



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN
DE UNA CREMA PARA MANOS

TESIS

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUÍMICO

Presenta:

FRANCISCO GARCIA ORTIZ

Asesor Académico: Quím. Sergio Cruz Martínez



Toluca, México Octubre 2014.



UAEM | Universidad Autónoma
del Estado de México

3er. Oficio E.P./586/2014
2 de septiembre de 2014

P. I.Q. FRANCISCO GARCÍA ORTIZ
FACULTAD DE QUÍMICA, UAEM
P R E S E N T E

La Dirección de la Facultad de Química de la UAEM, comunica a Usted que el Jurado de su Evaluación Profesional, en la modalidad TESIS, estará formado por:

QUÍM. SERGIO CRUZ MARTÍNEZ
PRESIDENTE

Dr. CÉSAR PÉREZ ALONSO
VOCAL

Dra. MARIANA ORTIZ REYNOSO
SECRETARIO

Dra. ROSALVA LEAL SILVA
SUPLENTE

Sin más por el momento le envío un respetuoso saludo.

ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO
"2014, 70 Aniversario de la Autonomía ICLA-UAEM"

M. en A. P. GUADALUPE OFELIA SANTAMARÍA GONZÁLEZ
DIRECTORA



C.c.p. Archivo

www.uaemex.mx

Facultad de Química • Paseo Colón Esq. Paseo Tollocan • Toluca Estado de México
Tel. y Fax: 217-5109 y 217-3890 • fquim@uaemex.mx

Dedicatorias y agradecimientos:

A DIOS

Por darme la vida, llenarme de bendiciones, salud, amor y por permitirme llegar a este momento tan especial e importante de mi vida, la culminación de mi sueño.

A mi Madre

Felipa Ortiz, por creer en mí, por todo tu esfuerzo y apoyo que me brindaste para salir adelante, eres la mejor mama del mundo.

A mi padre

Alfredo García

Por haberme cuidado siempre desde allá arriba.

A mis hermanos

Felipe, Everardo y Miguel, por todos los momentos que hemos vivido juntos.

A mi Familia

Verónica, Alfredo, Mauricio y Francisco, porque me impulsaron a seguir adelante, con su cariño, entusiasmo y alegría.

A mis maestros

Por compartir su sabiduría, conocimientos, experiencia y dejar una gran huella en mi vida, de manera especial quiero agradecer al Quím. Sergio Cruz Martínez por su dirección y tiempo que me brido para la realización de este trabajo, al M. en C Francisco E. Ramírez Nogueira por sus consejos y comentarios para este trabajo.

INDICE GENERAL

GLOSARIO.....	3
RESUMEN.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6

CAPÍTULO 1 CREMAS

1.1 Cremas.....	8
1.2 Funciones de los componentes de una crema.....	9
1.3 Clasificación de las cremas.....	11
1.3.1 Crema de limpieza.....	12
1.3.2 Crema emoliente.....	14
1.3.3 Crema evanescente.....	17
1.3.4 Crema protectora.....	18
1.3.5 Crema nutritiva.....	19
1.3.6 Cremas especiales.....	20

CAPÍTULO 2 EMULSIONES

2.1 Emulsiones.....	24
2.2 Clasificación de las emulsiones.....	25
2.3 Propiedades de las emulsiones.....	28
2.4 Emulsificantes.....	31
2.5 Equipos para emulsificación.....	33
2.6 Tecnología de las emulsiones.....	35
2.7 Estabilidad de las emulsiones.....	41
2.8 Pruebas de estabilidad.....	43

CAPÍTULO 3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 Planteamiento del problema.....	47
3.1.1 Mano de obra.....	48
3.1.2 Materias primas.....	48
3.1.3 Proceso.....	48

CAPÍTULO 4 PROCESO DE FABRICACIÓN

4.1 Formulación de una crema para manos.....	51
--	----

4.2 Procedimiento de fabricación.....	52
4.3 Equipo de proceso necesario para la emulsión.....	53
4.4 Especificaciones de la crema.....	54
4.5 Métodos de análisis.....	54

CAPÍTULO 5 HIPOTESIS Y OBJETIVOS

5.1 Hipótesis.....	56
5.2 Objetivos.....	56

CAPÍTULO 6 EXPERIMENTACIÓN

6.1 Experimentación.....	58
6.2 Serie experimental 1 variación de mano de obra (operadores).....	58
6.3 Serie experimental 2 materias primas (proveedores).....	58
6.4 Serie experimental 3 cambios en formulación (diferentes proveedores)	59
6.5 Serie experimental 4 interacción entre formulación, tiempo de agitación y velocidad de agitación.....	60

CAPÍTULO 7 RESULTADOS

7.1 Resultados de la serie experimental 1 variación de mano de obra (operadores).....	62
7.2 Resultados de la serie experimental 2 materias primas (proveedores)..	62
7.3 Resultados de la serie experimental 3 cambios en formulación y con diferentes proveedores.....	63
7.4 Resultados de la serie experimental 4 interacción entre formulación, tiempo y velocidad de agitación.....	65
7.5 Resultados de la serie experimental 5 experimentación final.....	68

CAPÍTULO 8 CONCLUSIONES

8.1 Conclusiones.....	70
-----------------------	----

9.1 BIBLIOGRAFIA.....	71
-----------------------	----

GLOSARIO

Acondicionamiento

Son las operaciones necesarias por la que pasa un producto a granel para llegar a su presentación como producto terminado.

Acero inoxidable 316

Es una aleación de hierro con 10.5% de cromo y 2-3 % de molibdeno, tiene buena resistencia a la corrosión, dureza, maleabilidad y excelente soldabilidad, es usado en industrias alimenticias, cosméticas, farmacéuticas, etc.

Ley de Stokes

La ley de Stokes se refiere a la fuerza de fricción experimentada por objetos esféricos moviéndose en el seno de un fluido viscoso en un régimen laminar de bajos números de Reynolds. Se utiliza para prevenir o minimizar la interacción de las partículas en el seno de los sistemas emulsionados.

$$V = \frac{d^2 (P_1 - P_2) g}{18 n}$$

Donde:

V = Velocidad de sedimentación o interacción (coalescencia)

d = Diámetro de las partículas de la fase dispersa

P₁ = Gravedad específica de la fase dispersa

P₂ = Gravedad específica de la fase externa

g = Constante gravitacional

n = Viscosidad de la fase externa

Micela

Es el conjunto de moléculas que constituye una de las fases de una emulsión formada por dos o más fases, una fase continua o externa y otra interna o dispersa.

Producto a granel

Producto en cualquier etapa del proceso de producción antes de ser envasado.

Reproceso

Someter a un lote total o parcial, a una etapa previa del proceso de fabricación debido a fallas en las especificaciones predeterminadas.

Tension superficial

Es una propiedad inherente de todos los líquidos y se refiere a que un líquido en reposo mantiene un estado mínimo de energía interna y presenta un mínimo de superficie de contacto. Por lo tanto es la fuerza igual o superior de la energía interna de un líquido necesaria para lograr contacto de las moléculas de otro líquido.

Tixotropia

Es la propiedad de algunos fluidos no newtonianos y pseudoplásticos que muestran un cambio de su viscosidad en el tiempo, cuando más se somete el fluido a un esfuerzo cortante más aumenta su viscosidad hasta llegar a un máximo y después disminuye su viscosidad. Los fluidos no newtonianos muestran una disminución de la viscosidad a lo largo del tiempo a una velocidad de corte constante, mientras que los pseudoplásticos muestran una disminución al aumentar la velocidad de corte. Los materiales tixotrópicos exhiben una forma estable en reposo pero se convierten en líquidos cuando se agitan.

Viscosidad

Es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales, debidas a las fuerzas de cohesión moleculares, es otras palabras es la relación existente entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad. Todos fluidos conocidos presentan algo de viscosidad.

RESUMEN

Actualmente las emulsiones son ampliamente utilizadas en industrias como la farmacéutica, alimenticia, industrial y cosmética, entre otras. El presente trabajo aplica a la industria cosmética, donde nos enfocaremos a la optimización de un proceso de fabricación de crema para manos, para eliminar el problema de baja viscosidad al final de la fabricación en los lotes de este producto. Una solución inmediata, es ajustar el lote con un agente espesante, pero este tipo de ajustes incrementan los costos de producción por la adición de más materias primas y un mayor tiempo de proceso.

Como parte de una solución a este problema se realizaron diferentes experimentos, con el fin de obtener la información necesaria, para determinar la mejor alternativa de proceso que eliminara el problema de la baja viscosidad.

Al analizar los valores de los primeros experimentos, encontramos que la viscosidad de la crema tenía una dependencia de la formulación, velocidad de agitación y tiempo de agitación.

En base a lo anterior se realizó un experimento final. En esta prueba se realizaron cuatro repeticiones debido a la urgencia del producto, con un incremento total del espesante del 0.25 % de espesante, con una velocidad de agitación de 40 RPM y con un tiempo de agitación de 50 minutos, los resultados de esta prueba final cumplieron con las especificaciones de calidad de la crema. Esto nos permitió realizar la manufactura de la crema en menor tiempo y sin ajustes.

INTRODUCCION

En la actualidad las industrias requieren realizar innovaciones a los procesos con el fin de tener nuevas tecnologías, mejor calidad y bajos costos para poder ser más competitivas.

El diseño de un nuevo proceso o bien la optimización de un proceso de transformación química o separación física, requiere de un programa de investigación y desarrollo para cada producto, donde se definen los pasos a seguir para su desarrollo. Algunos de estos son: formulación del producto, diseño del proceso, pruebas piloto, escalamiento industrial, optimización del proceso y comercialización del producto. En el presente trabajo nos enfocaremos en la optimización del proceso de crema para manos, debido a que se ha detectado un problema de baja viscosidad en la mayoría de los lotes fabricados de este producto, en una planta nacional dedicada a la manufactura de cremas y productos para el cuidado personal. Lo anterior ha originado que el producto final esté fuera de especificaciones y por lo tanto tenga que ser reprocesado, para poder cumplir con las especificaciones de calidad.

Para atacar este problema se realizó un estudio de las principales etapas del proceso de fabricación, que estuvieran estrechamente relacionadas con la baja viscosidad de la crema, de esta manera fueron propuestas cuatro series experimentales:

La serie experimental 1 variación de mano de obra (operadores), serie experimental 2 materias primas (proveedores), serie experimental 3 cambios en formulación y con diferentes proveedores, serie experimental 4 interacción entre formulación, tiempo de agitación y velocidad de agitación. Con los resultados de estas series experimentales, se obtuvo la información suficiente para determinar qué factores afectan directamente la viscosidad de la crema y se obtuvo la mejor alternativa de optimización para este proceso.

CAPÍTULO 1

CREMAS

1.1 CREMAS

Las cremas son productos cosméticos de consistencia pastosa, líquida o semilíquida (leches), usadas para producir hidratación y suavidad sobre las zonas cutáneas tratadas, además de tener un destacado efecto emoliente (J. Rubin, 2000).

Un cosmético es toda sustancia o preparado destinado a ser puesto en contacto con diversas partes superficiales del cuerpo humano (como: la parte externa de la piel, labios, uñas, dientes, etc.), con el fin exclusivo o principal de limpiarlas, perfumarlas, modificar su aspecto y/o corregir los aspectos corporales y/o protegerlas o mantenerlas en buen estado (Lourdes Mourelle 2012).

Por tanto la acción de los cosméticos es superficial y sus componentes no están formulados para que penetren profundamente dentro del organismo. Un cosmético no puede producir efectos dentro del organismo, es por ellos que se excluyen aquellos preparados destinados a ser ingeridos, inhalados, inyectados o implantados en el cuerpo humano. Tampoco se consideran cosméticos aquellos preparados destinados a la protección de la contaminación o infección por microorganismos, hongos o parásitos (Lourdes Mourelle 2012).

Existe una gran variedad de materias primas para la elaboración de las cremas, asimismo las fórmulas adecuadas y estables que se producen con estos componentes son muy numerosas, además existen en el mercado cada día nuevas tecnologías y sustancias que se aplican para su fabricación. Químicamente las cremas están constituidas por una base que contiene componentes grasos, agua, sustancias emulsionantes, sustancias humectantes y medios espesantes que en su conjunto dan lugar a diferentes formas cosméticas (J. Rubin 2000).

Para el desarrollo de una crema (emulsión), es necesario conocer las funciones de cada uno de sus componentes, los cuales pueden ser:

- 1.- Agua desionizada.
- 2.- Emolientes.
- 3.- Grasas o ceras.
- 4.- Emulsificantes.
- 5.- Hidrocoloides (viscozantes).
- 6.- Conservadores.
- 7.- Antioxidantes.
- 8.- Amortiguadores.
- 9.- Agentes quelantes.
- 10.- Aditivos y perfumes.

1.2 FUNCIONES DE LOS COMPONENTES DE UNA CREMA

1.2.1 Agua desionizada.- Es el agua destinada a la fabricación de cremas debe ser bacteriológicamente pura, exenta de sales minerales y de componentes orgánicos. Puede ser sustituida por hidrolatos de flores y hierbas con el fin de tener un olor agradable (J. Rubin 2000).

1.2.2 Emolientes.- Los emolientes (humectantes) actúan como disolventes y anticristalizantes, retardan la desecación y la formación de la costra en las cremas, facilitan la distribución y la acción lubricante y dejan sobre la piel una sensación de suavidad. Se utilizan sobre todo la glicerina, propilenglicol y sorbitol (Paterson N.J. 2006).

1.2.3 Grasas o ceras.- Las grasas contribuyen a realizar una acción emoliente y confieren a la piel un rasgo aterciopelado. Variando cualitativa y cuantitativamente

las grasas, se obtienen características diversas en los productos. Las grasas empleadas son muy numerosas y comprenden aceites minerales, aceites de silicón, cera de carnauba, ceras de abejas (Paterson N.J. 2000)

1.2.4 Emulsificantes.- Los emulsificantes o emulsionantes son los componentes indispensables para asegurar la estabilidad de una crema. Modificando la tensión superficial entre las micelas y la fase dispersante. Los emulsionantes no iónicos son más empleados que los aniónicos. Entre los emulsionantes no iónicos se encuentran los alcoholes y los ésteres polioxietilénicos, alcoxyéteres y en este caso la molécula es grande y contiene una porción lipófila y una hidrófila, por ejemplo: Tween 20, Tween 30 (Paterson N.J. 2000).

1.2.5 Hidrocoloides.- Los hidrocoloides (son macromoléculas elásticas que modifican su reología para dar mayor viscosidad a un líquido) tienen una gran importancia en la preparación de las emulsiones de tipo aceite/agua, sirven para regular el punto exacto de viscosidad de la fase continua. En la práctica se utilizan los derivados de la celulosa y los polímeros sintéticos con hidrato sódico y aminas (J. Rubin 2000).

1.2.6 Conservadores.- Los conservadores son siempre necesarios en las cremas, sirven para reducir el crecimiento de microorganismos los cuales provocan una inestabilidad en las mismas. En la práctica los más utilizados son propilparabeno y metilparabeno (J. Rubin 2000).

1.2.7 Antioxidantes.- Los antioxidantes sirven como su nombre lo indica para evitar una oxidación de las moléculas que están presentes en la crema y de esta manera protegerla. En la práctica, los principales antioxidantes para cremas son butilato de hidroxitolueno (BHT) y el butilato de hidroxianizol (BHA) (Paterson N.J. 2000).

1.2.8 Amortiguadores.- Los amortiguadores son utilizados para balancear el pH. Para las cremas se usa principalmente la trietanolamina (TEA) (Paterson N.J. 2000).

1.2.9 Agentes quelantes.- Los agentes quelantes son componentes estabilizadores que se utilizan en la preparación de cremas, se usa principalmente el EDTA (ácido etilendiamino tetracético), el EDTA se usa como ajustador y conservador en cosméticos. Inhibe la unión y la mutación de los otros ingredientes del producto. También evita que los cosméticos se pongan rancios (J. Rubin 2000).

1.2.10 Aditivos y perfumes.- Los aditivos y perfumes, sirven principalmente para cubrir el color y olor del preparado, los cuales pueden o no añadirse. Los colorantes o aditivos son sustancias de origen natural o sintético que se añaden a los cosméticos con el propósito de darle color al preparado. Es conveniente usar colorantes hidrosolubles para evitar conferir a la piel la coloración de la crema. El perfume es una mezcla de sustancias aromáticas (aceites esenciales naturales o esencias sintéticas), utilizado para proporcionar un agradable y duradero aroma a la crema (J. Rubin 2000).

1.3 CLASIFICACIÓN DE LAS CREMAS

La forma cosmética de una crema depende del uso que se le pretenda dar. Son múltiples las formulas que derivan de una crema y las aplicaciones van desde la limpieza de los dientes, hasta las más sofisticadas cremas de tratamiento y las de maquillaje.

Las cremas cosméticas, tienen una fórmula relativamente sencilla que puede ser usada por sus propiedades intrínsecas como suavizantes o servir como excipientes (vehículos) de productos aptos para desarrollar sobre el órgano cutáneo acciones particulares. Las cremas las podemos clasificar en:

1.3.1 Cremas de limpieza

1.3.2 Cremas emolientes

1.3.3 Cremas evanescentes

1.3.4 Cremas protectoras

1.3.5 Cremas nutritivas

1.3.6 Cremas especiales

1.3.1 Crema de limpieza

Son emulsiones del tipo agua /aceite y aceite/agua, se utilizan para quitar el maquillaje y como protectoras de cutis tipo semigraso. Las de tipo aceite/agua se usan como excipientes de las cremas antisépticas. Las de tipo agua/aceite se usan como base de las cremas para masaje.

Las cremas de limpieza están químicamente compuestas por aceites, grasas minerales, glicerina, agua o hidrolatos perfumados de flores, con adición de aceites, grasas vegetales y animales. Normalmente no contienen espesantes. Es importante que contengan también agua para disolver los componentes hidrosolubles con el fin de obtener una limpieza completa de la piel. Si se agregan emulsionantes la acción limpiadora aumenta (Paterson N.J. 2005).

Las cremas de limpieza del tipo agua /aceite se preparan usando como emulsionante la colesiterina y sus derivados disueltos en vaselina o aceite de vaselina. Se puede agregar lanolina en cuyo caso se utilizaría un emulsionante no iónico del tipo de los ésteres de los alcoholes polihidroxílicos.

Las cremas de limpieza del tipo aceite/agua se preparan con monoestearato de glicerilo, estearato de etilenglicol moestearato de sorbitol, éste tipo de cremas contienen aproximadamente un 50% de agua. Las cremas de tipo agua/aceite y aceite/agua son untuosas con acción mecánica del masajé, éstas últimas son fácilmente eliminadas con agua y jabón, además el agua que abunda en la fase externa hace más rápida la limpieza de la epidermis y más agradable el uso de las cremas.

Las cremas de limpieza son tanto más eficaces, cuanto más se adecuen a las características particulares de cada cutis (graso, seco y mixto), dejando una piel suave, no grasa, fresca y de aspecto agradable. Se caracterizan por no depositar una gran película aceitosa sobre la piel, son ampliamente recomendadas para cutis secos, normales y mixtos. En general son emulsiones agua en aceite, pero se pueden encontrar también como aceite en agua como se muestra en la tabla 1.1 y 1.2 respectivamente, siempre que en su formula intervenga una proporción adecuada de aceite mineral (Paterson N.J. 2005).

Compuestos	Composición %
Aceite mineral	40
Cera de abeja	3
Cera de carnahuba	7
Alcohol cetilico	2
Alcohol estearilico	2
G1726	6
Tween 40	4
Agua	36

Tabla 1.1 Formula A

Compuestos	Composición %
Aceite mineral	25
Cera de abeja	10.5
Ceresina	0.5
Sorbo	2.7
Arlacel 186	3
Tween 80	0.5
Agua	57.3
Conservador	0.5

Tabla 1.2 Formula B

1.3.2 Crema de emoliente

La resequedad del cutis representa una característica del envejecimiento de la piel y este tipo de cremas constituye uno de los grupos más importantes en el tratamiento para cutis secos, debido a que los emolientes suavizan e hidratan la piel, además están indicados para los trastornos de la piel como la resequedad o descamación. Sus efectos duran muy poco, por lo que deben aplicarse con frecuencia incluso después de la mejoría. Los emolientes suaves, como la crema acuosa, se pueden emplear en muchos pacientes con la piel seca pero existe una amplia gama de otras especialidades más grasas, como la parafina blanca blanda, las pomadas emulsionantes y las pomadas de parafina líquida. La elección del emoliente depende a menudo de la intensidad de la lesión, las preferencias del paciente y el lugar de aplicación (Paterson N.J. 2006).

Las especialidades que contienen un antibacteriano deben evitarse, salvo que exista una infección o se trate de una complicación frecuente. La urea se emplea como hidratante, se aplica sobre lesiones descamativas y puede ser útil en ancianos. A veces, se combina con otros preparados tópicos como los corticosteroides para mejorar la penetración. Este tipo de cremas se divide en cold cream y cremas de noche.

1.3.2.1 Cold cream

Se trata de una cera emulsionada, emoliente y protectora, que durante un tiempo era preparada como emulsión de tipo agua/aceite a base de cera de abejas, aceite mineral o aceite de almendras dulces, actualmente se produce con materias primas grasas del mismo tipo, como una emulsión aceite/agua, menos grasosa, debido al reemplazo del aceite mineral o de almendras dulces por ésteres de ácidos grasos, además de incluir en la fórmula humectantes para favorecer la textura del producto. Una crema clásica de este tipo muy simplificada

es como la que se muestra en la tabla 1.3. La presencia en alto porcentaje de aceite mineral asegura que la crema cumplirá su misión de emoliente (Paterson N.J.2005).

Compuestos	Composición %
Cera de abeja	16.7
Aceite mineral	50
Bórax	0.83
Perfume	0.50
Conservador	0.50
Agua	31.47

Tabla 1.3 Formula C

La fabricación de este tipo de cremas es un proceso muy simple y consiste en agregar la fase acuosa sobre la oleosa a una temperatura de 70°C, con rápida agitación, posteriormente se enfría a 42°C para dosificarse (se aconseja pasarla por un molino coloidal para darle una mayor calidad).

La cantidad de borato de sodio (bórax) es un factor muy importante en la obtención de una buena cold cream. Si existe una cantidad menor a la establecida, la crema resulta granulosa e inestable, si se encuentra en exceso, puede causar la aparición de cristales duros y afilados de ácido bórico, poco solubles en la fase acuosa (Paterson N.J. 2001).

1.3.2.2 Crema de noche

Las cremas de noche se denominan así porque se aplican por la noche y están destinadas a permanecer durante largo tiempo sobre la piel. Habrá que evitar, por lo tanto, los productos grasos y dar preferencia a las grasas vegetales como los aceites de almendras dulces, de maíz, de aguacate, alcoholes oleicos y cetílico. Deben excluirse las vaselinas, parafinas y cantidades elevadas de lanolina. Este tipo de cremas son emulsiones del tipo aceite/agua y agua/aceite

que se emplean como excipientes de productos activos en las cremas nutritivas, antiarrugas y algunas mascarillas. Una crema de este tipo es como la que se muestra en la tabla 1.4 (J.Rubin 2000).

Compuestos	Composición %
Aceite de almendras dulces	4.0
Aceite de tortuga	6.0
Miristato de isopropilo	5.0
Lecitina de huevo	2.0
Lanolina	3.0
Alcoholes de lanolina	8.0
Agua destilada	71.7
Propilgalato	0.15
Paraoxibenzoato	0.15

Tabla 1.4 Fórmula D

La fase acuosa tiene gran importancia por su efecto de hidratación celular en la piel y por la absorción de los productos activos hidrosolubles, puede usarse agua, pero para dar una mayor humectación se usan los hidrolatos, glicerina y como espesantes se usan el glicerolato de almidón y las gelatinas.

Las cremas de tipo agua/aceite se utilizan como vehículos de ingredientes activos liposolubles, mientras que las del tipo aceite/agua están indicadas para favorecer la penetración de ingredientes activos hidrosolubles en el cutis.

Los emulsionantes para cremas de noche del tipo aceite/agua son los ésteres de glicerina y de los glicoles. Se debe buscar que el pH de estas cremas sea débilmente ácido. Por lo que se deben elegir los emulsionantes adecuados para tal efecto (Paterson N.J. 2000).

1.3.3 Crema evanescente

Es usada como crema de día y pueden servir como excipiente para cremas bronceadoras, antisolares, extemporáneas, astringentes, cremas para manchas marrón en la piel y blanqueadoras para las manos. Este tipo de cremas son de tipo seco y son poco o nada untuosas. Se usan emulsionantes aniónicos y no iónicos aptos para producir emulsiones del tipo agua/aceite, de agua o hidrolatos y de una escasa cantidad de humectantes representados por la glicerina a la que se agregan suavizantes superficiales, alcoholes y ésteres grasos saturados. La fase grasa contiene además aceites con varios dobles enlaces, lanolina y en pequeña proporción ácidos grasos superiores no saturados, gran parte de las cremas evanescentes se preparan con ácido esteárico saponificado parcialmente con álcali, carbonato o hidróxido, amoníaco trietanolamina o monoetanolamina. Estas cremas son usadas para el tratamiento de las pieles gruesas o carnosas a las que no les afecta la ausencia de lípidos absorbibles ni una ligera alcalinidad.

Para pieles finas se usan cremas evanescentes elaboradas con emulsificantes no iónicos, neutros y engrasados muy ligeramente, el monoestearato de glicerilo y el estearato de dietilenglicol unidos a estearatos y palmitatos amínicos o a pequeñas cantidades de laurilsulfato sódico amínico proporcionan magníficos resultados.

Estas cremas tienen aspecto brillante según la cantidad de glicerina o productos grasos que contengan. De aspecto nacarado, se vuelven opacas con dióxido de titanio 0.5%, es importante incluir en la fórmula un pequeño porcentaje de aceite de silicona (0.3 al 0.5 %) en la fórmula para disminuir la espuma que se forma durante la emulsión. La característica principal de este tipo de cremas es la de hidratar y lubricar la piel. Debido a esto una fórmula básica de este tipo de cremas es como la que se muestra en la tabla 1.5 (Paterson N.J. 2001).

Compuestos	Composición %
Vaselina líquida	2.5
Alcohol cetílico	16.5
Ácido estéarico	15.5
Trietanolamina	2
Sorbitol	3.5
Parahidroxibenzoato	0.1
Agua destilada	59.7
Perfume	0.2

Tabla 1.5 Fórmula E

1.3.4 Crema protectora

Las cremas protectoras suelen ser perfectas aliadas para la belleza de la piel. Como su nombre lo dice, están pensadas para cuidar el cutis de los efectos del clima y el ambiente externo, sin embargo este tipo de cremas se usan principalmente para protección de las manos y de la cara en los trabajos industriales y caseros; también se usan como excipientes de cremas especiales analgésicas lenitivas y antisolares. Las cremas protectoras están hechas a base de alcoholes saturados (ácido esteárico, alcohol cetílico) y de hidrocarburos (vaselinas), usándose emulsificantes aniónicos y no iónicos; se puede adicionar un 0.5% de lanolina para hacer la crema más deslizable e impermeabilizar más la capa externa de la piel. Los espesantes coloidales hidrófilos caracterizan a éstas cremas y tienen una función filmógena apta para proteger la piel, entre otros están, los coloides sintéticos, los carragenatos, el látex de caucho. Para una mejor protección se añaden polvos inertes como el óxido de zinc, la bentonita, los estearatos metálicos blancos o ligeramente coloreados, además de tener un contenido de agua de 60 al 70%. Por sus componentes estas cremas se eliminan fácilmente con agua, una crema de este tipo es como la que se muestra en la tabla 1.6 (Paterson N.J. 2001).

Compuestos	Composición %
Lanolina	0.5
Ácido esteárico	26
Alcohol cetílico	2.6
Glicerina	6.0
Solución de CMC al 4%	61
Sosa al 14%	1.0
Óxido de zinc	2.5
Parahidroxibenzoato	0.1
Perfume	0.3

Tabla 1.6 Formula F

1.3.5 Crema nutritiva

Las cremas nutritivas también conocidas como cremas regeneradoras, son fundamentales para un buen cuidado del cutis, su misión consiste en incrementar la regeneración de las células de la piel, por lo que son cremas que por lo general se aplican de noche, debido a que es el momento cuando la piel está más relajada y apta para este proceso. Es por ello que se llaman cremas de rejuvenecimiento mediante las cuales se tiende a retardar los signos de deterioro fisiológico y a restituir la piel descubierta, sobre todo de la cara y el cuello, para tratar de devolverle la frescura juvenil. Se clasifican según su efecto dominante: en cremas hidratantes y antiarrugas o también se pueden clasificar según los ingredientes activos principales en: cremas hormonales, vitamínicas, con extractos biológicos y placentarias (J.Rubin 2000).

A las cremas nutritivas que estimulan y regeneran los tejidos se les denomina microenergéticos. Teniendo en cuenta los excipientes que pueden ser cremas fundamentales de noche, cremas anhidras lipófilas o hidrófilas, geles fundamentales o especiales. El perfumado tiene importancia limitada en cremas

nutritivas. Las dosis de las composiciones perfumadas se mantienen dentro de los límites indispensables para dar un olor apenas perceptible. La coloración definitivamente no se aconseja. Y serán indispensables el uso de conservadores en adecuadas mezclas y proporciones. Una crema de este tipo es como la que se muestra en la tabla 1.7 (Paterson N.J. 2001).

Compuestos	Composición %
Aceite de cacahuete	3.0
Aceite de germen de trigo	5.0
Palmitato de cetilo	20.0
Twen 20	4.0
Sesquiolato de sorbitan	7.0
Agua	55
Parahidroxibenzoato	0.2
Propilgalacto	0.1
Hidroxianisol butilado	0.5
Extracto de hamamelis	5.0
Perfume resistente a la oxidación	0.2

Tabla 2.7 Formula G

1.3.6 Cremas especiales

Están formadas por una mezcla de excipientes que forman la crema base y uno o más ingredientes con acciones biológicas o farmacológicas locales aptas para normalizar la estructura y la actividad del cutis, además del equilibrio funcional entre éste y los órganos internos. En estas cremas la elección del excipiente depende del éxito práctico de los productos elaborados. La presencia en el excipiente de sustancias grasas y algunos espesantes filmogénicos impiden o retardan la absorción cutánea de muchos principios activos, mientras que los emulsionantes no iónicos, el agua, los aceites y las grasas capaces de penetrar en la epidermis son eficientes vehículos de absorción, se considera que los principios

activos disueltos en la fase externa de este tipo de cremas tienen mayor posibilidad de absorberse. Para favorecer la penetración de los principios activos liposolubles se deben elegir cremas del tipo agua/aceite, mientras que las cremas del tipo aceite/agua servirán como vehículo de los productos activos hidrosolubles.

Estos cosméticos deben ser probados clínicamente antes de ponerlos a su venta. Existe gran variedad de cremas especiales y cada una requiere de un estudio en particular; las más importantes por el tipo de aplicación las podemos clasificar en: cremas anticelulíticas y cremas bronceadoras o antisolares.

1.3.6.1 Crema anticelulítica

Son lociones que se aplican en la zona afectada, actuando en las capas exteriores de la piel disminuyendo la celulitis, también son conocidas como cremas reductoras, debido a las características de sus componentes químicos y naturales que sirven para activar los ácidos grasos y eliminarlos. Estas cremas contienen dos tipos de ingredientes: estimulantes e inhibidores.

Los ingredientes estimulantes funcionan de la siguiente forma. Una vez aplicada en la zona con celulitis, los ingredientes activos de la crema penetran en la piel llegando a las células grasas. El modo en el que eliminan la grasa es acelerando el metabolismo de las células, provocando una disolución de la grasa. Esto se consigue gracias a ingredientes como la L-carnitina, la cafeína, el guaraná, la teína o el cacao, ayudan a metabolizar las células grasas.

Por otro lado, los ingredientes inhibidores no destruyen las células grasas pero impiden la acumulación de la grasa. Algunos de estos elementos son los fitoesteroles y el castaño de indias. Normalmente las cremas anticelulíticas suelen estar compuestas de ingredientes de ambos tipos, ya que actúan mejor en conjunto.

1.3.6.2 Cremas bronceadoras o antisolares

Permiten regular el bronceado de la superficie de la piel impidiendo los daños provocados por la luz solar. Se obtienen agregando los antisolares a las cremas evanescentes o protectoras, anhidras, hidrófilas. Para que un agente antisolar cumpla su función debe poseer el poder de absorción de los rayos que están comprendidos entre la longitud de onda de 2.900 a 3.200 Å. El coeficiente de absorción debe ser mínimo respecto a las radiaciones melanógenas. Las cremas antisolares para la montaña deben formularse con agentes antisolares hidrosolubles mientras las que se aplican en las playas los antisolares liposolubles. Una adecuada formulación del excipiente hace utilizable en cualquier condición. Lo que resulta más importante es el comportamiento toxicológico de los ingredientes antisolares. Los más utilizados son: salicilatos de fenilo y de metilo, orto, meta y para aminobenzoatos metales pulverizados colorantes, azinas, fenonas, benzimidazoles, productos de reacción del etileno y del propileno con el ácido tánico, pironas, umbeliferonas, hidroquinonas, ésteres del pirogallol, antranilato de metilo. Una crema de este tipo es como la que se muestra en la tabla 1.8 (Paterson N.J. 2005).

Compuestos	Composición %
Lanolina	5.0
Vaselina líquida	15.0
Manteca de cacao	3.0
Vaselina sólida	15.0
Sesquiolato de sorbitan	4.0
Alcohol cetílico	8.0
Aceite de Behen	10.0
Bnezofenona-3	3.5
Agua destilada	36
P-oxibenzoato	0.2
Perfume	0.3

Tabla 1.8 Formula H

CAPÍTULO 2

EMULSIONES

2.1 EMULSIONES

Las emulsiones son ampliamente utilizadas en la industria de la transformación, las industrias que más las utilizan son las farmacéuticas, cosméticas, alimenticias, pinturas y detergentes; razón por la cual es importante conocer sus fundamentos teóricos y su aplicación industrial.

Una emulsión se define como una dispersión heterogénea formada por dos fases o dos líquidos parcialmente miscibles, uno de los cuales es dispersado en el otro en forma de glóbulos (micelas). Las dos fases son sometidas a ciertas condiciones físicas y químicas para facilitar la dispersión de una en la otra. La fase discontinúa (dispersa) o interna es el líquido desintegrado en forma de glóbulos (micelas). El líquido circundante es la fase continúa o externa. Para reducir la tensión superficial entre las dos fases se utiliza un emulsificante en la fabricación, dando como resultado una emulsión más estable.

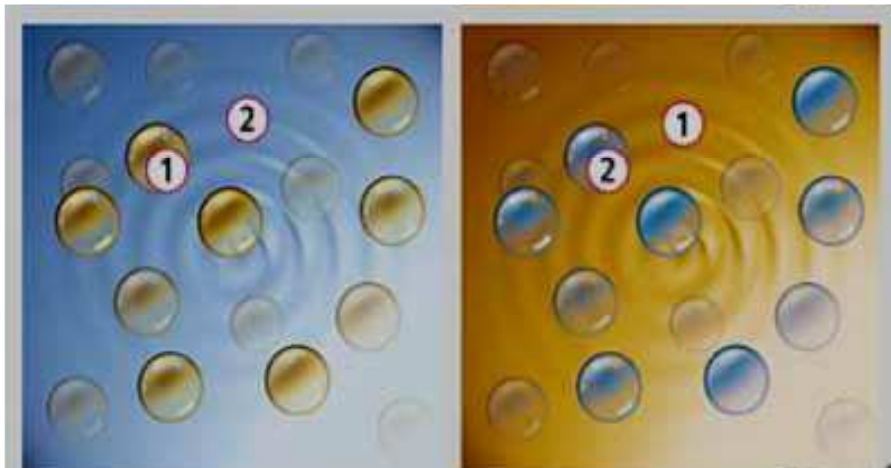


Figura 2.1 Las emulsiones aceite/agua tienen una fase interna oleosa y una fase externa acuosa. En las emulsiones agua/aceite ocurre lo contrario. (1 Fase oleosa y 2 Fase acuosa)

Las emulsiones que se utilizan en los cosméticos, consisten en una fase acuosa polar (agua) y una fase oleosa no polar (aceite). Son emulsiones aceite/agua y agua/aceite (ver figura 2.1) (Paterson N.J. 2000). Este tipo de

emulsiones nos ayuda a satisfacer las necesidades fisiológicas de la piel liberando uniformemente materias hidrosolubles y liposolubles.

Hay ocasiones en que no está claramente definido el tipo de emulsión, debido que la fase interna y externa, en lugar de ser homogéneas, contienen porciones de la fase contraria; una emulsión de esta clase se llama emulsión dual.

2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS EMULSIONES

La clasificación de emulsiones puede estar basada de acuerdo al tipo de emulsión, al tamaño de partícula (glóbulo o micela), al sitio de acción y la forma del glóbulo.

2.2.1 De acuerdo al tipo de emulsión

2.2.1.1 Emulsión simple.

Es una emulsión aceite en agua (aceite/agua) donde la fase interna es el aceite y la fase externa es el agua. Es el tipo de emulsiones más comunes en el área cosmética y farmacia; si la emulsión es agua en aceite (agua/aceite) la fase interna es el agua y la fase externa es el aceite (ver figura 2.2) (Paterson N.J. 200).

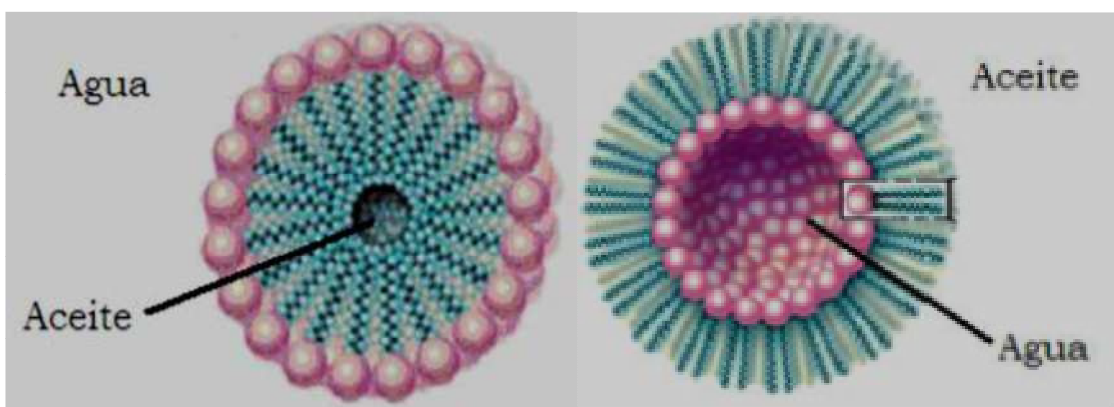


Figura 2.2. Emulsión simple (a Emulsión (aceite/agua), b Emulsión (agua/aceite))

2.2.1.2 Emulsión múltiple.

Se puede considerar como la emulsión de una emulsión (ver figura 2.3), debido a que tiene tres a más fases internas, aceite en agua en aceite (aceite/agua/aceite) o agua en aceite en agua (agua/aceite/agua) (Paterson N.J. 2000).



Figura 2.3 Emulsión múltiple

2.2.2 En base al tamaño de partícula

2.2.2.1 Monodispersa.

Cuando el radio de las partículas o micelas son similares. En este sistema la fase interna esta formada por micelas esféricas (glóbulos).

2.2.2.2 Poli dispersas.

Cuando las partículas tiene tamaños variables.

2.2.3 En base al diámetro de las micelas

La clasificación de acuerdo al diámetro de la micela se divide en dos en macroemulsión y microemulsión, y estas su vez se subdividen en dos debido a la apariencia que presentan por la diferencia en el tamaño de las micelas.

2 – 20 μm		Macroemulsión Blanco lechoso
0.1 – 0.3 μm		Macroemulsión Azulosa
<0.1 μm		Microemulsión Translúcida
0.01 μm		Microemulsión Transparente

2.2.4 Dependiendo del tipo de acción

2.2.4.1 Externas.

Son aquellas emulsiones para uso cosmético, local, tópico o dermatólogo.

2.2.4.2 Internas.

Son aquellas emulsiones que requieren penetrar a capas profundas de la piel.

2.2.5 Dependiendo de la fórmula del glóbulo

2.2.5.1 Esféricas.

Las partículas similares se rodean formando esferas

2.2.5.2 Poliédricas.

Formas poco comunes; se forman en concentraciones mayores del 74% de agua en la fase interna.

2.2.5.3 Lineales.

Son macromoléculas simples que por su tamaño no puedes formar esferas.

2.3 PROPIEDADES DE LAS EMULSIONES

Las propiedades más importantes de las emulsiones son la utilidad y el aspecto que ofrecen al consumidor industrial o al consumidor final. Las propiedades que son más evidentes y por lo general más importantes son: facilidad de dilución, viscosidad, color, estabilidad y su facilidad de formación. Para un tipo de emulsión, estas propiedades dependen de lo siguiente:

- a) Propiedades de la fase continúa.
- b) Propiedades de la fase discontinua.
- c) La relación entre la fase interna y externa.
- d) El tamaño de partícula de la emulsión.
- e) La relación entre la fase continua y las partículas (incluso las cargas iónicas).
- f) Del tipo, cantidad y calidad del emulsificante
- g) Del orden en que se añaden los ingredientes al mezclarlos.

A continuación se describen algunas de las propiedades más importantes de las emulsiones:

2.3.1 Solubilidad

La solubilidad de una emulsión es determinada por la fase continua, si la fase continua es hidrosoluble, la emulsión puede ser diluida con agua, si la fase

continua es oleo soluble, la emulsión se puede disolver en aceite. La facilidad con la que se puede disolver una emulsión se puede aumentar si se reduce la viscosidad.

2.3.2 Viscosidad

La viscosidad de una emulsión cuando hay exceso de la fase continua es virtualmente la viscosidad de dicha fase. Al aumentar la porción de la fase interna aumenta la viscosidad de la emulsión hasta un punto en que la emulsión deja de ser líquida. Cuando el volumen de la fase interna sobrepasa el de la externa, se aglomeran las partículas de la emulsión. La viscosidad de emulsiones y suspensiones aumenta a menudo con el tiempo, algunas veces a causa de la acción tixotrópica. La viscosidad de una emulsión puede regularse de la siguiente manera:

2.3.2.1 Para reducir la viscosidad

2.3.2.1.1 Se aumenta la porción de la fase continua

2.3.2.1.2 En suspensiones, se agregan agentes de actividad superficial para aumentar la lubricación.

2.3.2.2. Para aumentar la viscosidad

2.3.2.2.1 Se adicionan espesantes, como geles, gomas y gel de alúmina a la fase continua.

2.3.2.2.2 Se aumenta la proporción de la fase interna.

2.3.2.2.3 Se reduce el tamaño de partícula de la emulsión o se reduce la aglomeración de las partículas existentes.

La regulación de la viscosidad de las emulsiones tiene aplicación en la preparación de las lociones cosméticas. El objetivo es preparar una loción que

parezca ser espesa; esto es que tenga alta viscosidad aparente, pero que se conserve líquida al permanecer en reposo durante un largo tiempo.

2.3.3 Estabilidad

La estabilidad de una emulsión depende de los siguientes factores: el tamaño de partícula, la diferencia de densidad de ambas fases, la viscosidad de la fase continua y de la emulsión acabada, las cargas de las partículas, la naturaleza y cantidad del emulsificante, las circunstancias de almacenamiento.

Puesto que las partículas de una emulsión están suspendidas libremente en un líquido, obedecen a la ley de Stokes si no están cargadas. Para fines industriales la definición de estabilidad incluye forzosamente la no coalescencia de las partículas de la emulsión y la no sedimentación. La incorporación de aire en una emulsión puede tener como consecuencia la reducción notable de la estabilidad.

2.3.4 Tamaño de partícula

El tamaño y distribución de las partículas en una emulsión son determinados por la cantidad y la calidad del emulsificante, el orden de mezclado y la clase de agitación que se haga. Si se reduce poco a poco el tamaño de las partículas de la emulsión, varía el color y el aspecto de ésta. Se puede disminuir el tamaño de partícula por los siguientes medios:

2.3.4.1 Aumentando la cantidad del emulsificante.

2.3.4.2 Mediante una mejor agitación.

2.3.5 Conductividad

La conductividad eléctrica de una emulsión depende de la conductividad de la fase continua, la cual se mide con un conductímetro (MicroSiemens/cm).

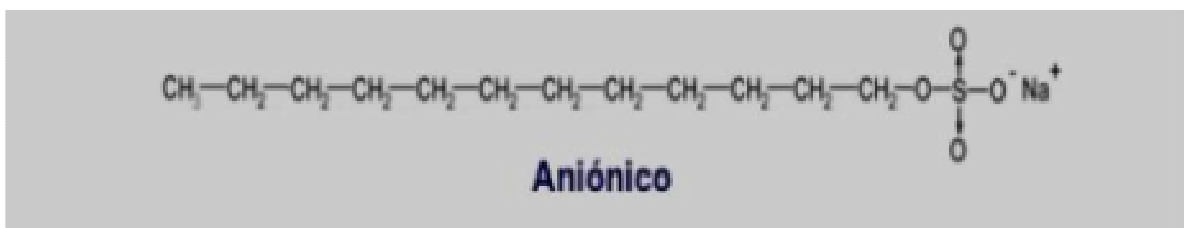
2.4 EMULSIFICANTES

Los emulsificantes son sustancias de naturaleza química que dan protección o recubrimiento necesario a dos líquidos que son inmiscibles entre sí, sirven para proteger las micelas dispersas en un líquido y estabilizarlas en el otro líquido del sistema.

Los emulsificantes se emplean en la formulación de emulsiones para dar estabilidad a la emulsión. Estos efectos se producen por la tensión interfacial entre las dos fases y por la acción coloidal protectora, respectivamente. Los emulsificantes son sustancias muy complejas y parece que cuanto más complejas funcionan con mayor eficiencia. Los emulsificantes se pueden clasificar de acuerdo a su estructura química y a la solubilidad del grupo cabeza en:

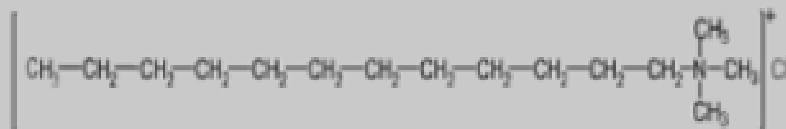
2.4.1 Emulsificante aniónico

Tiene una carga negativa en su porción hidrofílica, se ionizan en solución, formando un catión (R +) y un anión (R -), por ejemplo el ácido esteárico, (cuyo grupo hidrofílico es el ácido carboxílico), alcanos sulfonados, jabones.



2.4.2 Emulsificante catiónico

Tiene una carga positiva en su porción hidrofílica, se ionizan en solución, formando un anión (R -) y un catión activo de superficie (R +), por ejemplo las sales cuaternarias de amonio. Esta carga es atraída por la carga negativa de la piel y del cabello (agente acondicionador).



Catiónico

2.4.3 Emulsificante no iónico

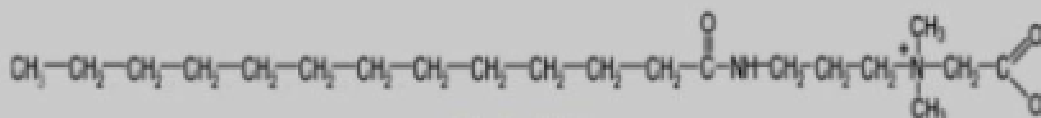
Tienen una carga neutra (carga neta cero) inmune a los efectos del pH (es un buen agente solubilizante). Son covalentes porque no tienen tendencia a la ionización. Por consiguiente, pueden asociarse con otros agentes no iónicos de actividad superficial y con agentes aniónicos o catiónicos, lo que confiere flexibilidad a la formulación; por ejemplo alcoxiéteres, en este caso la molécula es grande y contiene una porción lipófila y una hidrófila. Por ejemplo: tween 20, 30.



No iónico

2.4.4 Emulsificante anfotérico

Tiene la capacidad de actuar como un ácido o como una base dependiendo del pH del entorno; por ejemplo aminas carboxilatadas (NR_4^+) ($\text{R} - \text{COO}^-$). No son irritantes y puedes actuar también como buffer.



Anfotérico

2.5 EQUIPOS PARA EMULSIFICACIÓN

La elección del equipo depende de la aplicación de la emulsión que se prepara. La finalidad del equipo para emulsificación, es dividir y dispersar la fase interna en la externa, para que el tamaño de partícula de la emulsión que resulte sea suficientemente pequeño, lo que ayuda a evitar la unión y la consecuente desintegración de la emulsión en el tiempo requerido por la estabilidad.

Cuando una emulsión no es muy viscosa, se requiere que la rotación mecánica del agitador tipo turbina sea lenta, lo que en consecuencia reduce la eficiencia de agitación. Para emulsiones viscosas que contienen gran proporción de sólidos, como geles o sustancias resinosas, se requiere de una agitación más fuerte y eficiente, por lo que en ocasiones es necesario utilizar paletas giratorias o de áncora (V.W.UHI 1999)

El agitador de contra rotación (ver figura 2.4) es ideal para emulsiones de gran viscosidad, como los que se hacen en la industria alimenticia. En un agitador a contra rotación se tienen dos paletas que efectúan dos movimientos circulares; uno de rotación sobre su propio eje y otro de contra rotación en una órbita circular. De esta manera se puede mezclar una gran porción de masa espesa (E. Kato 2006).



Figura 2.4 Agitador a contrarrotacion

La agitación por medio de hélice (ver figura 2.5) es uno de los tipos más usuales para la emulsificación, consiste en una o más hélices montadas sobre un eje de un tanque mezclador. Este tipo de agitación es muy eficiente para agitar emulsiones de viscosidad baja y son especialmente útiles por su gran caudal de bombeo. Pero normalmente este tipo de agitación puede generar áreas con poca agitación. El flujo de la mezcla es axial y el propulsor está puesto de tal forma que produce un flujo descendente hacia el fondo del tanque (E. Kato 2006)



Figura 2.5 Agitador de hélice marina

La agitación por medio de turbinas (ver figura 2.6) es preferible al método anterior para la fabricación de una emulsión, debido a que este tipo de agitación no genera áreas con poca agitación, es decir existe una agitación más eficiente y originando una emulsión más estable. Las turbinas están constituidas principalmente por hojas planas (aspas), las cuales varían según las características de los productos a mezclar y su aplicación, también existen de hojas curvas, las cuales se utilizan para suspensión de pulpas frágiles y cristales (V.W. UHI 1999).

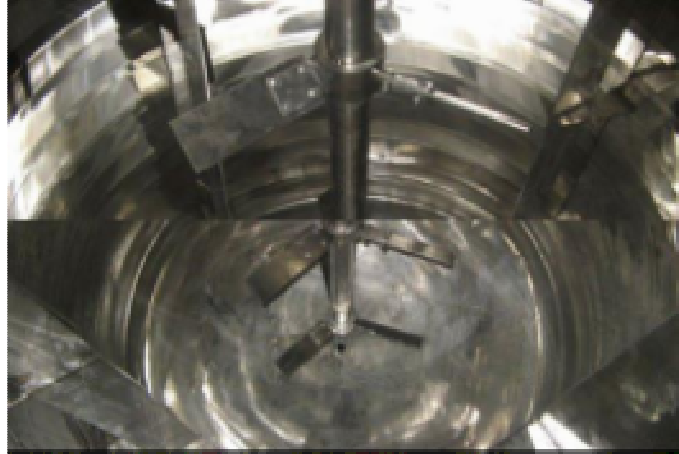


Figura 2.6 Agitador tipo turbina

2.6 TECNOLOGÍA DE LAS EMULSIONES

Para la fabricación de las emulsiones a nivel industrial es importante conocer todas las operaciones involucradas en el proceso, para controlar y obtener un producto que cumpla con las características para las cuales fue desarrollado. Por esta razón el conocimiento y control de los puntos críticos como la temperatura de emulsión, velocidad de agitación, tiempo de agitación, así como otros factores involucrados en dicho proceso nos harán garantizar la calidad de las emulsiones. Las operaciones que intervienen en la fabricación de las emulsiones son:

2.6.1 Reducción del tamaño de partícula

Es el proceso mecánico de ruptura de partículas en otras más pequeñas, el proceso mecánico normalmente se refiere al concepto de molienda. Para reducir el tamaño de partícula se puede usar un rotor/stator (ver figura 2.7) el cual

asegura una molienda rápida y uniforme de los materiales sólidos y semisólidos, produciendo adecuadamente una disolución o una fina suspensión (Silverson 2010). Los mecanismos de molienda son:

2.6.1.1 Impacto.

Reducción de tamaño por la fuerza perpendicular a la partícula o a la superficie del aglomerado; cuya fuerza puede ser el resultado de la colisión entre partículas contra la superficie del molino.



Figura 2.7 Rotor/stator y sus cabezales

2.6.1.2 Rozamiento

Reducción por fuerzas paralelas entre la superficie de las partículas.

2.6.1.3 Compresión

Reducción por la aplicación de fuerza lenta (comparada con la fuerza de impacto) a la superficie de la partícula, dirigida hacia el centro de la partícula.

2.6.1.4 Corte

Reducción por una fuerza de corte al material

2.6.2 Mezclado

El mezclado es una operación del proceso de emulsificación que da como resultado un movimiento de partículas desiguales en un sistema, basándose en la agitación y dando origen a un intercambio térmico regular dentro de un tanque que se calienta o enfría, ayudando a la dispersión de sólidos, líquidos o gases en líquidos según sea el caso (V.W. UHI 1999). Existen diferentes equipos de mezclado que se pueden clasificar en:

2.6.2.1 Mezcladores por convección

Este tipo de equipos opera normalmente en condiciones de esfuerzo cortante bajo y tienen un diseño cuyo movimiento rotativo hace que el líquido sea mezclado homogéneamente, los cuales son:

2.6.2.1.1 Mezcladores de tipo de contra rotación (ver fig. 2.4)

2.6.2.1.2 Mezcladores de tipo hélice marina (ver fig. 2.5)

2.6.2.1.3 Mezcladores de tipo turbina (ver fig. 2.6)

2.6.2.2 Mezcladores por conducción.

Este tipo de equipos opera normalmente en condiciones de esfuerzo cortante alto y se usan para producir rápidamente productos homogéneos, sin la necesidad de deflectores en el tanque (Silverson 2010), y son los siguientes:

2.6.2.2.1 Mezcladores con rotor/stator (ver fig. 2. 7)

2.6.2.2.2 Mezcladores con dispersor (ver fig. 2.8)



Figura 2.8 Mezcladores con dispersor

2.6.3 Emulsificación

Es la operación que consiste en la aplicación de energía física a un sistema líquido compuesto de dos fases inmiscibles formando una fase dispersa en otra dispersante. Para llevar a cabo esta de operación se pueden usar mezcladores mecánicos de esfuerzo cortante alto y bajo dependiendo del tipo de formulación (Paterson N.J 2000), y pueden definirse como:

De bajo esfuerzo cortante, como agitadores mecánicos que pueden diferir del tipo de flujo que imparten a la mezcla, ya sea de flujo axial o turbinas de flujo radial.

De alto esfuerzo cortante, como los dispersores, rotor/stator y homogeneizadores a presión.

2.6.4 Deareación

Es la eliminación de los gases atrapados que provienen de la acumulación de medidas volumétricas y la eliminación de gases potencialmente reactivos. El principio de esta operación es únicamente el uso de vacío.

2.6.5 Transferencia

Es una operación involucrada en la emulsión, la cual se refiere al movimiento controlado o transferencia de materiales de un lugar a otro; los tipos de transferencia los podemos definir como:

2.6.5.1 Pasiva.

Se refiere al movimiento de materiales que usualmente pasan a través de un conducto o una pipa por un gradiente de presión inducida, no mecánica.

2.6.5.2 Activa.

Se refiere al movimiento de materiales que usualmente pasan a través de un conducto o una pipa por un gradiente de presión mecánica inducida.

2.6.6 Acondicionamiento

Es una operación de igual importancia que la de elaboración de la emulsión. El proceso de acondicionamiento lo podemos dividir en las siguientes fases:

2.6.6.1 Llenado.

El llenado puede ser por peso o volumen (ver fig.2.8), se realiza en un envase primario, a través de un orificio, mediante una bomba, pistón o un sistema de alimentación por gravedad, el sistema de llenado dependerá del tipo de emulsión y el tipo de envase primario, el cual puede ser etiquetado o litografiado.

2.6.6.2 Sellado.

El empaque primario puede ser sellado por diferentes métodos, los cuales pueden ser simplemente la colocación de una tapa manual, usando conductos calientes o electromagnéticos o por manipulación mecánica.

2.6.6.3 Empaque.

Después de ser llenado, sellado y en ocasiones etiquetado, el empaque primario se coloca en un empaque secundario, para posteriormente ser almacenado.



Figura 2.8 Llenadora de emulsión

2.6.7 Almacenamiento

El proceso que lleva a cabo después de que el producto ha sido envasado en un envase primario o secundario. El almacenamiento de líquidos, semi-sólidos o geles, pueden llevarse a cabo en un contenedor, pero es importante establecer las condiciones de temperatura y/o humedad relativa, que garanticen la estabilidad del producto durante el tiempo que permanezca en el contenedor (David julian

1999). Algunos contenedores pueden diferir en su geometría, control de temperatura y agitación.

2.7 ESTABILIDAD DE LAS EMULSIONES

La estabilidad de la emulsión está relacionada, sobre todo, con la viscosidad de la fase continúa debido al efecto que tiene sobre la fase dispersa, obstaculizando el movimiento de origen térmico y retardando la sedimentación. Esto se origina particularmente por la repulsión de las cargas electrostáticas homónimas, las colisiones debidas al movimiento browniano y a las fuerzas de atracción de London-Van Der Waals.

El concepto de una emulsión termodinámicamente estable puede ser subjetiva y variar, por ejemplo desde el punto de vista farmacéutico no se requiere de una estabilidad termodinámica, porque “si en la fase dispersa mantiene el mismo número de formas de las partículas por unidad de volumen en peso de la fase continua”, con una ligera agitación se podrá reconstruir. Pero no así para el consumidor, ya que al observar la emulsión con una ligera separación, lo ve como algo inestable y de mala calidad, de acuerdo a lo anterior en cosméticos se le debe dar presentación estética para que sea aceptable al consumidor, por estas razones, la descripción visual de la estabilidad de una emulsión suele ser subjetiva. Los factores que afectan la estabilidad de una emulsión son:

2.7.1 Factores Químicos:

Son debidos a la falta de conocimiento sobre las características químicas de sus materias primas (naturaleza química y concentración de sus emulsificantes, pH, polaridad) así como estudios de cinética de reacciones.

2.7.2 Factores Microbiológicos.

Son debidos a una selección inadecuada de conservadores y condiciones inapropiadas de fabricación. Las emulsiones son susceptibles de sufrir alteraciones por acción de microorganismos que puedan desarrollarse en la fase acuosa.

2.7.3 Factores reológicos.

Son debido al desconocimiento de estudios previos de viscosidad y tamaño de partícula.

2.7.4 Factores físicos.

Son debidos a la falta de controles de temperatura, vibraciones y condiciones de almacenamiento (ver figura 9) dando origen a los cuatro fenómenos siguientes (J.Rubin 2002):

2.7.4.1 Coalescencia.

Es la separación de dos fases de un sistema emulsionado debido a la fusión de los glóbulos para formar micelas grandes, este tipo de separación es de forma irreversible.

2.7.4.2 Floculación.

La floculación está relacionada con el potencial eléctrico de las micelas para unirse, por esta razón las micelas se agregan sin perder su identidad, es decir no cambian de tamaño, entonces la emulsión puede recuperarse mediante una agitación suave, en base a lo anterior este tipo de separación es reversible en ciertas condiciones.

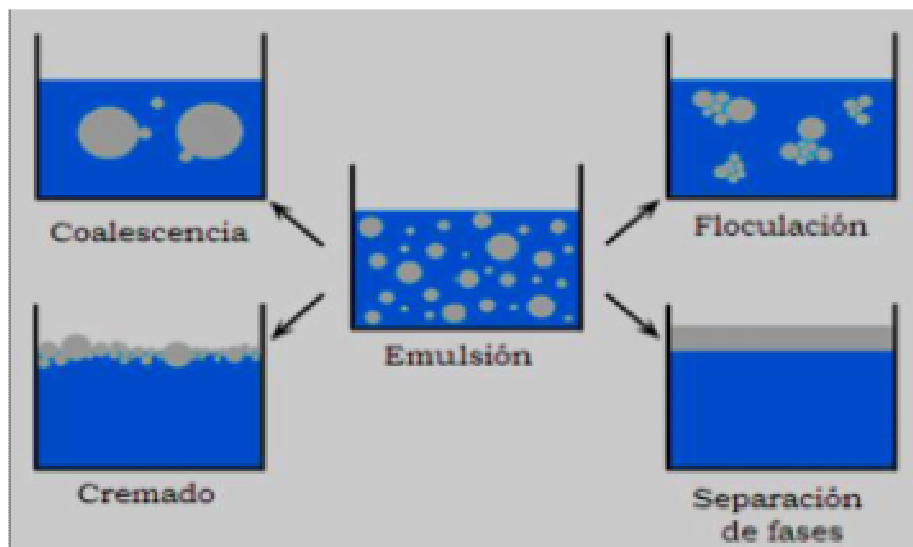


Figura. 9 Factores físicos

2.7.4.3 Cremado

Es la migración de micelas de la fase dispersa hacia la fase continua, por influencia de la diferencia de gravedades específicas entre las dos fases y se dirigen hacia arriba de la emulsión.

2.7.4.4 Separación de fases

Es la separación causada por el movimiento ascendente de las micelas de la emulsión, debido a que tienen una densidad más baja que el medio donde se encuentran dispersadas.

2.8 PRUEBAS DE ESTABILIDAD

El objetivo de las pruebas de estabilidad es la de proporcionar la evidencia de la calidad de un producto a través del tiempo bajo la influencia de una variedad de factores ambientales, tales como temperatura, humedad y luz que permiten recomendar las condiciones de almacenaje, realizando reanálisis para

determinar la vida media del producto. La vida media de una emulsión está directamente relacionada con la cinética de la estabilidad, donde las propiedades fisicoquímicas de una emulsión no deben de cambiar durante un periodo de tiempo que se determina mediante un protocolo de estabilidad para obtener la vida de anaquel o estética y tiempo de caducidad (J.Rubin 2002).

Las pruebas de estabilidad en el laboratorio para detectar signos de inestabilidad de las emulsiones pueden clasificarse en:

2.8.1 Pruebas de estabilidad química.

Sirven para determinar el comportamiento del pH, contenido de conservador y ensayo. Estas pruebas determinan la estabilidad intrínseca que establece los caminos por los cuales las moléculas sufren una degradación y el orden de identidad de los productos de degradación.

2.8.2 Pruebas de estabilidad microbiológica.

Sirven para determinar los límites microbianos. El medio de fabricación para emulsiones no requiere necesariamente de un ambiente estéril, simplemente de un medio higiénico y sin fuentes de contaminación. Los microorganismos pueden favorecer la descomposición de los emulsificantes, originando el rompimiento de la emulsión. Los contaminantes que con frecuencia afectan la emulsión son los hongos, las levaduras y con menor frecuencia las bacterias. Razón por la cual se adicionan agentes conservadores en la fase acuosa de la emulsión aceite en agua.

2.8.3 Pruebas de estabilidad física.

Estas pruebas se conocen como pruebas de estrés y están clasificadas de la siguiente manera:

2.8.3.1 Pruebas organolépticas.

En esta prueba se determina apariencia (separación de fases) color y olor.

2.8.3.2 Pruebas de centrifugación.

Esta prueba nos sirve para determinar la vida media de la emulsión a condiciones normales de almacenaje.

2.8.3.3 Pruebas de vibración o de agitación.

Esta prueba consiste en someter la emulsión a una agitación mecánica a ciertas revoluciones por minuto (rpm) y observar si hay separación por efecto de colisiones de las micelas en dispersión.

2.8.3.4 Pruebas de temperatura.

Esta prueba es diseñada para conocer los efectos químicos a largo plazo que pueden sufrir los componentes de la formula mediante condiciones de almacenamiento.

CAPÍTULO 3

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El proceso de fabricación de la crema para manos presenta una dificultad para cumplir con la especificación de viscosidad del producto terminado. El intervalo de este parámetro es de 4500 a 5500 cps, para cumplir las especificaciones de la planta nacional dedicada a la manufactura de cremas y productos para el cuidado personal. En el proceso actual de 2000 kg de crema, al término de una fabricación normalmente se obtiene una viscosidad de 2500 cps en promedio, como consecuencia al final de cada lote de producción se deben realizar ajustes para cumplir con la especificación del producto.

El reproceso de un lote de crema implica un aumento en los costos de producción, haciendo este producto a veces incosteable para la empresa, por la utilización de materias primas adicionales y tiempo de reproceso, en base a esta problemática se decidió realizar un estudio donde se puedan determinar los factores que afectan directamente la viscosidad de la crema, para determinar las variables a estudiar se usa el Diagrama de Ishikawa (Ver figura 3.1) (Humberto G.P. 2010), el cual nos muestra los principales factores que afectan la viscosidad de la crema.

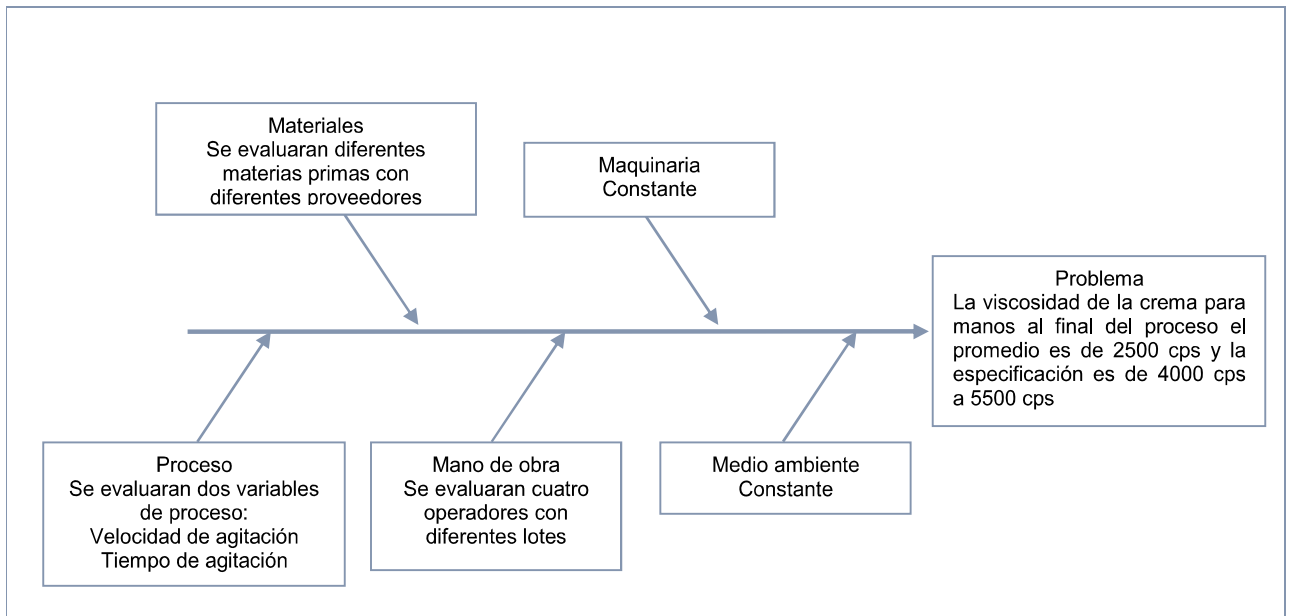


Figura 3.1 Diagrama de Ishikawa

3.1.1 Mano de obra

La mano de obra es un factor muy importante que se debe evaluar, para verificar que el procedimiento de fabricación se sigue tal cual está establecido y que con esos tiempos de proceso la fabricación produce una crema que cumpla con la especificación de viscosidad, en caso contrario se deben encontrar los tiempos de proceso idóneos para que el proceso de fabricación de la crema no sea el que origine un producto final con una viscosidad baja de la crema.

3.1.2 Materias primas

En la fabricación de cualquier producto, la calidad de las materias primas afectan directamente la del producto final, por lo tanto es de vital importancia verificar que las materias primas cumplan con las especificaciones establecidas, además de realizar una evaluación de proveedores. Para nuestro estudio sólo se tomará en cuenta que las materias primas cumplan las especificaciones establecidas.

En este estudio se evaluará el espesante y el emulsificante por ser las dos materias primas que afectan principalmente a la viscosidad, en base a las especificaciones establecidas se seleccionaron dos proveedores de cada una de las materias primas designándolos como proveedor A y proveedor B.

3.1.3 Proceso

El proceso de fabricación es una parte crítica para la obtención de una crema con calidad, una etapa fundamental es la emulsificación, la cual se ve afectada directamente por la velocidad y el tiempo de agitación.

3.1.3.1 Velocidad de agitación

La agitación durante la emulsión, tiene la finalidad de producir una mayor área de contacto entre la fase acuosa y oleosa, lo cual ayuda a la formación de micelas homogéneas de menor tamaño, cuando existe una buena agitación durante la emulsión se mejoran en la crema características como la apariencia, viscosidad y estabilidad. Por lo anterior esta etapa es considerada como parte del estudio realizado.

3.1.3.2 Tiempo de agitación

El tiempo de agitación es muy importante en la formación de micelas, pero este periodo es muy amplio, por tal motivo, se consideraran para este estudio sólo dos periodos de agitación dentro del rango establecido en el procedimiento actual, con la finalidad de determinar el efecto que tiene en la viscosidad.

CAPÍTULO 4

PROCESO DE FABRICACIÓN

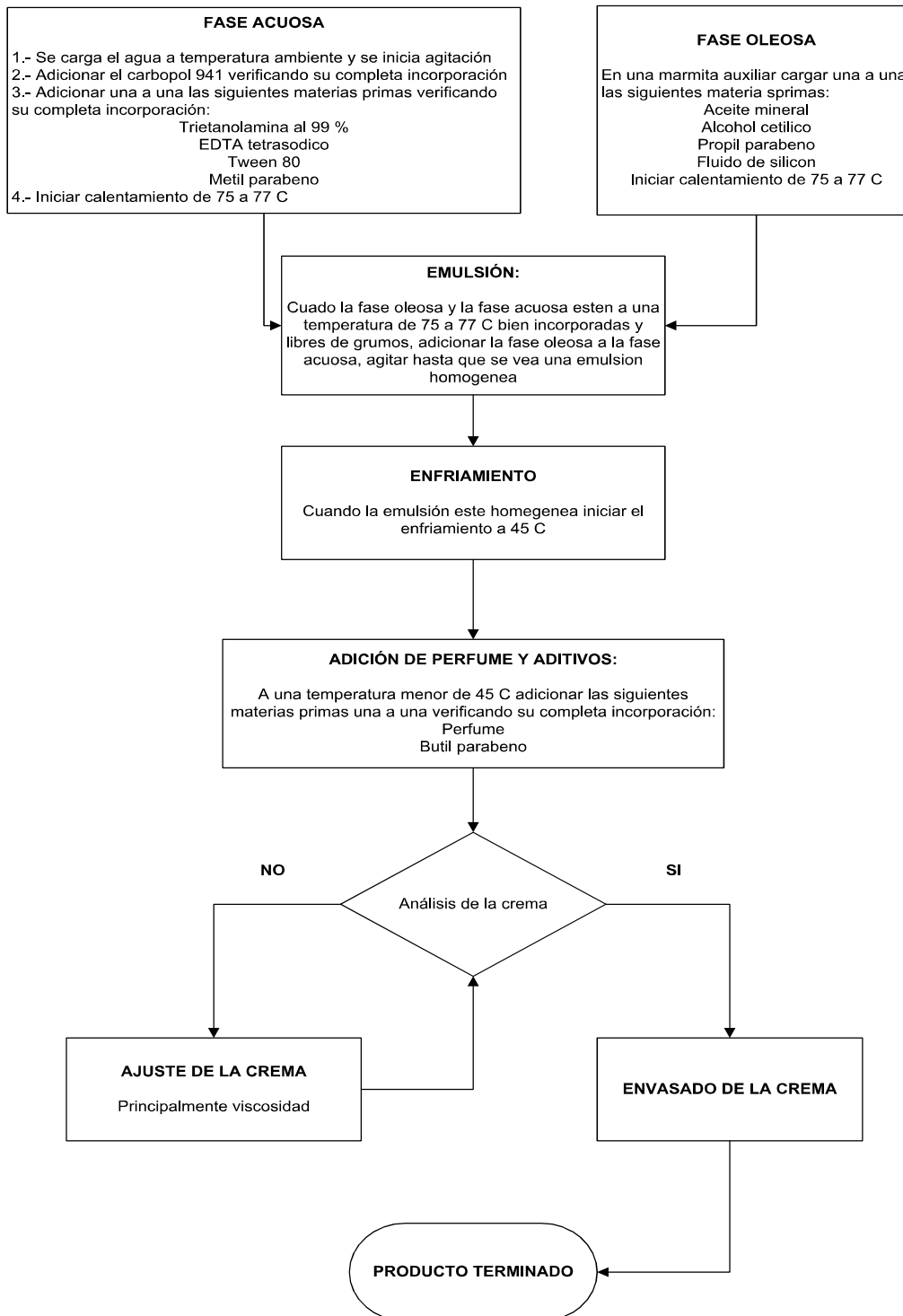
4.1 FORMULACIÓN DE LA CREMA PARA MANOS

Las manos son las protagonistas de todas las actividades diarias, tienen contacto con todo lo que tocamos, al igual que con los cambios de temperatura y la radiación solar, todos estos factores afectan la piel haciéndola áspera, rugosa y provocando su envejecimiento prematuro. Por eso es tan importante cuidarlas y tratarlas a diario con una crema que les proporcione suavidad y protección contra los factores mencionados anteriormente. En la tabla 4.1 se muestra la formulación de la crema para manos, fabricada en una planta nacional dedicada a la manufactura de cremas y productos para el cuidado personal, la fase en la que va cada una de las materias primas y su porcentaje.

MATERIA PRIMA	FASE	PORCIENTO
Agua deionizada	Carbopol	14
Carbopol 941	Carbopol	0.35
Aceite mineral	Oleosa	8
Alcohol cetílico	Oleosa	12
Propil parabeno	Oleosa	0.15
Fluido de silicon	Oleosa	6
Agua deionizada	Acuosa	56.5
Trietanolamina 99%	Acuosa	1.1
EDTA tetrasódico	Acuosa	0.05
Tween 80	Acuosa	1.1
Metil Parabeno	Acuosa	0.25
Perfume	Acuosa	0.4
Butil parabeno	Acuosa	0.1
Total		100

Tabla 4.1 formulación

4.2 PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN.



4.3 EQUIPO DE PROCESO NECESARIO PARA LA EMULSION

El tipo y tamaño del equipo necesario para la emulsificación varía de acuerdo a la instalación de cada proceso, en el que se requiere diferentes requerimiento de agitación y control de temperatura, para evitar posibles contaminaciones de materiales y microbianas se recomienda que toda la instalación sea de acero inoxidable tipo 316.

En la figura 4.1 aparecen los equipos mínimos necesarios para llevar a cabo el proceso de emulsificación de la crema para manos.

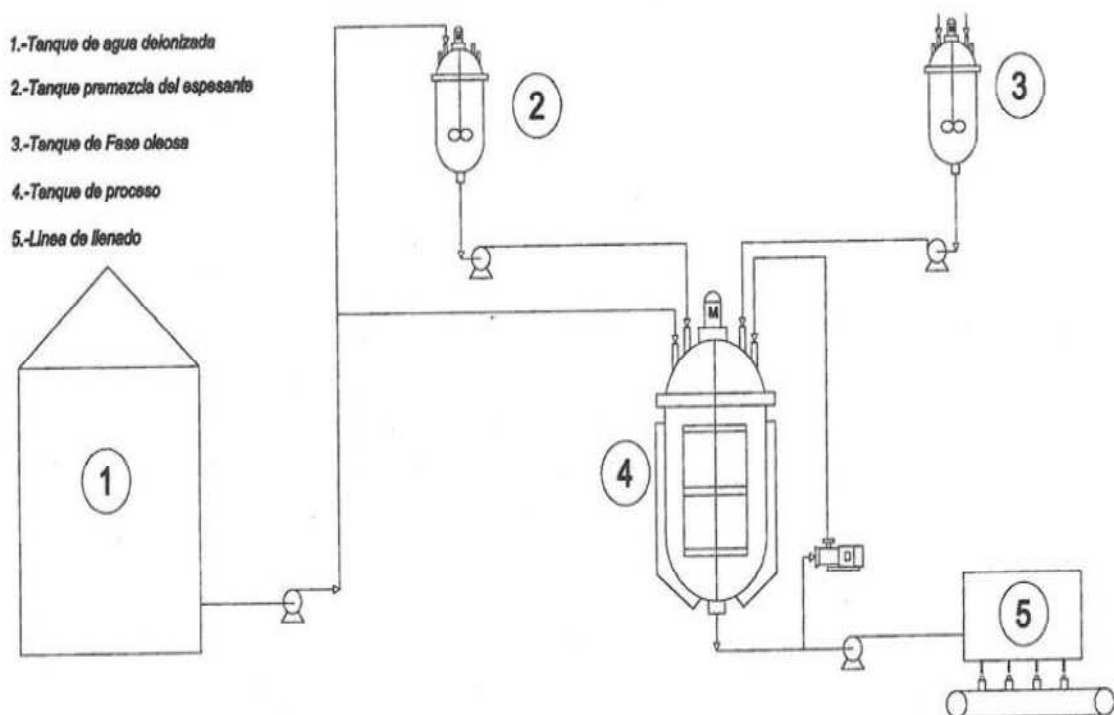


Fig. 4.1 Diagrama de flujo de una unidad de emulsificación de cremas

4.4 ESPECIFICACIONES DE LA CREMA PARA MANOS

En la tabla 4.2 se muestran las especificaciones de la crema como granel y como producto terminado, requeridas por la planta nacional dedicada a la manufactura de cremas y productos para el cuidado personal.

ESPECIFICACIONES	
GRANEL	
Propiedad	Evaluación
Apariencia	Compara con estándar
Color	Compara con estándar
Olor	Compara con estándar
pH a 25 °C	6.5 a 7.5
Gravedad Especifica a 25°C	0.99 a 1.01
Viscosidad a 25°C, cps (spindle 4, 20 rpm, 60 seg)	4500 a 7000
Cuenta total Aerobia (AL; 48 hr a 35 °C)	< 300 ufc/g
Hongos y Levaduras (ASD; 120 hr a 25°C)	< 10 ufc/g
PRODUCTO TERMINADO	
Apariencia	Compara con estándar
Color	Compara con estándar
Olor	Compara con estándar
pH a 25 °C	6.5 a 7.5
Gravedad Especifica a 25°C	0.99 a 1.01
Viscosidad a 25°C, cps (spindle 4, 20 rpm, 60 seg)	4500 a 7000

Tabla 4.2 Especificaciones

4.5 MÉTODOS DE ANALISIS.

En la tabla 4.3 Se muestran los equipos utilizados para la determinación de las propiedades necesarias para la liberación de un granel y poder llevar a cabo su envasado.

Propiedad	Equipo
pH a 25 °C	Potenciómetro
Gravedad Especifica a 25°C	Picnómetro
Viscosidad a 25°C	Viscosímetro Brookfield modelo RVT

Tabla 4.3 Métodos de análisis

CAPÍTULO 5

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

5.1 HIPÓTESIS

La viscosidad de una crema para manos se puede modificar, variando las cantidades de espesante y emulsificante, así como modificando las variables de proceso de velocidad y tiempo de agitación.

5.2 OBJETIVOS

5.2.1 Objetivo general

Determinar los parámetros que afectan directamente la viscosidad de una crema para manos y modificarlos para lograr que la crema cumpla con las especificaciones de una planta nacional dedicada a la manufactura de cremas y productos para el cuidado personal.

5.2.2 Objetivos particulares

Mejorar la formulación de crema para manos utilizando diferentes materias primas.

Desarrollar un proceso de fabricación que permita elaborar una crema para manos que cumpla de forma continua con las especificaciones de una planta de fabricación.

CAPÍTULO 6

EXPERIMENTACIÓN

6.1.- EXPERIMENTACIÓN

En esta experimentación se determinará la influencia que tiene en la viscosidad las siguientes series de pruebas: la mano de obra, los diferentes proveedores, las diferentes formulaciones y la variación en las variables de proceso (tiempo de agitación y velocidad de agitación), para encontrar las condiciones adecuadas donde la viscosidad entre en el rango establecido.

En los siguientes experimentos, la variable de respuesta elegida es la viscosidad, debido a que fue la que originó el presente trabajo. Para determinar la viscosidad en las series experimentales, se utilizó un viscosímetro Brookfield.

6.2.- SERIE EXPERIMENTAL 1. VARIACIÓN DE MANO DE OBRA (OPERADORES)

En esta serie experimental se probarán cuatro operadores distintos (A, B, C, D) y cuatro lotes de fabricación para cada operador.

Operadores	Viscosidad (cps)			
	Viscosidad 1	Viscosidad 2	Viscosidad 3	Viscosidad 4
A				
B				
C				
D				

Tabla 6.1 serie experimental 1

6.3.- SERIE EXPERIMENTAL 2. MATERIAS PRIMAS (PROVEEDORES)

En esta serie experimental se probarán dos proveedores distintos para el espesante y el emulsificante, manteniendo constante el resto de las materias primas de la formulación, se repetirán cuatro pruebas para cada proveedor, manteniendo constantes la condiciones de proceso.

Proveedor	Viscosidad (cps)			
	Viscosidad 1	Viscosidad 2	Viscosidad 3	Viscosidad 4
A				
B				

Tabla 6.2 Serie experimental 2

6.4.- SERIE EXPERIMENTEL 3. CAMBIOS EN FORMULACIÓN Y CON DIFERENTES PROVEEDORES.

En esta serie experimental se tratará de demostrar si existe una relación entre la viscosidad, la formulación y el proveedor por medio de un experimento de dos factores con una distribución de probabilidad F, como estadístico de prueba, se probarán cambios en la formulación (F1, F2, F3, y F4), con respecto al porcentaje del espesante y emulsificante, manteniendo constante el resto de las materias primas, para un proveedor A y B, repitiendo cada prueba cuatro veces.

Formulación	Viscosidad cps	
	Proveedor A	Proveedor B
F1		
F2		
F3		
F4		

Tabla 6.3 Serie experimental 3

6.5 SERIE EXPERIMENTAL 4. INTERACCIÓN ENTRE FORMULACIÓN, TIEMPO DE AGITACIÓN Y VELOCIDAD DE AGITACIÓN.

En esta serie experimental se tratará de demostrar cuál es el factor o combinación de factores que influyen en la viscosidad, por medio de un ANOVA con una distribución de probabilidad F, como estadístico de prueba, se probarán cuatro formulaciones distintas (F1, F2, F3 y F4) a dos tiempos de agitación (t1 y t2) y a tres velocidades de agitación distintas (V1, V2, V3).

Velocidad de agitación (rpm)	t1 = 50 minutos				t2 = 70 minutos			
	Formulación							
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
V1								
V2								
V3								

Tabla 6.4 serie experimental 4

CAPÍTULO 7

RESULTADOS

7.1 RESULTADOS DE LA SERIE EXPERIMENTAL 1. VARIACIÓN DE MANO DE OBRA (OPERADORES).

Operadores	Viscosidad (cps)				
	Viscosidad 1	Viscosidad 2	Viscosidad 3	Viscosidad 4	Viscosidad (promedio)
A	2850	2800	2750	2750	2762.5
B	2700	2700	2800	2800	2712.5
C	2750	2800	2850	2850	2750
D	2650	2750	2700	2700	2725

Tabla 7.1 Resultados de la serie experimental 1

En la tabla 7.1 podemos observar que la viscosidad de la crema al final del proceso sigue siendo baja con un promedio de 2737 cps, la cual no entro en el rango establecido (4500 a 5500 cps), esto nos indica que la viscosidad no se ve afectada por la mano de obra (diferentes operadores), por lo tanto se descarta esta alternativa.

7.2 RESULTADOS DE LA SERIE EXPERIMENTAL 2. MATERIAS PRIMAS (PROVEEDORES).

Proveedores	Viscosidad (cps)				
	Viscosidad 1	Viscosidad 2	Viscosidad 3	Viscosidad 4	Viscosidad (promedio)
A	2800	2750	2800	2900	2812.5
B	2850	2750	2750	2800	2787.5

Tabla 7.2 Resultados de la serie experimental 2

En la tabla 7.2 podemos observar que la viscosidad de la crema sigue baja al final del proceso, en promedio 2800 cps, quedando fuera del rango establecido (4500 a 5500 cps), esto nos indica que la viscosidad no se ve influenciada por las materias primas evaluadas, por lo que se descarta esta otra alternativa.

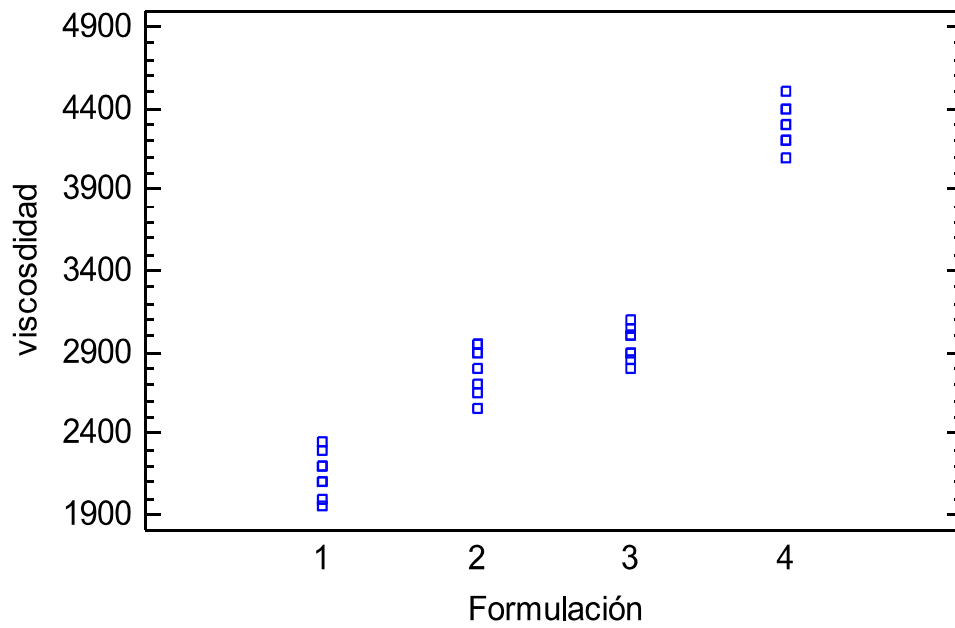
7.3 RESULTADOS DE LA SERIE EXPERIMENTEL 3. CAMBIOS EN FORMULACIÓN Y CON DIFERENTES PROVEEDORES.

Formulación	Viscosidad cps	
	Proveedor A	Proveedor B
F1	2000	2200
	2300	2100
	2100	1950
	2200	2350
F2	2650	2900
	2800	2550
	2900	2950
	2950	2700
F3	2850	3000
	3100	2800
	2900	3050
	3000	2900
F4	4400	4200
	4300	4100
	4400	4300
	4500	4200

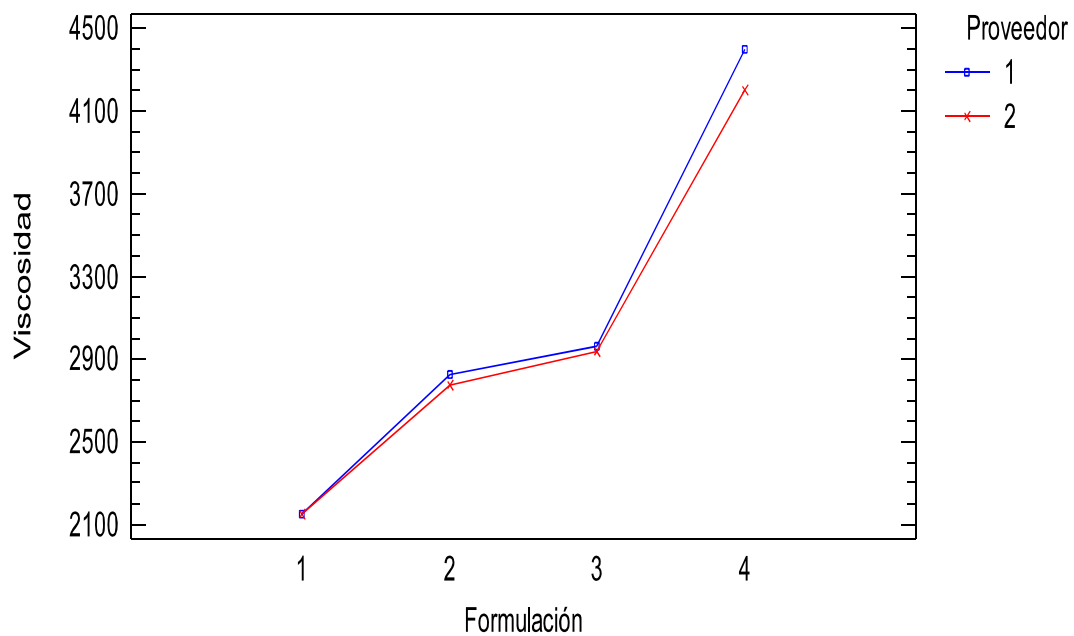
Tabla 7.3 Resultados de la serie experimental 3

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Formulación	1.956E7	3	6.52E6	387.57	0.0000
B:Proveedor	37812.5	1	37812.5	2.25	0.1469
INTERACCIONES					
AB	48437.5	3	16145.8	0.96	0.4277
RESIDUOS	403750.	24	16822.9		
TOTAL (CORREGIDO)	2.005E7	31			

Tabla 7.4 Análisis de varianza de los resultados de la tabla 7.3



Gráfica 7.1 Resultados de la viscosidad VS formulación



Gráfica 7.2 Dependencia de proveedor VS formulación

En la tabla 7.4 podemos observar los diferentes valores P, el cual para la formulación es menor a 0.05 % con un intervalo de confianza mayor a 95 %, esto nos indica que el modelo propuesto sí explica el comportamiento de la viscosidad en función de la variable formulación. Por otro lado se ve que el valor de P para el proveedor es de 0.14%, con un intervalo de confianza de 84 %, esto nos indica que el modelo propuesto no se ve afectado por la variable proveedor.

La gráfica 7.1 nos muestra evidentemente que la viscosidad tiene una dependencia clara de la formulación, cuando a esta se le adiciona un 0.05% de espesante de más a cada una de las pruebas.

La gráfica 7.2 nos muestra que la viscosidad no tiene dependencia alguna del proveedor usado en el proceso, mientras que se observa que al adicionar un 0.05% más de espesante en cada una de las pruebas la viscosidad presenta una forma ascendente.

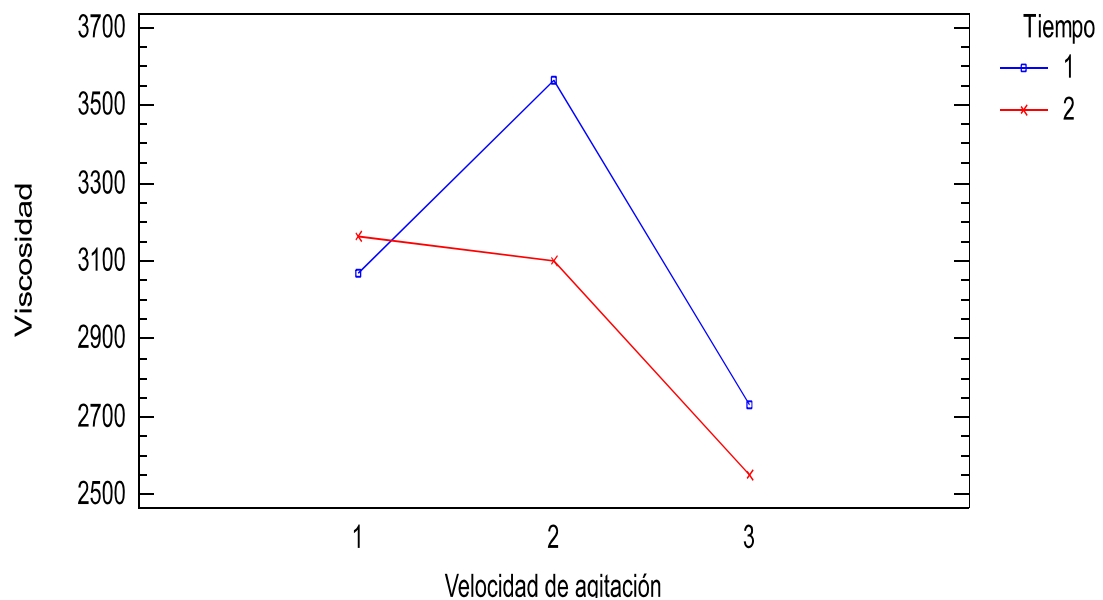
7.4 RESULTADOS DE LA SERIE EXPERIMENTAL 4. INTERACCIÓN ENTRE FORMULACIÓN, TIEMPO DE AGITACIÓN Y VELOCIDAD DE AGITACIÓN.

Velocidad de agitación (rpm)	Tiempo de agitación (minutos)							
	t1 = 50 minutos				t2 = 70 minutos			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
30	2400	3100	2900	4000	2500	3000	3300	3800
	2200	3050	3000	3900	2400	3100	3200	4000
40	3600	2800	3400	4800	1900	2650	3300	4500
	2700	2800	3700	4700	2000	2450	3600	4400
50	2000	2500	2600	3950	1600	2300	2900	3500
	1900	2400	2700	3800	1700	2500	2700	3200

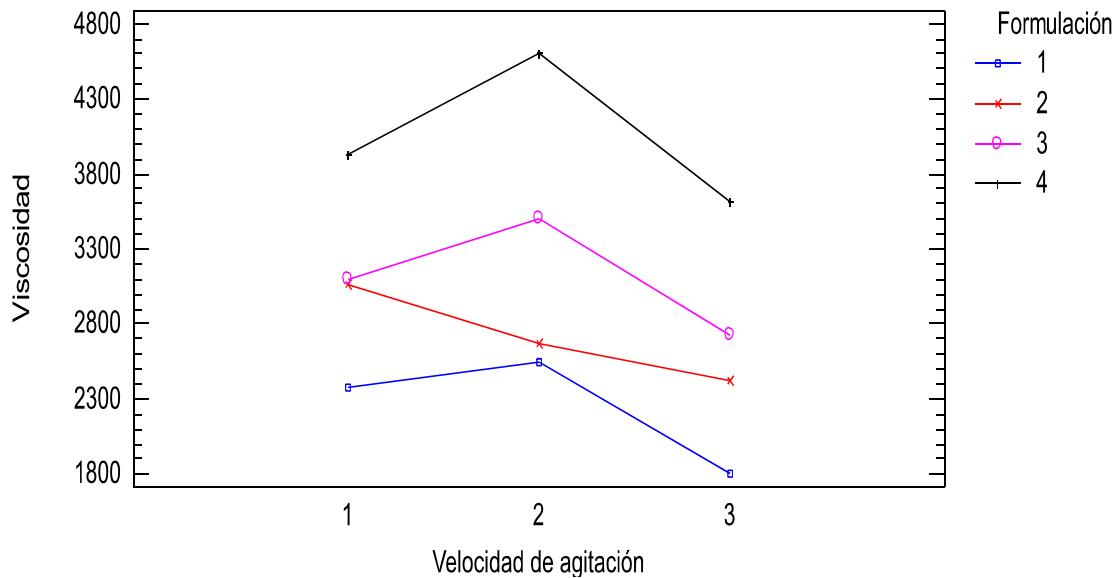
Tabla 7.5 Resultados de la serie experimental 4

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Velocidad de agitación	3.9951E6	2	1.99755E6	47.42	0.0000
B:Tiempo de agitación	403333.	1	403333.	9.58	0.0042
C:Formulación	2.10612E7	3	7.02042E6	166.67	0.0000
INTERACCIONES					
AB	618854.	2	309427.	7.35	0.0025
AC	1.30156E6	6	216927.	5.15	0.0010
BC	535417.	3	178472.	4.24	0.0131
RESIDUOS	1.26365E6	30	42121.5		
TOTAL (CORREGIDO)	2.91792E7	47			

Tabla 7.6 Análisis de varianza de la los resultados de la tabla 7.5



Gráfica 7.3 Dependencia de velocidad de agitación VS tiempo de agitación



Gráfica 7.4 Dependencia de velocidad de agitación VS formulación

En la tabla 7.6 podemos observar los diferentes valores P, los cuales son menores a 0.05 % con un intervalo de confianza mayor a 95 %, estos valores nos indican que el modelo propuesto sí explica el comportamiento de la viscosidad en función de la variables propuestas para la formulación, velocidad y tiempo de agitación.

La gráfica 7.3 nos muestra evidentemente la existencia de una dependencia entre la viscosidad y la velocidad de agitación, la cual tiene un máximo en la velocidad de agitación 2 y es menor en la velocidad de agitación 1 y 3, esto se debe a que el espesante usado es un material tixotrópico, siendo su característica principal el aumento de viscosidad por cizallamiento hasta llegar a un máximo y después disminuye conforme pasa el tiempo de cizallamiento.

La gráfica 7.4 nos muestra que la viscosidad es poco dependiente de la velocidad de agitación, pero es muy dependiente de la formulación cuando se incrementa de 0.05 de espesante en cada una de las pruebas.

7.5 RESULTADOS DE LA SERIE EXPERIMENTAL 5. EXPERIMENTACIÓN FINAL.

Para esta prueba sólo se realizaron cuatro repeticiones por la urgencia del producto y de concluir con el proceso. Con base en la serie experimental No. 4, se determinó, usar la formulación número 4, con un incremento total del 0.25 % de espesante y 0.2 % de emulsificante, a 40 RPM y con un tiempo de agitación de 50 minutos. Los resultados se muestran en la tabla 7.7.

Velocidad de agitación	Tiempo de agitación 50 minutos			
	Viscosidad (cps)			
	Viscosidad 1	Viscosidad 2	Viscosidad 3	Viscosidad 4
40 rpm	4900	5100	5400	4800

Tabla 7.7 Resultados de la serie experimental 5

En la tabla 7.7 podemos observar que los resultados cumplieron con el rango de viscosidad esperado para cumplir la especificación establecida por la empresa.

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES

8.1.- CONCLUSIONES

La viscosidad de la crema para manos no quedo dentro del rango establecido por la empresa, cuando se vario la mano de obra (diferentes operadores), tampoco se vio afectada cuando se fabrico con materias primas de diferentes proveedores, en ambos casos los resultados siguieron estando bajos, por lo que se descartaron ambas alternativas.

El resultado de la viscosidad de la crema para manos se vio afectada al variar la cantidad del espesante en la formulación de la crema, los incrementos del espesante fueron de 0.05% más en cada una de las pruebas, en base a esto en la prueba numero 4 de la serie experimental 3, el incremento total de espesante fue del 0.20% y se encontró un valor dentro del rango de viscosidad requerido por la empresa, además de que los demás resultados estuvieron cerca del rango, con una variación del 2 al 8 % por debajo del mínimo de viscosidad requerido.

El resultado de la viscosidad de la crema se vio afectada por la variación del tiempo y velocidad de agitación, se mantuvieron constantes las formulaciones F1, F2 y F3, por otra parte en la formulación 4 se aumento un 0.1 % de emulsificante manteniendo las demás materias constantes y se encontraron 3 valores dentro del rango requerido por la empresa a una velocidad de 40 rpm y el otro valor se acerco a un 2% por debajo del límite de viscosidad.

La viscosidad de la crema para manos si se puede modificar, variando las cantidades del espesante y emulsificante, así como las variables de proceso de velocidad y tiempo de agitación.

En base a los resultados obtenidos de la serie experimental 5, podemos comprobar que con estos cambios hechos a la formulación y al proceso fueron los indicados para cumplir con las especificaciones de la viscosidad de la crema, esto nos permitió entregar oportunamente el producto al cliente, ganarnos su confianza y fabricar todo el producto que requería

9.1 BIBIOGRAFIA.

- 1.- P. Becher, Encyclopedia of Emulsion Technology, Marcel Dekker N.Y. Vol. 1995
- 2.- Stability Testing of Drug Substances and Drug products, Guidance for Industry, FDA (CDER) 1988
- 3.- P. Simons, Veyrat y cols, Surfactants and Skin, Cosmetics & Toiletries, 1998
- 4.- R. Schueller y P. Romanowski, Understanding Emulsions, Cosmetics & Toiletries, 1998
- 5.- B. Salka, Como escoger emolientes, Cosméticos Nuevos, 1997
- 6.- International Federation of Societies of Cosmetic Chemists, The fundamentals of Stability Testing, USA 1992
- 7.- Helman, Farmacotecnia Teorica y practica 3° edición, continental 1992
- 8.- V. W. Uhl, J.A. Von Essen, Mixing Theory and practice, Academic Press 1999
- 9.- G.D. Quintanar y Cols, Sistemas nanoparticulares aplicados a los productos Cosméticos, Ciencia y Cosmética, 1998
- 10.- J. Rubin, La nueva tendencia de los cosméticos de interés medico, cosmeatria, cosméticos dermatológicos, Ciencia cosmética, 2000
- 11.- F. Morizot y cols, Sensitive Skin Cosmetics % Toiletries 1998
- 12.- Paterson, N.J. Lipo chemical, Formulaciones productos para la piel, 2001
- 13.- Perry Romanowski, Randy Schueller, Beginnings Cosmetic Chemistry, Third Edition, USA
- 14.- David Julian Mc Clements, Food Emulsions Principles, Practice, and Techniques, CRS Press 1999
- 15.- Lourdes Mourelle, Inmaculada Sabater, Cosmetología para la estética y belleza, Mc Graw Hill, 2012
- 16.- Paterson N.J. Formulations skincare products, Lipochemicals INC, 2005
- 17.- Paterson N.J. Emolientes y sus propiedades organolépticas, lipoquimia, 2006
- 18.- Paterson N.J. Emulsiones una ciencia, Lipoquimia, 2000
- 19.- Silverson, Mezcladores de inmersión de alto cizallamiento, 2010
- 20.- Humberto Gutiérrez P. Calidad total y productividad, 2010