempo justo en las muestras almacenadas a 40 °C.

- Perspectiva del cliente

Vinces Remache (2015), realizó un estudio sobre los factores que inciden en la disminución de ventas de empresas comercializadoras de cosméticos y en el cual establece lo siguiente:

Los problemas que originan la disminución de ventas en las empresas comercializadoras de cosméticos son de preocupación para la alta dirección y se ven influenciados por factores como la competencia, el contrabando, la baja calidad y menor precio de otros productos, deficiencia en la calidad del servicio al cliente, administración ineficiente, desmotivación laboral, bajo posicionamiento y estancamiento tecnológico. (p. 1)

En esta ocasión ya se conoce que las devoluciones se están dando por una baja calidad del producto dado el derrame y la deformación del envase. Por medio de una encuesta, se buscó corroborar la perspectiva del cliente hacia el producto y la calidad que espera del mismo. Conocer la opinión del cliente es importante, debido a que un producto de calidad se caracteriza por ser “adecuado para el uso, satisfaciendo las necesidades del cliente.” (Jurán,1993).

Los clientes entrevistados en su mayoría compran el producto de manera mensual seguidos muy de cerca por quienes lo compran de manera trimestral (figura 28), esto depende de la especialización del salón, ya que algunos tienen como especialidad principal los cortes de cabello y la aplicación de tintes es un servicio secundario.

La experimentación se decidió realizar en muestras de crema de 20 y 30 volúmenes, que son los volúmenes identificados con mayor venta, según la gerencia de la empresa. Esto se corrobora en la figura 29 en donde se les consultó a los clientes cuál es la concentración que adquieren con más

frecuencia. La concentración que más suelen comprar los clientes encuestados es la de 20 volúmenes, seguida por la de 30 volúmenes. Esto se debe a que “a concentraciones de 20 y 30 volúmenes activa los efectos del tinte de oxidación, facilita la penetración del color en el córtex capilar y oxida los pigmentos naturales del cabello.” (Beauty Market), por lo que estas concentraciones son más versátiles para el tipo de tarea común de tintura y las otras concentraciones son para trabajos más especializados.

Para el cliente, de acuerdo con la figura 30, el aspecto más relevante de la calidad que espera en la crema es que no se separen las fases. Esto es un indicador de que los ingredientes están bien combinados y la emulsión es estable. Otro aspecto indicado como relevante es que actúe rápido al momento de decolorar, esto dependerá de la concentración de peróxido de hidrógeno que contenga la crema. Como un tercer aspecto importante está que la viscosidad tenga buena apariencia. Recordando lo dicho por Miranda González, *et al.* (2007), al respecto de la calidad, “Se vuelve subjetivo si se consideran atributos que pueden ser apreciados de manera diferente por cada persona.” Por lo que la calidad dada por la viscosidad es subjetiva según la perspectiva del cliente.

Como se ha reportado que se recibieron devoluciones del 70 % del producto, se buscó corroborar la tendencia de devolución en los clientes. Se indagó sobre qué motiva al cliente a devolver el producto, si el derrame o la deformación del envase. En el caso de derrame, según la figura 31, solamente el 35 % de los encuestados declara que devolvería el producto. En el caso de la deformación del envase, según la figura 32, coincide con un 35 % de clientes que devolverían el producto. Que la cantidad de personas dispuestas a reclamar sea consistente tiene que ver con la cultura del reclamo en Guatemala, ya que las personas en su mayoría suelen preferir desechar el producto al encontrar defectos en él. A partir de esto se evidencia que el caso estudiado en el cual la

devolución fue de un 70 % fue un caso extraordinario. Es probable que de ese lote el 35 % de las unidades hayan sido devueltas por derrame y otro 35 % de unidades hayan presentado deformación del envase.

Se indagó sobre la perspectiva del cliente ante la calidad de una crema reveladora de color, preguntando qué aspecto le haría dudar en la calidad del producto. De acuerdo con la figura 33, los aspectos que más provocan duda sobre la calidad de la crema reveladora de color es que se observen fases separadas, esto es consistente con los resultados de la figura 30. Los clientes indican que el color de la crema y la viscosidad de la crema también pueden indicar si está bien o no utilizarla. Para el cliente, una crema muy líquida no está buena.

Con respecto a la marca que se está evaluando, se les pidió a los clientes que le asignaran una calificación según su calidad. Como consta en la figura 34, la mitad de los clientes encuestados calificaron la marca como muy buena, seguido por la calificación de regular. Los clientes que indicaron dicha calificación han tenido la experiencia de que la crema se les ha derramado, lo que evidencia que el fenómeno del derrame si puede afectar como perciben a la marca del producto en términos de calidad.

Finalmente se les consultó sobre la tendencia a utilizar el peróxido en crema con el tinte de la misma marca y la mayoría respondió que sí prefiere utilizar la misma marca como consta en la figura 35. Esto prueba la tendencia observada en la disminución de las ventas del tinte aun cuando éste no esté presentando problemas de calidad.

- Propuesta de mejora en la calidad y competitividad de la crema reveladora de color.

A partir de las observaciones, los experimentos y las encuestas realizadas durante la elaboración de la presente investigación, se percibe que para generar una mejora en la calidad de la crema reveladora, desde la perspectiva del cliente hay que atender los aspectos de funcionalidad y apariencia. Dichos aspectos se centrarían principalmente en la concentración del peróxido de hidrógeno y la viscosidad de la crema.

Para el cliente es importante que el envase no se deforme (figura 32) y que el producto funcione (figura 30), pero la deformación del envase y la pérdida de efectividad del producto ocurre debido a la descomposición del peróxido, lo que genera oxígeno dentro del envase, por lo tanto, la causa principal de esta deformación es la inestabilidad del peróxido de hidrógeno en la crema. La inestabilidad del peróxido de hidrógeno se ocasiona por diluir esta materia prima a una temperatura de 65 °C, la cual es mayor a la SADT. Se observó también que la temperatura de almacenamiento influye en el desencadenamiento de la reacción, cambios de pH y de densidad, por lo que la misma no debe superar los 35 °C.

Para mejorar estos aspectos se propone que la dilución del peróxido se haga a una temperatura de 35 °C o menor y el almacenaje de dicho producto debe mantenerse en una temperatura ambiente máxima de 30 °C. La temperatura de almacenaje deberá ser controlada en las bodegas de la empresa y señalada en la etiqueta del producto para conocimiento del cliente.

Para el cliente lo más importante con respecto a la calidad del producto es que este no se separe (figura 33), lo cual no ocurre con el producto, aunque si se observa una disminución en la viscosidad de la crema. El cliente también indica

que la viscosidad es relevante (figura 33), pero como se estableció previamente, la viscosidad puede ser un factor subjetivo según la perspectiva del observador.

La viscosidad se mantiene en un rango que brinda una apariencia adecuada, pero se observa que la base pierde su viscosidad con el transcurrir del tiempo. Esto se podría corregir si se modifica la velocidad de enfriamiento de la crema, la cual es lenta, según fue observado, se suele dejar esperando de un día para otro para que llegue a temperatura ambiente antes de proceder a vaciarla y empacar. Se debe analizar el aumentar el nivel de agitación de la crema durante su fabricación para hacer más eficiente la circulación de la crema dentro de la marmita y por ende, el enfriamiento. De esta manera se podría evitar la disminución de la concentración del peróxido de hidrógeno y la disminución de la viscosidad de la crema a través del tiempo.

## CONCLUSIONES

1. Se estableció que las variables del proceso que ponen en riesgo la estabilidad del peróxido de hidrógeno en la crema reveladora de color son la temperatura de dilución del peróxido de hidrógeno, ya que es de 65 °C y la descomposición del peróxido se acelera a partir de 50 °C, y la temperatura de almacenaje del producto, pues hay probabilidades que esta supere los 30 °C en las bodegas del cliente y la reacción del peróxido se desencadena a partir de los 35 °C.
2. Se analizó que la causa principal de la pérdida de calidad de la crema reveladora de color que está a la venta, se debe a la disminución de la concentración del peróxido de hidrógeno y a la disminución de la viscosidad de la crema, a través del tiempo, lo cual fue observado aún en la muestra carente de peróxido de hidrógeno.
3. Se propone modificar la temperatura de dilución de 65 °C a 35 °C o menos y controlar la temperatura de almacenaje para que sea menor de 30 °C como medida a realizar para aumentar la estabilidad y competitividad del producto. De esta manera se previene la descomposición del peróxido de hidrógeno y por ende, no se ocasionará el derrame ni la deformación del envase a raíz de la acumulación de oxígeno dentro del mismo.
4. Se determinó que el parámetro de estabilidad que altera la calidad de la crema reveladora de color es la temperatura a la cual se expone la misma, ya que el peróxido de hidrógeno se comienza a descomponer a partir de los 35 °C y dicha descomposición se acelera después de los 50 °C.





## RECOMENDACIONES

1. Establecer la influencia del envase en la estabilidad de la crema reveladora de color a lo largo del tiempo como una variable de proceso que probablemente pone el riesgo la calidad del producto, así como su influencia en la competitividad del mismo.
2. Analizar el aumentar el nivel de agitación de la crema durante su fabricación para hacer más eficiente el enfriamiento, así evitar la disminución de la concentración del peróxido de hidrógeno y la disminución de la viscosidad de la crema a través del tiempo.
3. Adquirir termómetros certificados y calibrarlos periódicamente para llevar un control adecuado de la temperatura de dilución y de la temperatura. También es necesario actualizar el protocolo de fabricación ante cualquier cambio que sufra y registrar fielmente la temperatura a la cual se diluye el peróxido en cada fabricación.
4. Determinar que cualquier usuario de peróxido de hidrógeno en su estado de materia prima debe controlar la temperatura a la cual se expone para prever que no esté catalizada su reacción desde antes de su utilización, cuidando que el almacenaje y proceso se realice a una temperatura menor de 35 °C.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria. (2005). *Guía de estabilidad de productos cosméticos*. Recuperado de <http://portal.anvisa.gov.br/documents/106351/107910/Gu%C3%ADa+de+Estabilidad+de+Productos+Cosm%C3%A9ticos/dd40ebf0-b9a2-4316-a6b4-818cac57f6de>
2. Aiteco Consultores. (2013). *El control de calidad y las 7 herramientas básicas*. Recuperado de <https://www.aiteco.com/el-control-de-calidad-herramientas-basicas/>
3. Ayres, G. H. (1970). *Análisis Químico Cuantitativo*. Madrid, España. Ediciones del Castillo, S.A.
4. Barroso Moreno, M. (2016). *Peróxido de hidrógeno*. Recuperado de <http://ciencia-basica-experimental.net/peroxido.htm>
5. Carro Paz, R., & González Gómez, D. (2012). *Control Estadístico de Procesos*. Universidad de Mar de Plata, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Argentina. Recuperado de [http://nulan.mdp.edu.ar/1617/1/12\\_control\\_estadistico.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1617/1/12_control_estadistico.pdf)
6. CIQUIME. (2010). *Peróxidos orgánicos*. Recuperado de <http://www.ciquime.org.ar/peroxidos-organicos.html>

7. Climent Serrano, S. (2003). *Los costes de calidad como estrategia empresarial en las empresas certificadas en la norma ISO 9000 de la CV*. Valencia: Universidad de Valencia. Recuperado de [http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/tqm/1\\_conceptos/1\\_conceptos.htm](http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/tqm/1_conceptos/1_conceptos.htm)
8. Consejo Colombiano de Seguridad. (2005). *Hoja de datos de seguridad peróxido de hidrógeno*. Recuperado de [http://www.cisproquim.org.co/HOJAS\\_SEGURIDAD/Peroxido\\_de\\_hidrogeno.pdf](http://www.cisproquim.org.co/HOJAS_SEGURIDAD/Peroxido_de_hidrogeno.pdf)
9. De la Macorra García, C., Brizard, A., Rincón Arévalo, P., & Nieves Sánchez, R. (2004). *Estudio cinético de la descomposición del peróxido de hidrógeno en condiciones de extrema alcalinidad*. Tecnología y Desarrollo, II. Recuperado de <http://www.uax.es/publicación/estudio-cinetico-de-la-descomposicion-del-peroxido-de-hidroegno-en-condiciones.pdf>
10. Departamento de Química Analítica. (2010). *Volumetrías Red-ox I. Permanganimetrías*. Recuperado de <http://www.analytica-2-0.com/fotos/permanga/Practicafotospermanga3.htm>
11. Ditutor. (2015). *Diagrama de dispersión*. Recuperado de [http://www.ditutor.com/estadistica\\_2/diagrama\\_dispersion.html](http://www.ditutor.com/estadistica_2/diagrama_dispersion.html)

12. ISO. (2008). *ISO 9000:2005 Sistemas de Gestión de Calidad - Fundamentos y vocabulario*. México: Instituto Mexicano de Normalización y Estandarización A.C. Recuperado de <http://www.itpiedrasnegras.mx/v2/SGC/ORIGENEXTERNO/ISO-9000-2005%20Fundamentos%20y%20vocabulario.pdf>
13. Martínez Velásquez, D., & Paniagua Gutiérrez, H. O. (2010). *Descomposición catalítica del peróxido de hidrógeno*. Universidad Nacional de México, Laboratorio de Equilibrio y Cinética Facultad de Química, México. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/27585119/Reporte-Prac-9-Decomp-a-de-Peroxido>
14. Melo Zambrano, C. A., & Moncada Rodríguez, L. P. (2016). *Propuesta documental para la ejecución de pruebas de calidad con miras a establecer estabilidad cosmética*. Bogotá: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales - UDCA. Recuperado de <http://repository.udca.edu.co:8080/jspui/bitstream/11158/492/1/TE-SIS%20FINAL%20COSMETICOS%201%20.pdf>
15. Miranda González, F., Chamorro Mera, A., & Rubio Lacoba, S. (2007). *Introducción a la gestión de la calidad*. Madrid, España. Delta, Publicaciones Universitarias.
16. Paternina, E., Arias, J. M., & Barragán, D. (2009). *Estudio cinético de la descomposición catalizada de peróxido de hidrógeno sobre carbón activado*. Recuperado de [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422009000400020](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000400020)

17. Peluquería, B. M. (2011). *El agua oxigenada, un producto con múltiples aplicaciones*. Recuperado de [http://www.beautymarket.es/peluquería/articulo\\_display.php?numero=3576#](http://www.beautymarket.es/peluquería/articulo_display.php?numero=3576#)
18. Pérez , J., Hernández, G., & De Barillas, C. (2011). *Inducción a la Calidad*. Recuperado de <http://www.onsec.gob.gt/descargas/calidadgestionpublica/MATERIALINDUCCIONALACALIDADParte1.pdf>
19. Ponce D'León, L. (2002). *Estudios de estabilidad productos cosméticos*. Global Cosmetic Industry Latinoamérica, 1, 24-30. Recuperado de <http://www.cosmeticsonline.la/pdfs/gcila12.pdf>
20. Productos Químicos Sidney, S.A. de C.V. (2013). *Hoja Técnica del Peróxido de Hidrógeno (50 % grado técnico)*. Recuperado de [http://www.sydney2000.com.mx/Hoja\\_tecnica/PEROXIDO\\_HIDRÓGENO\\_T.pdf](http://www.sydney2000.com.mx/Hoja_tecnica/PEROXIDO_HIDRÓGENO_T.pdf)
21. QuimiNet. (2007). *Las pruebas de estabilidad en los productos cosméticos*. Recuperado de <https://www.quiminet.com/articulos/las-pruebas-de-estabilidad-en-los-productos-cosmeticos-23120.htm>
22. Rettig, C., Ohmer, J., Hildmann, S., & Schwarz, A. (2015). *Evonik industries*. Recuperado de <http://h2o2.evonik.com/product/h2o2/es/about/stability-decomposition/Pages/default.aspx>
23. Ríos Giraldo, R. M. (2009). *Seguimiento, medición, análisis y mejora en los sistemas de gestión*. Bogotá, Colombia: INCONTEC Internacional.

24. Salazar López, B. (2016). *Las siete herramientas de la calidad*. Recuperado de <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-y-control-de-calidad/las-siete-herramientas-de-la-calidad/>
25. Sánchez Reséndiz, D. B., Rodríguez Berastegui, I., & Nava Guerrero, N. (2016). *Práctica #12 Viscosidad de Brookfield*. México: Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería. Recuperado de [http://www.academia.edu/25962511/Viscosidad\\_Brookfield](http://www.academia.edu/25962511/Viscosidad_Brookfield)
26. SPC Consulting Group. (2012). *Las 7 herramientas básicas de la calidad*. Recuperado de <http://spcgroup.com.mx/7-herramientas-basicas/>
27. Trebal, E. (1974). *Estabilidad y descomposición de las disoluciones de peróxido de hidrógeno*. Recuperado de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/6041/Article03.pdf>
28. Vines Remache, G. E. (2015). *Factores que inciden en la disminución de ventas de empresas comercializadoras de cosméticos y propuestas para mejorar las ventas*. Ecuador: Universidad Técnica de Machala. Recuperado de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3953/1/ECUACE-2015-MKT-CD00039.pdf>





## APÉNDICES

### Apéndice 1. Fotografías del problema



Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2. Fotografías del proceso de fabricación



Dilución del peróxido en la  
crema reveladora

Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 3. Fotografías del proceso de envasado



Fuente: elaboración propia.

#### Apéndice 4. Fotografías del análisis de laboratorio

Viscosímetro de Brookfield



Titulación por yodometría indirecta



Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 5. Formato de observación

Determinación del parámetro de estabilidad que altera la calidad de la crema reveladora de color en una empresa de productos cosméticos.  
 Investigadora: Perla Lucía Espinoza Ramírez  
 Escuela de Postgrado, Facultad de Ingeniería, USAC.

### FORMATO DE OBSERVACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN Y ALMACENAJE DEL PERÓXIDO EN CREMA

FECHA:	PRODUCTO:
HORA:	LOTE:

ÁREA DE FABRICACIÓN:
FABRICANTE:
EQUIPO:
ÁREA:

TEMPERATURA AMBIENTE:
TEMPERATURA DE DILUSIÓN DEL PERÓXIDO:

¿EL TERMÓMETRO ESTÁ CALIBRADO?	SÍ <input style="width: 50px;" type="text"/>	NO <input style="width: 50px;" type="text"/>
¿SE CUMPLE CON EL PROCEDIMIENTO ESTABLECIDO?	SÍ <input style="width: 50px;" type="text"/>	NO <input style="width: 50px;" type="text"/>
¿LOS INGREDIENTES ESTÁN VIGENTES Y LIBRES DE CONTAMINACIÓN?	SÍ <input style="width: 50px;" type="text"/>	NO <input style="width: 50px;" type="text"/>
¿SE UTILIZAN LAS CANTIDADES SEGÚN LA FÓRMULA?	SÍ <input style="width: 50px;" type="text"/>	NO <input style="width: 50px;" type="text"/>
¿LA TEMPERATURA ES HOMOGÉNEA EN LA PAILA?	SÍ <input style="width: 50px;" type="text"/>	NO <input style="width: 50px;" type="text"/>
¿LA AGITACIÓN ES HOMOGÉNEA?	SÍ <input style="width: 50px;" type="text"/>	NO <input style="width: 50px;" type="text"/>

**RESULTADOS DE ANÁLISIS:**

Concentración de peróxido <input style="width: 50px;" type="text"/>	FECHA: <input style="width: 50px;" type="text"/>
pH <input style="width: 50px;" type="text"/>	HORA: <input style="width: 50px;" type="text"/>
Viscosidad <input style="width: 50px;" type="text"/>	TEMPERATURA DE LA MUESTRA <input style="width: 50px;" type="text"/>
Densidad <input style="width: 50px;" type="text"/>	
Apariencia <input style="width: 100%; border-bottom: 1px solid black;" type="text"/>	
Dictamen de Calidad <input style="width: 100%; border-bottom: 1px solid black;" type="text"/>	

**CONDICIONES DE ENVASADO:**

EQUIPO <input style="width: 100%; border-bottom: 1px solid black;" type="text"/>	FECHA: <input style="width: 50px;" type="text"/>
LÍNEA DE ENVASADO <input style="width: 100%; border-bottom: 1px solid black;" type="text"/>	HORA: <input style="width: 50px;" type="text"/>
TEMPERATURA DE ENVASADO <input style="width: 100%; border-bottom: 1px solid black;" type="text"/>	
APARIENCIA DEL PRODUCTO <input style="width: 100%; border-bottom: 1px solid black;" type="text"/>	

**CONDICIONES DE ALMACENAJE:**

TEMPERATURA DE ALMACENAJE: <input style="width: 50px;" type="text"/>	FECHA: <input style="width: 50px;" type="text"/>
TEMPERATURA DE UNIDADES: <input style="width: 50px;" type="text"/>	HORA: <input style="width: 50px;" type="text"/>
APARIENCIA DE UNIDADES: <input style="width: 100%; border-bottom: 1px solid black;" type="text"/>	

**OBSERVACIONES ADICIONALES:**

---



---



---



---

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 6. Encuesta realizada al cliente

*Determinación del parámetro de estabilidad que altera la calidad de la crema reveladora de color en una empresa de productos cosméticos.  
Investigadora: Perla Lucía Espinoza Ramírez  
Escuela de Postgrado, Facultad de Ingeniería, USAC.*

### ENCUESTA PARA PROFESIONALES DEL CUIDADO DEL CABELLO AL RESPECTO DE LA CALIDAD ESPERADA EN EL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO EN CREMA

**INSTRUCCIONES:** Responda las siguientes preguntas:

1. ¿Con qué frecuencia adquiere peróxido en crema en la presentación de litro?
 

semanalmente	<input type="text"/>	semestralmente	<input type="text"/>
mensualmente	<input type="text"/>	anualmente	<input type="text"/>
bimensualmente	<input type="text"/>	otro	<input style="width: 100%;" type="text"/>
trimestralmente	<input type="text"/>		
  
2. ¿Qué volumen de peróxido en crema emplea usualmente?
 

10 vol	<input type="text"/>	30 vol	<input type="text"/>
20 vol	<input type="text"/>	40 vol	<input type="text"/>
  
3. ¿Qué es lo que busca observar en un peróxido en crema de buena calidad?
 

que sea bastante viscoso	<input type="text"/>	que tenga un color blanco	<input type="text"/>
que tenga un olor suave	<input type="text"/>	que no se separen las fases	<input type="text"/>
que el envase sea bonito	<input type="text"/>	que actúe rápido	<input type="text"/>
otros aspectos: <input style="width: 100%;" type="text"/>			
  
4. ¿Qué haría si observa derramado el envase del peróxido en crema?
 

desecharlo	<input type="text"/>
limpiarlo y continuar usándolo	<input type="text"/>
reclamar al proveedor	<input type="text"/>
  
5. ¿Qué haría si observa deformado el envase del peróxido en crema?
 

desecharlo	<input type="text"/>
continuar usándolo	<input type="text"/>
reclamar al proveedor	<input type="text"/>
  
6. ¿Cuáles aspectos le hacen dudar de la calidad del peróxido en crema?
 

el envase	<input type="text"/>	la viscosidad	<input type="text"/>
la etiqueta	<input type="text"/>	el aroma	<input type="text"/>
el color de la crema	<input type="text"/>	fases separadas	<input type="text"/>
otros aspectos: <input style="width: 100%;" type="text"/>			
  
7. ¿Qué calificación le da a la marca XXX de peróxido en crema?
 

Excelente	<input type="text"/>	Regular	<input type="text"/>
muy buena	<input type="text"/>	Mala	<input type="text"/>
¿Por qué? <input style="width: 100%;" type="text"/>			
  
8. Suele combinar el peróxido en crema de la marca XXX con el tinte de la misma marca?
 

Sí	<input type="text"/>	NO	<input type="text"/>
----	----------------------	----	----------------------

COMENTARIOS ADICIONALES:

---



---

Fuente: elaboración propia.