

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**“Diseño de una planta de producción de un dermocosmético para
regeneración celular a base de ácido Hialurónico,
ácido Glicólico y aceites esenciales”**

Erika Mercedes Arboleda Barrera

Ingeniería Química

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniera Química

Quito, 5 de mayo de 2020

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**“Diseño de una planta de producción de un dermocosmético para
regeneración celular a base ácido Hialurónico,
ácido Glicólico y aceites esenciales”**

Erika Mercedes Arboleda Barrera

Nombre del profesor, Título académico:

Juan Diego Fonseca, PhD

Quito, 5 de mayo de 2020

DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Nombres y apellidos: Erika Mercedes Arboleda Barrera

Código: 00125227

Cédula de identidad: 1722656731

Lugar y fecha: Quito, mayo de 2020

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

DEDICATORIA

A mi padre Carlos por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por ser quién me inspiró el amor por la Ingeniería Química mediante sus conocimientos y por ser mi ejemplo a seguir. A mi madre Rocío, por siempre estar a mi lado, por sus consejos, su amor y siempre brindarme el apoyo para cumplir todos mis logros. De manera especial a mi hermana Karli, por acompañarme y alentarme en cada meta que deseo alcanzar, por su tiempo, su paciencia y su gran corazón. A mis perritos: Chopi, Blue y Blake por darme amor y felicidad cada día de mi vida. A mis amigos y amigas, que han hecho de experiencia universitaria la más hermosa de las etapas de mi vida. Y a todos aquellos soñadores, que decidan amar la Ingeniería Química, tanto como lo hago yo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi fortaleza, por brindarme una vida llena de experiencias, amor y felicidad. A mis padres, a mi hermana y a mis perritos por apoyarme en cada meta.

A la USFQ por que, gracias a su filosofía en artes liberales, ha contribuido significativamente a mi crecimiento tanto profesional como personal.

A Juan Diego Fonseca, PhD, quien me orientó en cada paso para culminar este proyecto. Por haberme impartido sus conocimientos, su tiempo, su paciencia, por su capacidad de guiar mis ideas. Por ser una magnífica persona, por contribuir un aporte invaluable en el desarrollo de esta investigación, así como también para mi formación y crecimiento como ingeniera. A Daniela Almeida, mi tutora de la carrera; por haber sido un pilar fundamental para mi crecimiento académico y personal.

De manera especial a mis queridos profesores: a César Zambrano por sus consejos a lo largo de la carrera; a José Álvarez por su calidad de persona y sus conocimientos; a David Egas, por su carisma y paciencia al impartir sus clases; a Sebastián Ponce por enriquecer mi aprendizaje académico; a Dennis Cazar por impartirme el cariño a la programación y ser digno de admiración; a Julio Ibarra, por su entrega al dar sus clases y por ser una gran persona; a Lorena Bejarano por ser una gran mujer y una excelente profesora; a Andrea Guerra por ser una maravillosa persona, por su apoyo y por su amistad; a René Játiva, por su confianza al realizar proyectos y ser un gran guía; a Mareike Munsonius, por su admirable forma de enseñar y ayudarme a mejorar mi alemán; a Svetlana Arbakova por ser una excelente mentora desde mi primer semestre en la USFQ.

RESUMEN

La piel está constantemente expuesta a diferentes factores que aceleran el envejecimiento celular, como rayos UV, deshidratación, degradación del colágeno, y pérdida de la elasticidad, entre otros. El ácido hialurónico (HA), es el componente principal de la matriz extracelular, considerado un elemento clave en la regeneración celular debido a que retiene la humedad y genera la producción de colágeno. En el presente proyecto, se efectuó el estudio de prefactibilidad para la construcción de una planta para la producción de un dermocosmético con efecto de regeneración celular a partir de ácido hialurónico, ácido glicólico y aceites esenciales. El diseño de la planta consta del diseño del dermocosmético y su proceso de producción, el dimensionamiento y selección de los equipos, el análisis de mercado para definir el caudal de producción, y un análisis de costos e ingresos para determinar la viabilidad del proyecto.

Palabras clave: Piel, dermocosmético, regeneración celular, ácido hialurónico, protección de la piel, aceites esenciales.

ABSTRACT

The skin is constantly exposed to different factors that accelerate cellular aging, such as UV rays, dehydration, collagen degradation, and loss of elasticity, among others. Hyaluronic acid (HA) is the main component of the extracellular matrix, considered a key element in cell regeneration because it retains moisture and generates collagen production. In the present project, the prefeasibility study was carried out for the construction of a plant to produce a dermocosmetic with a cellular regeneration effect from hyaluronic acid, glycolic acid, and essential oils. The design of the plant consists of the design of the dermocosmetic and its production process, the sizing and selection of the equipment, the market analysis to define the production flow, and an analysis of costs and income to determine the viability of the project.

Key words: Skin, dermocosmetic, cell regeneration, hyaluronic acid, skin care, essential oils.

TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción	14
1.1	Antecedentes	14
1.2	Justificación	15
1.3	Objetivos.....	15
1.4	Resultados esperados	16
2	Bases del diseño	16
2.1	Descripción del producto	16
2.1.1	Ácido Hialurónico.	17
2.1.2	Ácido Glicólico.	17
2.1.3	Vitamina E.....	18
2.1.4	Aceite Esencial de Neroli.	18
2.1.5	Aceite Esencial de Ylang Ylang.....	19
2.1.6	Aceite Esencial de Palo de Rosa.....	20
2.1.7	Aceite Esencial de Lavanda.....	21
2.1.8	Aceite Esencial de Eucalipto.	22
2.2	Descripción del dermocosmético.....	23
2.3	Limitaciones y normas.....	24
3	Diseño del dermocosmético	25
3.1	Composición del dermocosmético.....	25
4	Diseño de la planta	26
4.1	Dimensionamiento	26

	10
4.1.1 Balance de masa	28
4.1.2 Balance de energía.....	31
4.1.3 Selección de los equipos.....	35
5 Análisis Económico.....	35
5.1 Inversión del capital fijo y capital de trabajo.....	35
5.2 Costos de Producción.....	38
5.3 Ingresos, márgenes y ganancias.....	40
5.4 Factores de Lang y Método Factorial Detallado.....	41
5.5 Financiamiento de capital y recuperación de la inversión.....	44
6 Conclusiones	45
7 Recomendaciones.....	46
8 Referencias Bibliográficas	47
9 Anexos.....	52
9.1 ANEXO A: Balance de masa.....	52
9.2 ANEXO B: Balance de energía	56
9.3 ANEXO C: Dimensionamiento de los equipos	60
9.4 ANEXO D: Análisis de Costos.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición Química del Aceite de Neroli (Principios activos)	19
Tabla 2. Composición Química del Aceite de Ylang Ylang (Principios activos)	20
Tabla 3. Composición Química del Aceite de Palo de Rosa (Principios activos).....	21
Tabla 4. Composición Química del Aceite de Lavanda (Principios activos)	22
Tabla 5. Composición Química del Aceite de Eucalipto (Principios activos)	23
Tabla 6. Materia Prima de la crema base	25
Tabla 7. Materia prima (aceites esenciales).....	26
Tabla 8. Dimensionamiento del Mezclador.....	28
Tabla 9. Dimensionamiento de la caldera	29
Tabla 10. Dimensionamiento del mezclador 2	29
Tabla 11. Dimensionamiento del Mezclador 3.....	29
Tabla 12. Dimensionamiento del Divisor.....	30
Tabla 13. Densidades de las materias primas que ingresan a la caldera fusora	30
Tabla 14. Resultados del dimensionamiento de los equipos de la planta.....	30
Tabla 15. Capacidades caloríficas	31
Tabla 16. Balance de energía del mezclador 1	31
Tabla 17. Balance de energía de la caldera	32
Tabla 18. Balance de energía del mezclador 2	32
Tabla 19. Resultados balance de energía de cada equipo.....	32
Tabla 20. Características de cada equipo.....	35
Tabla 21. Costo de materias primas.....	36
Tabla 22. Costo de envases.....	37
Tabla 23. Cálculo del Capital de Trabajo necesario.....	38
Tabla 24. Resultado de los costos variables de producción	39

Tabla 25. Resultados de costos.....	39
Tabla 26. Resultados de los ingresos, márgenes y ganancias.....	40
Tabla 27. Resultados aplicando los factores de Lang.....	42
Tabla 28. Costo de los equipos seleccionados.....	42
Tabla 29. Resultados de los costos de cada equipo	43
Tabla 30. Resultado para la inversión total requerida	43
Tabla 31. Valores obtenidos de ROA y ROE.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Diagrama de bloque del proceso de producción.....	27
Ilustración 2. Diagrama de bloque (Corrientes de masa y energía).....	33
Ilustración 3. Diagrama de flujo del proceso.....	34
Ilustración 4. Envase de vidrio para los dos tipos de crema.....	37

1 Introducción

1.1 Antecedentes

La piel es el órgano más grande del cuerpo humano y desempeña funciones altamente especializadas; protege contra las toxinas y microorganismos del medio ambiente y evita que el cuerpo se deshidrate. También participa en otras funciones como la vigilancia inmune, la detección sensorial, y la autocuración. En general, la piel es un indicador del bienestar general y el estado de salud de cada individuo [1].

En los últimos años ha aumentado el desarrollo de métodos de revitalización de la piel, es decir, de su restauración después de daños de cualquier naturaleza, incluido el envejecimiento. La exposición solar a los rayos ultravioleta es la principal causa de daño en la piel por el inicio de especies reactivas de oxígeno (ROS) [2], las mismas que pueden interferir con las proteínas. Los ácidos grasos y los sacáridos provocan daño oxidativo y conducen a la aspereza de la piel [3]. El envejecimiento se asocia con cambios morfológicos y se caracteriza por pérdida de elasticidad, aumento de arrugas, pigmentación irregular, sequedad y aspereza [4].

Recientemente, las formulaciones tópicas han ganado considerable atención e interés como vehículos para el suministro de fármacos a la piel humana. Un enfoque en la protección de la piel contra la reducción del envejecimiento de la piel es el uso tópico de fenólicos y antioxidantes vegetales [5].

Las propiedades mecánicas de la piel, tal como su elasticidad, dependen de la estructura y la densidad del colágeno y las fibras elásticas. La piel que funciona normalmente no pierde la capacidad de contraerse y no se afloja, mientras que estos factores contribuyen al desarrollo de arrugas [6]. Retener un gradiente de agua adecuado en la piel es esencial para el mantenimiento de las propiedades mecánicas del colágeno, así como de las fibras elásticas. El colágeno y la elastina conservan su estructura

tridimensional solo en forma hidratada; la deficiencia de agua conduce a la alteración de las cualidades físicas de las proteínas [7]. Es importante considerar que existe otros factores asociados al envejecimiento celular que están relacionados a las necesidades de la piel dependiendo del sexo. Es por esta razón que se ha creado un dermocosmético base a partir del cual se desarrollarán dos formulaciones de crema para satisfacer las necesidades del sexo femenino y masculino.

1.2 Justificación

En la actualidad, el consumo de productos dermocosméticos ha aumentado significativamente debido a la necesidad de prevenir el envejecimiento celular o revitalizar la piel maltratada; esto se debe a que tanto mujeres como hombres desean lucir una piel fresca, joven, saludable y natural sin necesidad de utilizar maquillaje. A nivel facial, existen varios factores que contribuyen a la degeneración celular como: exposición a los rayos solares, deshidratación, reducción de la producción de colágeno y elastina, despigmentación, entre otros. Debido a la alta demanda de consumidores, la importancia de mantener una piel saludable y libre de imperfecciones. Se ha seleccionado una formulación adecuada a base de ácidos y aceites esenciales en base a un estudio sobre las diferencias entre la capa córnea de la piel del hombre y la mujer. Esta formulación está diseñada para cubrir las necesidades de la piel de cada sexo, y debido a su composición, se adapta al tipo de piel de cada persona, ya sea grasa, seca, mixta o sensible.

1.3 Objetivos

Objetivo General:

Realizar un estudio de prefactibilidad para la construcción de una planta de producción del producto dermocosmético (crema) con efecto regenerativo y reafirmante en la piel.

Para alcanzar el objetivo general, se determinaron los siguientes objetivos específicos:

- 1) Diseñar el dermocosmético.
- 2) Diseñar la planta de producción.
- 3) Realizar el análisis de costos de la implementación de la planta.

1.4 Resultados esperados

Se diseñará y esquematizará una planta de producción de un dermocosmético (crema) para la piel con efecto regenerativo y reafirmante, con el fin de proporcionar un producto competitivo en el mercado de cosméticos nacional e internacional. Se destaca que la planta tendrá un análisis previo para su puesta en marcha realizado en torno al marco económico, ambiental y social, y así minimizar los riesgos asociados y generar ganancias a través de la puesta en marcha de la planta de producción descrita.

2 Bases del diseño

2.1 Descripción del producto

La cosmética y la dermatología comparten el mismo objetivo, a saber, una piel sana y fisiológicamente intacta. Sin embargo, el camino que se puede tomar para llegar a este objetivo se rige por diferentes leyes para los dos campos: los ungüentos farmacéuticos solo pueden usarse para tratamiento médico, mientras que los cosméticos se usan como prevención de apoyo de problemas de la piel, o en otras palabras, cuidado de la piel [8]. La cosmética y la dermatología se combinan para conformar la dermocosmética.

Según una definición del "Gesellschaft für Dermopharmazie" (Instituto de Dermofarmacia), los productos dermocosméticos o dermacéuticos son medios cosméticos en los que el objetivo cosmético previsto se logra teniendo en cuenta ciertos

aspectos dermatológicos y farmacéuticos [9]. Los dermocosméticos son cada vez más demandados ya que cada vez más personas descubren que tienen una piel delicada y reaccionan de manera sensible a los cosméticos convencionales. Los dermocosméticos deben satisfacer demandas muy altas en términos de calidad, efectividad y tolerabilidad, dado que también se usan para prevenir y tratar los cambios patológicos de la piel [10].

El campo de la dermocosmética ha dado lugar a una ventaja muy importante; muchos de sus ingredientes ya se han utilizado durante años en dermatología y, por lo tanto, se han probado en una amplia "base de usuarios", generado una mayor credibilidad y seguridad sobre los productos dermocosméticos [11].

2.1.1 Ácido Hialurónico.

El ácido hialurónico (HA) es un componente principal de la matriz extracelular en los tejidos conectivos, epiteliales y neurales, y se sabe que juega un papel importante en la hidratación de los tejidos y el transporte de agua, principalmente debido a su enorme capacidad de retención de agua [12]. La alta capacidad de retención de agua del HA se puede atribuir a la alta densidad de cargas negativas fijas en las cadenas de HA de los grupos carboxilo, lo que provoca presión osmótica y atrae las moléculas de agua hacia los tejidos que contienen HA [13]. Fisiológicamente, el ácido hialurónico desempeña un papel en varios procesos como la angiogénesis en la matriz extracelular, la homeostasis, la cicatrización de heridas y la mediación de la inflamación a largo plazo. El ácido hialurónico de bajo peso molecular puede penetrar fácilmente a través de la piel y restablecer el contenido de ácido hialurónico [14].

2.1.2 Ácido Glicólico.

El ácido glicólico (GA) es un alfa-hidroxiácido soluble en alcohol derivado de azúcares de frutas y leche. El GA tiene una capa queratolítica germinativa y una acción estimulante de fibroblastos [15]. Este ácido es una sustancia natural que al utilizarse en

productos para el cuidado de la piel ofrece muchos beneficios, desde rejuvenecerla hasta hidratarla. Los productos que contienen ácido glicólico se usan para tratar cicatrices, despigmentaciones, y signos de envejecimiento como líneas finas y arrugas [16].

El ácido glicólico ha sido reconocido como una terapia adyuvante importante en una variedad de condiciones que incluyen foto daño, acné, rosácea, pseudofoliculitis de las estrías albae, trastornos de hiperpigmentación, queratosis actínicas, regeneración celular de arrugas finas, lentiginas, melasma y queratosis seborreica. Además, puede reducir el desarrollo de tumores de piel inducidos por los rayos UV y se ha propuesto como una modalidad terapéutica contra afecciones exfoliativas de la piel como la ictiosis, xeroderma y psoriasis [17].

2.1.3 Vitamina E.

La vitamina E es un nutriente esencial liposoluble con propiedades antiinflamatorias. La vitamina E ayuda a apoyar el sistema inmunológico, la función celular y la salud de la piel. Es un antioxidante, lo que lo hace efectivo para combatir los efectos de los radicales libres producidos por el metabolismo de los alimentos y las toxinas en el medio ambiente; además, es beneficiosa para reducir el daño de la piel provocado por los rayos UV [18].

La vitamina E es un nutriente que el cuerpo necesita para apoyar su sistema inmunológico y ayudar a sus células a regenerarse. La vitamina E es rica en antioxidantes y afecta la circulación sanguínea debido a esto, al aplicarse sobre la piel se observa firmeza y estructura uniforme en la superficie. La luz ultravioleta y la exposición al sol, así como la edad avanzada, reducen los niveles de vitamina E en la piel. Sin embargo, la vitamina E está disponible en muchos alimentos, en forma de suplemento, y como ingrediente en productos tópicos [19].

2.1.4 Aceite Esencial de Neroli.

El aceite de neroli es un aceite esencial extraído de las flores de los naranjos amargos (*Citrus aurantium* var. *Amara*) que se cultiva en las partes occidentales de la

India, África oriental y la región de los Himalayas. También se conoce como aceite de azahar. Es muy usado en la industria del perfume y cosmética [20].

El aceite de neroli estimula las células de la piel para que se regeneren, dándole propiedades anti-cicatrices. Esto hace que el neroli sea un ingrediente efectivo para frotar en las estrías, las manchas de la edad y las cicatrices. Junto con sus cualidades regenerativas, el aceite de neroli también es antiséptico, antibacteriano, antiinflamatorio y analgésico, lo que lo hace útil para tratar las espinillas y el acné, y reducir el enrojecimiento asociado con los brotes. Al solidificar el neroli como un salvador para el cuidado de la piel, también se puede usar para tratar la piel grasa, reducir las líneas finas e hidratar todo tipo de piel [21].

Tabla 1. Composición Química del Aceite de Neroli (Principios activos)

Denominación INCI	Citrus Aurantium Amara Flower Oil
Densidad	0.863 – 0.876
Componente	%
b-PINENE	19,51
LIMONENE	15,61
Trans-b-OCIMENE	8,96
LINALOL	25,70
LINALYL ACETATE	5,99
Trans-NEROLIDOL	3,32

2.1.5 Aceite Esencial de Ylang Ylang.

La esencia se extrae de la flor del árbol *Cananga odorata*, originario de Madagascar, es muy utilizada en perfumería y cosmética por su aroma muy dulce y agradable. El ylang-ylang es comúnmente utilizado para equilibrar la piel grasa y tratar

el acné y manchas, así como estimular el crecimiento de nuevas células, liberando los músculos tensos y suavizar las arrugas [22].

Entre sus propiedades están: equilibrar y regular la producción de aceite en la piel, y prevenir la sequedad y la grasa excesivas. Alivia la inflamación y la irritación en la piel y el cuero cabelludo al tiempo que fortalece la piel. Aborda el acné y la pérdida de cabello al mejorar la circulación, alentar la regeneración, contribuir y mantener la hidratación, el acondicionamiento y la prevención de infecciones con propiedades antimicrobianas [23].

Tabla 2. Composición Química del Aceite de Ylang Ylang (Principios activos)

Denominación INCI	Cananga odorata flower oil
Densidad	0.910 - 0.915
Componente	%
Benzyl acetate	25.1
Methyl benzoate	8.7
Geranyl acetate	5.3
<i>p</i> -Cresyl methyl ether	16.5
Linalool	13.6
Caryophyllene	1.7
Other sesquiterpenes	7.4

2.1.6 Aceite Esencial de Palo de Rosa.

El Palo Rosa (*Aniba rosaeodora*), también conocido como Rosewood, es un árbol originario de Brasil. Su aceite es el que más propiedades como la regeneración y la restauración de las células de la piel tiene. Es un hidratante y regenerante ideal para pieles secas y sensibles, así como para las maduras [24]. Es un aceite con propiedades antipruriginosas, desodorantes, estimulantes, calmantes, regeneradoras y

descongestionantes nasales. Es muy bueno en tratamientos para el acné, eczemas, arrugas y estrías [25].

El aroma del aceite de Rosewood es utilizado para aliviar a aquellos que se sienten deprimidos o con exceso de trabajo. Se sabe que ayuda al sistema inmunitario, reduce la fatiga crónica, alivia los dolores de cabeza, calma los nervios, calma, reduce el acné, regenera las células, disminuye las arrugas, y disminuye la depresión [26].

Tabla 3. Composición Química del Aceite de Palo de Rosa (Principios activos)

Denominación INCI	Aniba Rosaeodora Amazonica Wood Oil
Densidad	0.870 – 0.880
Componente	%
1,8-CINEOLE	Tr – 3,0
cis-OXYDE DE LINALOL	0,5 – 2,0
Trans-OXYDE DE LINALOL	0,5 – 2,0
a-COPAENE	Tr – 3,0
LINALOL	70 – 90
a-TERPINEOL	2,0 – 7,0
GERANIOL	0,5 – 2,5
BENZOATE DE BENZYLE	0,2 – 1,6

2.1.7 Aceite Esencial de Lavanda.

El aceite de lavanda es un aceite esencial derivado de la planta de lavanda. Se puede tomar por vía oral, aplicar sobre la piel y respirar mediante aromaterapia [27]. El aceite de lavanda puede beneficiar la piel de muchas maneras. Tiene la capacidad de disminuir el acné, ayudar a aclarar la piel y reducir las arrugas [28]. El aceite de lavanda funciona para matar las bacterias, y esto puede prevenir y curar los brotes de acné. Abre los poros y reduce la inflamación cuando lo pones en tu piel [27].

Tabla 4. Composición Química del Aceite de Lavanda (Principios activos)

Denominación INCI	Lavandula Angustifolia Oil
Densidad	0.878 - 0.892
Componente	%
LIMONENO	0,5 - 1,5
1,8-CINEOL	0 – 3
Cis-b-OCIMENO	1 – 10
Trans-b-OCIMENO	0,5 – 6
3-OCTANONA	0 – 3
ALCANFOR	0 - 1,5
LINALOL	20 – 43
ACETATO DE LINALILO	25 – 47
TERPINENO-4-OL	0 – 8
ACETATO DE LAVANDULILO	0 – 8

2.1.8 Aceite Esencial de Eucalipto.

Los componentes químicos activos del aceite esencial de eucalipto contribuyen a su reputación como un aceite purificador, limpiador, clarificador y estimulante del sistema inmune que es ideal para usar en la piel y en aromaterapia [29]. Es conocido por su capacidad para reducir o eliminar la superficie dañina y las bacterias en el aire, y las infecciones por contacto. Facilita la respiración, proporciona una sensación de relajación, crea una sensación refrescante cuando se usa en masajes, alivia la tensión nerviosa y ayuda a despejar la mente, entre otros beneficios [30]. Estos beneficios curativos se pueden atribuir a las cualidades antiinflamatorias, antiespasmódicas, descongestionantes, desodorantes, antisépticas, antibacterianas y estimulantes del aceite. Por otra parte, las propiedades analgésicas y antiinflamatorias del aceite esencial de eucalipto ayudan a rejuvenecer los músculos rígidos y doloridos [31].

Tabla 5. Composición Química del Aceite de Eucalipto (Principios activos)

Denominación INCI	Eucalyptus Globulus Leaf oil
Densidad	0.904 - 0.920
Componente	%
a-PINENO	0 – 20
LIMONENO	2 – 15
1-8- CINEOL	70 – 85
p-CIMENO	1 – 6
AROMADENDRENO	0 – 2
Trans-PINOCARVEOL	0 – 10

2.2 Descripción del dermocosmético

El producto dermocosmético es una emulsión laminar blanquecina líquida, que replica la estructura de la capa córnea de la piel y ayuda a transportar los ingredientes biológicamente activos profundamente en la piel. También funciona como un escáner biológico, detectando puntos de daño epidérmico y reparándolos de inmediato. El producto está diseñado para nutrir e hidratar activamente la piel, ayudando a restaurar su resistencia y elasticidad, eliminando los rastros de fatiga. También reduce los signos de envejecimiento prematuro y rejuvenece visiblemente la piel.

La composición química equilibrada permite el funcionamiento óptimo de las células de la piel, activa el metabolismo celular y fortalece el potencial de adaptación de la piel. Su contenido de ácido hialurónico, al aplicarse sobre la superficie de la piel, forma una película viscoelástica; esta película inhibe la penetración de sustancias extrañas y mantiene la humedad en la piel [32].

El ácido hialurónico, en combinación con ácido glicólico y los demás coagentes, presenta una eficacia prometedora en la tensión y elasticidad de la piel, el

rejuvenecimiento facial, la mejora de los puntajes estéticos, la reducción de las cicatrices y de las arrugas, así como en la longevidad y regeneración celular. Su composición en ácido glicólico puede transferir moléculas de agua del aire al tejido de la piel, reponiendo cualquier pérdida de humedad [33]. El producto dermocosmético propuesto es una crema texturizada única, lujosa y suave, formulada con ácidos y aceites esenciales. Esta crema regenerativa está formulada para ayudar a nutrir los recursos naturales antienvjecimiento de la piel y para reconstruir visiblemente su luminosidad, vitalidad y firmeza [34].

2.3 Limitaciones y normas.

Las principales limitaciones del proyecto son la variabilidad en el tiempo llegada de los equipos seleccionados para planta y el tiempo de ensamblado de los mismos.

Entre las normas necesarias para vigencia de este producto están: el registro sanitario y la norma INEN 2867. De acuerdo con la norma INEN 2867, se despliegan las normas en vigencia para la comercialización del producto dermocosmético:

NTE INEN-ISO 22717, Cosméticos. Detección de pseudomonas eruginosa.

NTE INEN-ISO 22718, Cosméticos. Detección de staphylococcus aureus.

NTE INEN-ISO 21150, Cosméticos. Detección de Escherichia coli

NTE INEN-ISO 21149, Cosméticos. Detección y recuento de bacterias aerobias mesófilas.

NTE INEN-ISO 18416, Cosméticos. Detección de candida albicans.

NTE INEN-ISO 22716, Productos cosméticos. Buenas prácticas de fabricación (BPF) [33].

3 Diseño del dermocosmético

3.1 Composición del dermocosmético

Para determinar la formulación del dermocosméticos se consideraron los límites máximos permitidos por las normas sobre la concentración de cada uno de sus componentes. En la Tabla 6 se observan las concentraciones máximas permitidas para el contacto con la piel y la característica principal de cada materia prima. Considerando los valores determinados por la literatura sobre de las concentraciones máximas permitidas en la crema, para la determinación de la concentración utilizada en este dermocosmético se realizó un muestreo con el fin de evidenciar el comportamiento de la concentración seleccionada en la piel de los usuarios [35]. Por esta razón, los cálculos que se observan en la sección 4 son realizados en relación con las concentraciones seleccionadas y previamente probadas.

Tabla 6. Materia Prima de la crema base

Compuesto	Fórmula	Cantidad máxima	Función
Alcohol cetílico	$C_{16}H_{34}O$	10 [mg/m ³]	Agente co-emulsionante genera consistencia y estabilidad a la emulsión.
Cetil trimetil cloruro de amonio	$ClC_{19}H_{42}N$	_____	Tensoactivo surfactante catiónico, emulsionante
Ácido esteárico	$C_{18}H_{36}O_2$	_____	Emoliente
Ácido hialurónico	$C_{14}H_{21}O_{11}n$	_____	Reafirmante, regenerador e hidratante. Forma una película de humedad elástica.
Ácido Glicólico	C_2H_4O	0.6 wt%	Exfoliante, reafirmante, regenerante
Glicerina	$C_3H_8O_3$	10 [mg/m ³]	Agente higroscópico / lubricante
Vitamina E	_____	_____	Antioxidante, regenerador y fotoprotector
Bronidox	$C_4H_6BrNO_4$	0.1 wt%	Preservante
Fragancia	_____	_____	Fragancia

En la Tabla 7 se detallan las funciones y el porcentaje máximo permitido de cada aceite seleccionado para la composición de la crema. Se consideraron estos valores en el desarrollo de la formulación del producto, manteniendo las concentraciones utilizadas dentro de estos estándares. Es importante que se encuentren dentro del límite, debido a que de usar una concentración superior podrían causar: enrojecimiento, sarpullido, alergias, ardor, entre otros [36].

Tabla 7. Materia prima (aceites esenciales)

Aceite Esencial	Cantidad máxima	Función
Neroli (Flor de naranjo)	0.3 wt%	Hidratante, estimulador de la producción de colágeno y regenerador celular. Piel seca → Proporciona flexibilidad y resistencia. Piel grasa → Tiene propiedades astringentes, controla el exceso de grasa.
Ylang Ylang	0.3 wt%	Regenerador celular, antiséptico y reafirmante. Se adapta al tipo de piel.
Palo de Rosa	0.5 wt%	Reconstituyente y regenerador de células de la piel. Elimina arrugas, cicatrices y marcas.
Lavanda	0.4 wt%	Efecto antiinflamatorio y regenerador de células cutáneas
Eucalipto	0.2 wt%	Antisépticas, antibacterianas y antiinflamatorio.

4 Diseño de la planta

4.1 Dimensionamiento

En esta sección se detalla el dimensionamiento de los equipos en base a los balances másicos de cada equipo, el balance general, los balances energéticos de cada equipo, el volumen de producción, la calidad necesaria de material, y la potencia requerida. Se calculó la potencia requerida, en función de los volúmenes por lote de producción. Considerando los balances másicos de cada fase del proceso.

A continuación, en la Ilustración 1, se detalla el diagrama de bloque del proceso de producción del dermocosmético.

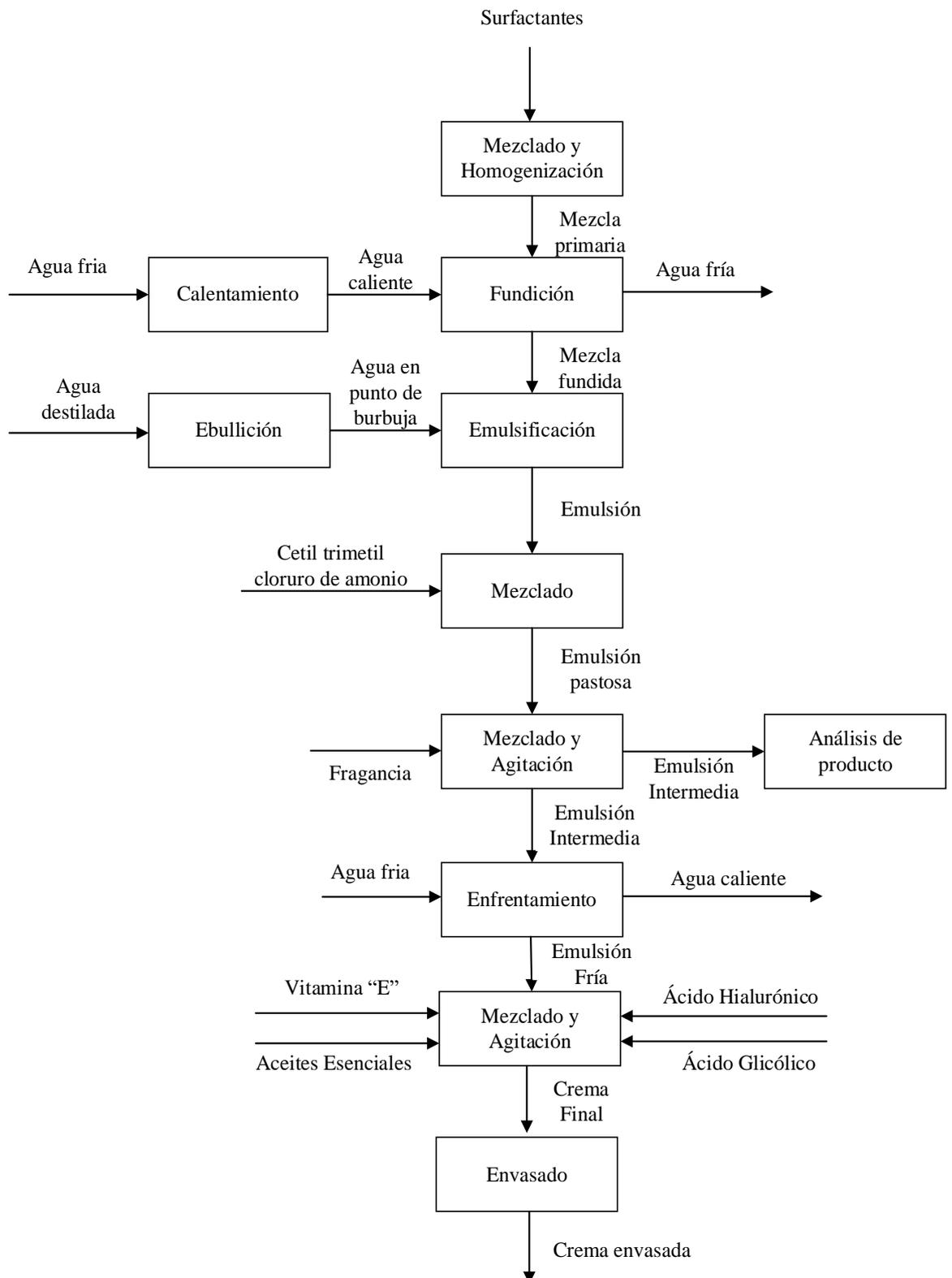


Ilustración 1. Diagrama de bloque del proceso de producción

4.1.1 Balance de masa

El balance de masa se realiza para tener una clara perspectiva de que elementos y en qué cantidad deben ser incluidos al proceso, el balance de masa también permite obtener el dimensionamiento de los equipos que conforman el proceso.

La fracción másica de los componentes en la crema regenerativa permite determinar la cantidad de cada componente que se debe adicionar de cada elemento al respectivo equipo dependiendo la cantidad de producto que se va a sintetizar y así obtener un dimensionamiento de los equipos.

En las tablas 8, 9, 10, 11 y 12 se detalla el balance de masa para cada equipo. La metodología utilizada para obtener estos resultados se evidencia en el anexo A.1.

Tabla 8. Dimensionamiento del Mezclador

Mezclador 1			
Mezclas	Componente	Cantidad [kg]	% [m/m]
Mezcla 1	VE, AG, CT, AE	16.5	30.3
Salida mezclador 1 (Mezcla1)	16.5		

A continuación, se detalla el dimensionamiento de la caldera, y de los mezcladores. Es preciso recalcar que los mezcladores 1, 2 y 3 se diferencian específicamente por el tipo de agitador que tienen incorporado. Para determinar su volumen de producción se realizó balances de masa y balances de energía.

Además, se consideró la densidad de las materias primas en cada parte del proceso, para la selección de los agitadores y la potencia necesaria.

Tabla 9. Dimensionamiento de la caldera

Caldera		
Componente	Cantidad [kg]	% [m/m]
Agua destilada	45	100
Entrada caldera	45	
Salida Caldera	45	

Tabla 10. Dimensionamiento del mezclador 2

Mezclador 2			
Mezclas	Componente	Cantidad [kg]	% [m/m]
Mezcla 1	AC, GL, AE	16.5	17.37
Agua	Agua destilada	45	47.37
Entrada mezclador 2	Mezcla 1 y agua	95	
Salida mezclador 2 (MEZCLA 2)	VE, AG, CT, AEs	95	

Tabla 11. Dimensionamiento del Mezclador 3

Mezclador 3		
Componente	Cantidad [kg]	% [m/m]
Mezcla 2	95	100
Entrada mezclador 3	95	
Salida mezclador 3(Crema)	95	

Tabla 12. Dimensionamiento del Divisor

Divisor		
Componente	Cantidad [kg]	% [m/m]
Crema	95	100
Entrada caldera fusora	95	
Salida Caldera fusora (Crema)	95	1900 envases de 50g

Nota: Para el dimensionamiento de los equipos en la caldera fusora se utilizó la densidad del alcohol cetílico debido a que es el compuesto en mayor cantidad en dicho equipo.

Tabla 13. Densidades de las materias primas que ingresan a la caldera fusora

Compuesto	Densidad
Agua	1000 $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$
Alcohol cetílico	1050 $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$
Crema	950 $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$

En la Tabla 14, se observa el resultado del dimensionamiento de los equipos seleccionados. En función de la masa, densidad y la capacidad necesaria en volumen de producción.

Tabla 14. Resultados del dimensionamiento de los equipos de la planta

Equipo	Masa [kg]	Densidad [kg/L]	Capacidad [L]
Mezclador 1	16.5	1.05	15.71
Caldera	45	1.00	45
Mezclador 2	95	0.95	100
Mezclador 3	95	0.95	100
Divisor	95	0.95	100

Los balances de masa se realizaron según la metodología del libro: “Principios elementales de los procesos químicos” cuyo autor es Felder en su 3ª. edición. Realizando un análisis global y análisis en cada equipo, delimitándolos como subsistemas. De esta manera se obtuvo datos generales y específicos de cada equipo.

4.1.2 Balance de energía

Se va a considerar el calor generado, sin tomar en cuenta sus pérdidas.

$$Q = m * C_p * (T_2 - T_1)$$

Se realiza el balance de energía para todas las operaciones unitarias usando las capacidades caloríficas que se obtuvieron de Rivera (2018). Cabe notar que las capacidades caloríficas de cada componente de la crema no están reportadas en literatura por lo cual se ocupan los componentes que se encuentran en mayor cantidad, y así trabajar con una aproximación. Se asume que los componentes ingresan al proceso a condiciones ambientales presión 1 [atm] y temperatura de 25 °C.

Tabla 15. Capacidades caloríficas

Compuesto	Fase	Cp [J/(kg.°C)]
Glicerina	L	2410
Agua	L	4186

En las Tabla 16, Tabla 17 y Tabla 18 se detalla los balances de energía de cada equipo. Balance de energía para: el mezclador 1, la caldera Fusora y el mezclador 2.

Tabla 16. Balance de energía del mezclador 1

Mezclador 1				Temperatura [°C]		P= 1[atm]
Proceso	Tiempo [min]	Velocidad [rpm]	Masa [kg]	Inicial	Final	Energía [MJ]
1	15	100	16.5	25	90	2.59
2	15	70	16.5	90	80	-0.39
TOTAL, Mezclador 1						2.19

Tabla 17. Balance de energía de la caldera

Caldera			Temperatura [°C]		P= 1[atm]
Proceso	Tiempo [min]	Masa [kg]	Inicial	Final	Energía [MJ]
1	15	45	25	80	10.36
TOTAL, Caldera Fusora					10.36

Tabla 18. Balance de energía del mezclador 2

Mezclador 2				Temperatura [°C]		P= 1[atm]
Proceso	Tiempo [min]	Velocidad [rpm]	Masa [kg]	Inicial	Final	Energía [MJ]
1	15	80	61,5	80	50	-6.84
2	25	40	95	50	30	-6.18
TOTAL, Mezclador 2						-13.02

Nota: La energía con signo positivo (+) significa que es la energía que el equipo debe transferir a los componentes y con signo negativo (-) la energía que el equipo debe disipar de los componentes.

En la Tabla 19 se detalla los resultados obtenidos para en el balance energético. Los mismo que enuncian el requerimiento energético para cada equipo.

Tabla 19. Resultados balance de energía de cada equipo

EQUIPO	PROCESO			ENERGÍA [MJ]
	$T_{inicial}$ [°C]	T_{final} [°C]	Energía [MJ]	
Caldera Fusora	25	90	2.57	2.18
	90	80	-0.39	
Caldera	25	80	10.36	10.36
Caldera de fabricación	80	50	-6.84	-13.01
	50	30	-6.18	
PROCESO TOTAL				-0.47945

La planta propuesta es diseñada para producir 3800 envases de 50g de crema regenerativa. El producto se clasifica en lotes de 1900 envases de 50g, operando 2 lotes

por semana de los cuales uno corresponde a la crema de mujer y el otro a la crema de hombre. Es importante destacar que, con objeto de no subutilizar el equipo, se ha considerado la selección de estos en función de la producción de diferentes cremas. Esta planta está diseñada para ser utilizada en la fabricación de diferentes tipos de cremas cosméticas; el único cambio que se debe realizar es en la composición de los elementos aditivos incluidos en la caldera de fabricación.

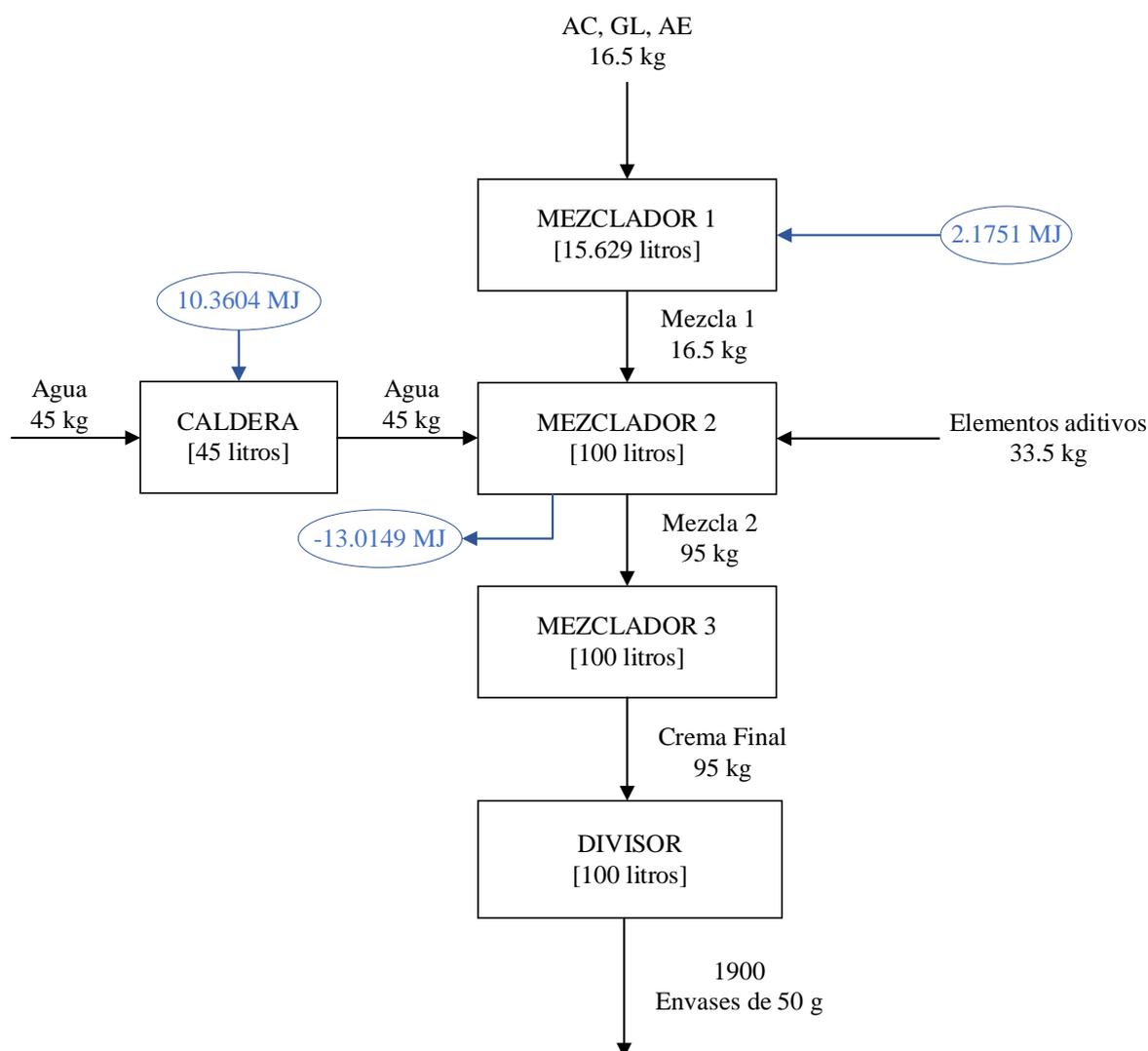


Ilustración 2. Diagrama de bloque (Corrientes de masa y energía)

Los balances de energía se realizaron según la metodología del libro: “Principios elementales de los procesos químicos” cuyo autor es Felder en su 3ª. edición. Se realizó el análisis sobre el sistema global y definiendo subsistemas para cada equipo; de esta

manera se obtuvieron datos generales y específicos del requerimiento energético de cada equipo. Para realizar los balances de energía fue necesario tener valores de las capacidades caloríficas, cantidad de componente, y las variaciones de temperatura a las cuales deben ser sometidos. La cantidad de energía para cada equipo permitió determinar si el equipo necesita suministrar o eliminar energía al o del sistema, respectivamente.

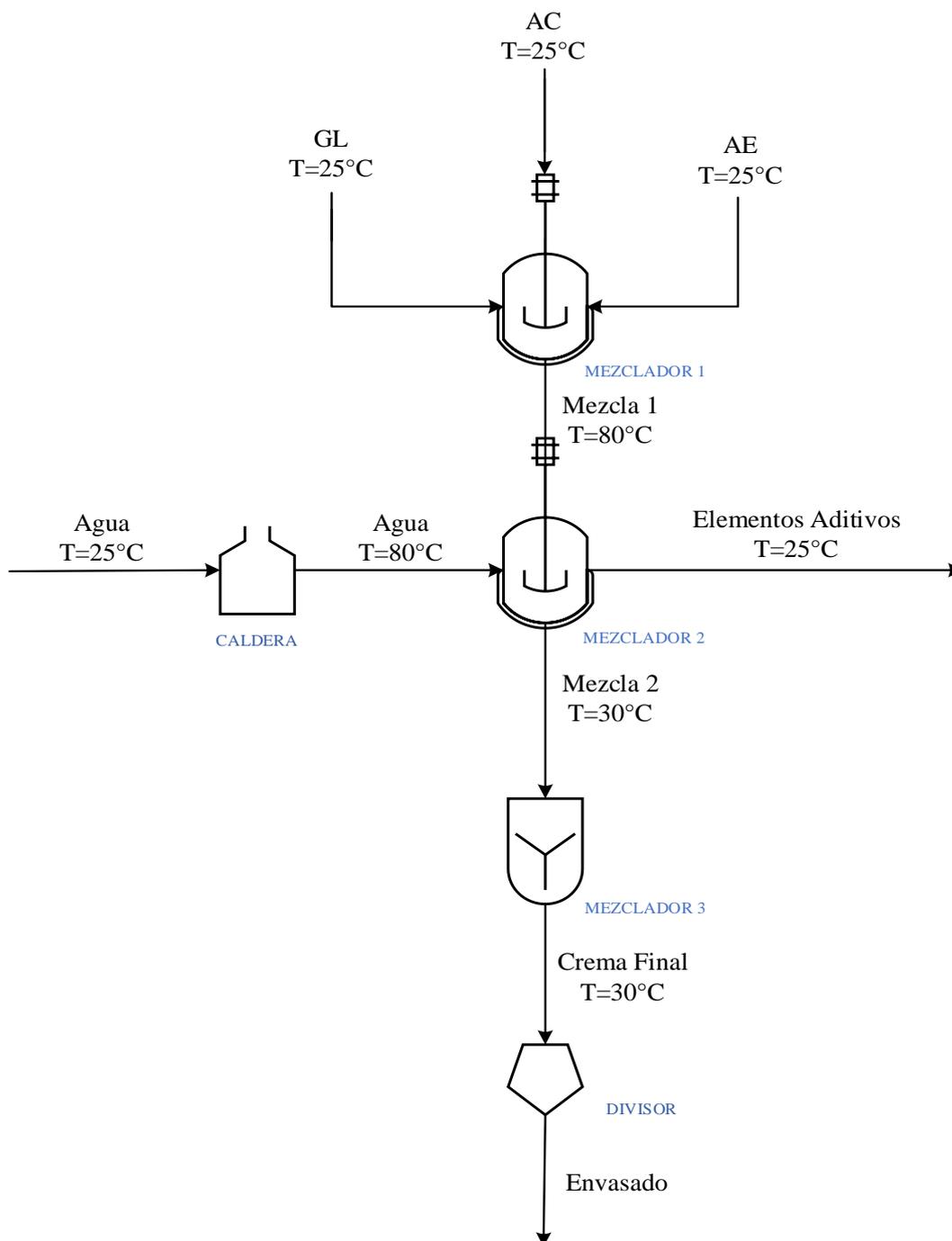


Ilustración 3. Diagrama de flujo del proceso

4.1.3 Selección de los equipos

En la Tabla 20 se encuentran resumidas las características de cada equipo, así como las condiciones de operación el material y el volumen de cada uno. Es preciso detallar que se seleccionaron los equipos más cercanos a los requerimientos de volumen y potencia previamente calculados para la producción de cada lote de crema.

Tabla 20. Características de cada equipo

	Mezclador 1	Caldera	Mezclador 2	Mezclador 3	Divisor
Material	Vidrio Borosilicato	Acero inoxidable	Vidrio Borosilicato	Vidrio Borosilicato	304 acero Inoxidable
Modelo	CSTR Agitado	FJI-50W	HGR-100	HGR-100	Bossda
Volumen [L]	50	50	100	100	100
Voltaje [V]	220V 50-60Hz	220	220V 50-60Hz	220V 50-60Hz	220/380
Lugar Origen	Shanghai, China	Zhejiang, China	Shanghai, China	Shanghai, China	Guangdong, China
Marca	Lab1st	Dingxin	Mejor	Mejor	Bossda
Temperatura [°C]	-120 a 300	max 92	-80 a 250	-80 a 250	max 900
Potencia [W]	120	15000	250	250	500
Presión [Mpa]	-0.1 a 0.1	max 0,8	-0.1 a 0.1	-0.1 a 0.1	5.1
Velocidad de rotación [rpm]	0-600	No aplica	0-600	0-600	No Aplica

5 Análisis Económico

5.1 Inversión del capital fijo y capital de trabajo

La inversión de capital fija es el costo total de diseñar, construir e instalar una planta y las modificaciones asociadas necesarias para preparar el sitio de la planta. Adicionalmente a este, se calcula el capital de trabajo, el mismo que representa el dinero adicional, por encima de lo que costó construir la planta, necesario para arrancar la planta

y ejecutarla hasta que comience a generar ingresos. También se estimó el valor del inventario de materias primas; se consideró el costo de entrega para 2 semanas de materias primas. Para esto, primero se determinó la cantidad de materias primas necesarias para cubrir el caudal de producción de 380 kg de crema. Esta información, además de la cantidad y precio de cada materia prima obtenida, se observa en la Tabla 21.

Tabla 21. Costo de materias primas

MATERIA PRIMA		Cantidad [L]	400	Densidad [g/L]		950
		wt%	Cantidad [kg]	Proveedor	Precio [\$/kg]	Costo [\$]
CREMA BASE	Vitamina E	8.42	32	Prodruquim	83.2	2662.4
	Ácido glicólico	0.53	2	Prodruquim	368	736.01
	Cetiltrimetil cloruro de amonio	6.32	24	Resiquim	4.6	110.4
	Alcohol Cetílico	8.42	32	Resiquim	2.87	91.84
	Ácido Esteárico	3.68	14	Globalquim	5.46	76.44
	Ácido Hialurónico	8.42	32	Prodruquim	533	17055.99
	Glicerina	5.26	20	Resiquim	3.8	76
	Fragancia	0.42	1.6	Florasíntesis	156.22	249.95
	Bronidox	0.11	0.4	Prodruquim	17.5	7
	Agua destilada	47.37	180	Prodruquim	2.5	450
ACEITES ESENCIALES	Neroli	3.68	14	Aromalab	124.19	1738.66
	Palo de rosa	3.68	14	Aromalab	238.08	3333.12
	Ylang Ylang	3.68	14	Aromalab	116.69	1633.66
	Lavanda	3.68	14	Aromalab	118.7	1661.8
	Eucalipto	3.68	14	Aromalab	231.93	3247.02
TOTAL (Lote de producción del dermocosmético)			380	Para Mujer		28221.47
				Para Hombre		28163.51

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 21, se necesitarían \$ 28 263.51 para comprar la materia prima necesaria para 2 semanas de producción. Se consideró dos semanas de producción de acuerdo a la estimación del libro de Sinnot, en la que especifica

que para el obtener el costo de inversión inicial se deben considerar los costos de materias primas requeridas para dos semanas de producción [37].

Por otra parte, para el crédito de cuentas por pagar se consideraron los costos de: materias primas, espesantes, emulsionantes, y empaques, entre otros. Por otra parte, también se estimó el valor de entrega de 1 mes para tenerlo como dinero requerido para iniciar la producción en la planta.

En la Tabla 22 se observa la cantidad de envases necesarios por mes de producción que se calculó. En la Ilustración 4 se observa el envase seleccionado para los dos tipos de cremas; es decir, para la crema para hombre y la crema para mujer. Se seleccionó un envase del área de lujo; un envase de vidrio con doble capa, de color para que la luz no afecte sus propiedades, laminado internamente y con contratapa para seguridad de manipulación del producto.



Ilustración 4. Envase de vidrio para los dos tipos de crema.

Tabla 22. Costo de envases

ENVASE DE VIDRIO	Cantidad	Proveedor	Precio [\$/unidad]	Precio [\$/mes]
Envase	15 200	Produquim	2.1	31,920

Por otra parte, el inventario de repuestos se estimó de acuerdo con libro de Sinnott entre el 1% y 2% del ISBL más el costo de inversión de OSBL. Para el cálculo del capital de trabajo necesario se utilizó el promedio es decir el 1.5% del ISBL [37]. Obteniendo un valor de inventario de repuestos de \$1'758 160.2. En la Tabla 23, se detalla los ítems considerados para el cálculo del capital de trabajo necesario.

Tabla 23. Cálculo del Capital de Trabajo necesario

Ítem	Cantidad [\$]
Valor del inventario de materias primas	28 163.51
Costo empaques	31 920
Inventario de repuestos	43 840.5
TOTAL	64 726.62

5.2 Costos de Producción

Para los costos variables de producción se consideraron el costo de la energía y el costo de la materia prima necesarios para un mes de producción.

1. Costo de la energía

El costo de la energía es el $0.3 \cdot \text{ISBL}$. De acuerdo al libro de Sinnott el costo de la energía es \$ 3 985.5 [37].

2. Costo de la materia prima

Se necesitarían \$1' 448 436.06 para comprar la materia prima necesaria para un mes de producción. En la Tabla 24, se reportan los costos variables de producción a partir de los costos energéticos y los costos de la materia prima.

Tabla 24. Resultado de los costos variables de producción

$C_{energía}$	\$ 3 985.5
$C_{materia\ prima}$	\$ 675 924.22
Costos variables de producción	\$ 683 895.22

Costos Fijos de producción

Para la estimación de los costos fijos de producción se consideraron la mano de obra, supervisión, gastos salariales directos, mantenimiento (incluido materiales y mano de obra), impuestos a la propiedad y seguros, alquiler de terrenos, gastos generales de la planta, cargos ambientales, ejecución de las tarifas de licencia y pagos de regalías, cargos de capital y los costos de marketing [37].

A continuación, en la Tabla 25 se detalla la tabla de resultados correspondiente a los costos calculados. La metodología y cálculos para los costos obtenidos en la Tabla 25 se observa en el Anexo D.4.

Tabla 25. Resultados de costos

ÍTEM	Costo [\$]
Mano de obra	1600
Supervisión	400
Gastos salaria	1200
Mantenimiento	1753.62
Impuestos propiedad	657.61
Alquiler de terreno	4643.11
Gastos generales	2080
Cargos ambientales	4423.91
Licencia	138.96
Marketing	50000
Total	516897.2

5.3 Ingresos, márgenes y ganancias

Se realizó un análisis de mercado en base al cual se ha resuelto la comercialización y venta del producto en Ecuador, Colombia y Perú. Esto se debe a la demanda de consumidores de los tres países seleccionados. En base a esta consideración, se plantea la venta de 1 330 envases de 50 mL por semana, a un costo de \$ 40 por unidad; con eso se obtiene un total de \$ 53 200 semanal y de \$2'766 400 anual. Para obtener los ingresos, márgenes y ganancias, se estimaron el margen bruto, el costo de producción en efectivo (CCOP), el beneficio bruto, el beneficio neto y el costo total de producción (TCOP). Los cálculos de los mismos se encuentran detallados en el Anexo D.5 y los resultados son presentados en la Tabla 26. Para estimar el beneficio neto, se tomó en cuenta el impuesto del 12% de los ingresos por la venta del producto que rige en Ecuador.

Para el cálculo del costo total de producción (TCOP), se agregó un cargo de capital anual (ACC) al costo de producción efectivo. Para un costo de capital típico de aproximadamente el 15% y una vida útil de la planta de 10 años, el valor de ACCR es 0.199, o aproximadamente una quinta parte de la inversión de capital.

Tabla 26. Resultados de los ingresos, márgenes y ganancias

Siglas	Ítem	[\$]
	Ingresos	2766400
	Costo materia prima	1147211,23
	Impuestos de venta	331968
	Margen bruto	1619188,77
CCOP	Costo producción efectivo	1200792,42
FCOP	Costos Fijos	516897,2
VCOP	Costos variables	683895,22
	Beneficio Bruto	1565607,58
	Beneficio neto	1233639,58
ACC	Cargo de capital anual	10574,86
TCOP	Costo total de producción	1190217,56

Estimación de orden de magnitud

Para el desarrollo de la empresa propuesta se realizó una estimación de orden de magnitud cuya precisión está entre el aumento del 30% y 50% debido a que se basa en datos históricos de costos de procesos similares. Para determinar el orden de magnitud del costo de la planta se realizó una proyección partir del costo conocido de una planta anterior que utilizó la misma tecnología. Como información de diseño se tuvo la tasa de producción.

El costo de capital de la planta (ISBL) tiene un valor aproximado de \$ 316 578.01. Los cálculos para obtener este costo se pueden observar en el anexo D.4 numeración 11, al ser una estimación de orden magnitud se debe aumentar de un 30% al 50% por lo que se aumenta un valor medio 40% para obtener un valor más cercano a la realidad. Obteniendo un valor de ISBL de \$782 481.84.

5.4 Factores de Lang y Método Factorial Detallado

El Costo de Inversión de Capital Fijo (FCI) se compone de los siguientes costos: la Inversión en el Interior del Límites de la Bateria situados (ISBL), el mismo que constituye el costo de inversión de la propia planta; la Inversión Fuera del Límite de Bateria (OSBL), que constituye el costo de inversión en infraestructura del sitio y facilidades; los costos de la Ingeniería y Construcción y los gastos de contingencia.

Los gastos que comprenden el ISBL, el OSBL, Diseño de ingeniería y contingencia son calculados con los factores por el libro de Ray Sinnott.

En la Tabla 27. se observa los valores obtenidos a partir de los cálculos considerando los factores de Lang y el método factorial.

Tabla 27. Resultados aplicando los factores de Lang

Descripción	Factor	Mezclador 1	Caldera	Mezclador 2	Mezclador 3	Divisor	
Montaje	0.3	840	25.5	960	960	1200	3985,5
Tuberías	0.8	2240	68	2560	2560	3200	10628
Energía	0.3	840	25.5	960	960	1200	3985,5
Instrumentos de control	0.2	560	17	640	640	800	2657
Proceso edificios	0.3	840	25.5	960	960	1200	3985,5
Edificios auxiliares	0.2	560	17	640	640	800	2657
Almacenamiento	0.1	280	8.5	320	320	400	1328,5
ISBL	3.3	9240	280.5	10560	10560	13200	43840,5
Offsites (OS)	0.3	840	25.5	960	960	1200	3985,5
Diseño de ingeniería	0.3	840	25.5	960	960	1200	3985,5
Contingencia	0.1	280	8.5	320	320	400	1328,5

En la Tabla 28, se detalla el costo por equipo registrado de la selección en Alibaba de acuerdo con el volumen requerido para la planta de producción del dermocosmético. Es importante aclarar que este costo ya considera el costo de los agitadores incluidos en cada mezclador.

Tabla 28. Costo de los equipos seleccionados

Equipo	Costo [\$]	Proveedor	Capacidad [L]
Mezclador 1	2800	Alibaba	50
Caldera	85	Alibaba	50
Mezclador 2	3200	Alibaba	100
Mezclador 3	3200	Alibaba	100
Separador	4000	Alibaba	100

Fuente: Alibaba

Considerando los costos obtenidos en la Tabla 27 y Tabla 28 se realizan los cálculos descritos en el Anexo D.5 y se obtiene la Tabla 29 de resultados. En esta Tabla se consideran para cada equipo los costos de: ISBL, OSBL, costos de ingeniería y costos de contingencia.

Tabla 29. Resultados de los costos de cada equipo

EQUIPO	C_e [\$]	ISBL [\$]	OSBL [\$]	Ingeniería [\$]	Contingencia [\$]
Caldera Fusora	2800	9240	840	840	280
Caldera	85	280.5	25.5	25.5	8.5
Caldera de fabricación	3200	1560	960	960	320
Mezclador	3200	10560	960	960	320
Separador	4000	13200	1200	1200	400
TOTAL	13285	43840.5	3985.5	3985.5	1328.5

En la Tabla 30, se detalla los costos totales para la inversión total requerida; para efecto de este cálculo se consideró los costos totales de: ISBL, OSBL, costos de ingeniería y construcción y los cargos de contingencia.

Tabla 30. Resultado para la inversión total requerida

Ítem	Cantidad [\$]
Costo de la planta (ISBL)	43 840
Modificaciones y mejoras (OSBL)	3 985.5
Costos de ingeniería y construcción	3 985.5
Cargos de contingencia	1 328.5
INVERSION TOTAL REQUERIDA	53 140

5.5 Financiamiento de capital y recuperación de la inversión

El capital social consiste en el capital aportado por los accionistas, junto con las ganancias retenidas para la reinversión en el negocio. Las medidas simples de la efectividad de la gestión son el rendimiento del capital y las ganancias por acción [37]. El retorno sobre el capital (ROE) o rentabilidad financiera es un indicador del rendimiento del capital de inversión por parte de los inversionistas. Se obtuvo un valor de 28.139%

El Rendimiento general de los Activos (ROA), se define como la rentabilidad económica del total de activos de la empresa. De manera general, para un valoración y rentabilidad positiva; el valor obtenido del ROA debe ser superior al 5%. En este caso se obtuvo un valor de ROA de 23.215%. Lo que indica una buena rentabilidad económica.

Los cálculos de ROE y ROA indican que el proyecto es rentable, se puede observar el detalle de estos en el Anexo D.5. Un proyecto es rentable solo si, de los valores ROE y ROA; se obtiene que el ROE es superior al ROA.

Tabla 31. Valores obtenidos de ROA y ROE

SIGLAS	ÍTEM	%
ROA	Rendimiento general de los activos	23.215
ROE	Retorno sobre el capital	28.139

Para el cálculo del tiempo de recuperación de la inversión se consideró: el valor de la inversión total. Es así como, el tiempo de recuperación de inversión total requerida y la ganancia neta anual. A continuación, se detalla el cálculo:

$$\text{Tiempo recuperación de inversión} = \frac{\text{Inversión total requerida}}{\text{ganancia neta anual}}$$

$$\text{Tiempo recuperación de inversión} = \frac{2'912\ 109.1 \$}{1'233\ 639.58 \frac{\$}{\text{año}}}$$

$$\text{Tiempo recuperación de inversión} = 2.36 \text{ años} = 2 \text{ años y } 5 \text{ meses}$$

6 Conclusiones

Se planteó como objetivo principal el diseño de una planta para la producción de un dermocosmético, con el fin de regenerar las células a nivel cutáneo. Para esto mediante investigación, se realizó selección de las materias primas funcionales con efecto de producción de nuevas células. Se diseñó el dermocosmético y el proceso de producción, a partir de la selección de materias primas. Obteniendo una composición idónea para la regeneración celular, la cual consta principalmente de: ácido hialurónico, ácido glicólico, crema base y aceites esenciales.

Se diseñó la planta de producción y el dimensionamiento de los equipos, partiendo de la determinación del proceso de producción. Teniendo como consideraciones para la elección del método: las condiciones de operación, el volumen de producción, el cálculo de la potencia de los equipos y la composición de las materias primas utilizadas para la selección del material de los equipos. Para los mezcladores se seleccionó como material el borosilicato, debido al volumen necesario y a su funcionalidad. Ya que los agitadores que vienen incorporados en los mezcladores elegidos; reducen significativamente la pérdida de producto en las paredes de los equipos, gracias a la consistencia del producto.

Se realizó el análisis de costos y la rentabilidad del producto considerando los costos fijos de producción, el tiempo de recuperación y la rentabilidad de la planta. Del análisis económico se concluye que el proyecto es viable y rentable, considerando la demanda de consumo del producto, el beneficio neto y la inversión requerida. Obteniendo un proceso factible que puede ser implementado en Ecuador.

Se realizó un análisis de mercado, en el que se determinó para comercialización y venta del producto a los países: Ecuador, Colombia y Perú. Debido a que son potenciales consumidores. Además, la importación del producto se llevará a cabo gracias a que estos países son miembros asociados al MERCOSUR .

La planta está diseñada de tal manera que tiene la capacidad de producir varias cremas con diferente funcionalidad entre las que están cremas: corporales, humectantes, antiestrías, anticelulíticas, hidratantes, serums, primers, entre otros. Únicamente se debe modificar las condiciones de operación y el volumen de producción de cada producto.

Para el dermocosmético los equipos son escala piloto ya que se requiere disminuir el margen error en las cantidades de cada compuesto, permitiendo así una mezcla y temperatura homogénea durante todo el proceso de fabricación. El almacenamiento para los compuestos y la crema finalizada se lo debe realizar a condiciones normales, en un lugar fresco y seco, evitando el contacto con el sol. El material de los equipos del proceso de fabricación debe ser químicamente neutro para no reaccionar con los componentes, además de resistir las condiciones trabajo.

El retorno sobre el capital (ROE) y Rendimiento general de los activos (ROA) indican que el proyecto es rentable y con alta proyección. Las ganancias dependen directamente de alianzas estratégicas con proveedores, colaboradores y convenios entre países. El crecimiento poblacional consumista de cosméticos muestra una tendencia ascendente, lo cual respalda una posible expansión del producto propuesto.

7 Recomendaciones

Se debe mantener las condiciones de operación en cada parte del proceso, y la limpieza de los residuos de las materias primas. Debido a esto se recomienda realizar el proceso de mantenimiento de la planta y el proceso de limpieza entre lotes diferentes de producción, para no comprometer la calidad del producto.

Es preciso considerar seminarios, talleres y preparación adecuada de los operadores de la planta para evitar las alteraciones en la composición del producto y desperdicio de materias primas.

8 Referencias Bibliográficas

- [1] C. Couteau and L. Coiffard, “Overview of skin whitening agents: Drugs and cosmetic products,” *Cosmetics*, vol. 3, no. 3, 2016, doi: 10.3390/cosmetics3030027.
- [2] G. Vivanco-Carrillo, “Investigación y desarrollo gráfico de productos cosméticos,” *Univ. San Fr. Quito USFQ. Col. Comun. y Artes Contemp.*, p. 81, 2016.
- [3] A. Wei and T. Shibamoto, “Antioxidant activities and volatile constituents of various essential oils,” *J. Agric. Food Chem.*, 2007, doi: 10.1021/jf062959x.
- [4] L. C. Moreira *et al.*, “In vitro safety and efficacy evaluations of a complex botanical mixture of *Eugenia dysenterica* DC. (Myrtaceae): Prospects for developing a new dermocosmetic product,” *Toxicol. Vit.*, 2017, doi: 10.1016/j.tiv.2017.04.002.
- [5] B. Dreno *et al.*, “The science of dermocosmetics and its role in dermatology,” *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*. 2014, doi: 10.1111/jdv.12497.
- [6] M. T. Sanz *et al.*, “Biorevitalizing effect of a novel facial serum containing apple stem cell extract, pro-collagen lipopeptide, creatine, and urea on skin aging signs,” *J. Cosmet. Dermatol.*, 2016, doi: 10.1111/jocd.12173.
- [7] A. Barbulova, G. Colucci, and F. Apone, “New trends in cosmetics: By-products of plant origin and their potential use as cosmetic active ingredients,” *Cosmetics*, vol. 2, no. 2, pp. 82–92, 2015, doi: 10.3390/cosmetics2020082.
- [8] M. M. B. D. M. M. Gonçalves and M. E. S. R. T. De Pina, “Dermocosmetic care for rosacea,” *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2017, doi:

10.1590/s2175-97902017000400182.

- [9] R. Harhaun, O. Kunik, D. Saribekova, and G. Lazzara, "Biologically active properties of plant extracts in cosmetic emulsions," *Microchem. J.*, vol. 154, no. September 2019, p. 104543, 2020, doi: 10.1016/j.microc.2019.104543.
- [10] M. Dent *et al.*, "Principles underpinning the use of new methodologies in the risk assessment of cosmetic ingredients," *Comput. Toxicol.*, vol. 7, no. June, pp. 20–26, 2018, doi: 10.1016/j.comtox.2018.06.001.
- [11] N. Amberg and C. Fogarassy, "Green consumer behavior in the cosmetics market," *Resources*, vol. 8, no. 3, 2019, doi: 10.3390/resources8030137.
- [12] M. Litwiniuk, A. Krejner, and T. Grzela, "Hyaluronic Acid in Inflammation and Tissue Regeneration," *Wounds*. 2016.
- [13] E. D. Prè, G. Conti, and A. Sbarbati, "Hyaluronic Acid (HA) Scaffolds and Multipotent Stromal Cells (MSCs) in Regenerative Medicine," *Stem Cell Reviews and Reports*. 2016, doi: 10.1007/s12015-016-9684-2.
- [14] H. Pereira *et al.*, "Hyaluronic acid," in *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 2018.
- [15] J. Sharad, "Glycolic acid peel therapy - A current review," *Clin. Cosmet. Investig. Dermatol.*, vol. 6, pp. 281–288, 2013, doi: 10.2147/CCID.S34029.
- [16] H. Plainfossé, P. Burger, G. Verger-Dubois, S. Azoulay, and X. Fernandez, "Design methodology for the development of a new cosmetic active based on *Prunus domestica* L. leaves extract," *Cosmetics*, vol. 6, no. 1, 2019, doi: 10.3390/cosmetics6010014.
- [17] R. P. F. Lanao, A. M. Jonker, J. G. C. Wolke, J. A. Jansen, J. C. M. Van Hest, and

- S. C. G. Leeuwenburgh, "Physicochemical properties and applications of poly(lactic-co-glycolic acid) for use in bone regeneration," *Tissue Engineering - Part B: Reviews*. 2013, doi: 10.1089/ten.teb.2012.0443.
- [18] M. Keen and I. Hassan, "Vitamin E in dermatology," *Indian Dermatol. Online J.*, 2016, doi: 10.4103/2229-5178.185494.
- [19] S. Rizvi, S. T. Raza, F. Ahmed, A. Ahmad, S. Abbas, and F. Mahdi, "The role of Vitamin E in human health and some diseases," *Sultan Qaboos University Medical Journal*. 2014.
- [20] D. Trabelsi, A. M. Hamdane, M. Ben Said, and M. Abdrrabba, "Chemical Composition and Antifungal Activity of Essential Oils from Flowers, Leaves and Peels of Tunisian Citrus aurantium Against *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum*," *J. Essent. Oil-Bearing Plants*, 2016, doi: 10.1080/0972060X.2016.1141069.
- [21] A. Haj Ammar, J. Bouajila, A. Lebrihi, F. Mathieu, M. Romdhane, and F. Zagrouba, "Chemical composition and in vitro antimicrobial and antioxidant activities of Citrus aurantium L. flowers essential oil (Neroli Oil)," *Pakistan J. Biol. Sci.*, 2012, doi: 10.3923/pjbs.2012.1034.1040.
- [22] X. Han, C. Beaumont, and N. Stevens, "Chemical composition analysis and in vitro biological activities of ten essential oils in human skin cells," *Biochim. Open*, 2017, doi: 10.1016/j.biopen.2017.04.001.
- [23] L. T. H. Tan *et al.*, "Traditional uses, phytochemistry, and bioactivities of *Cananga odorata* (ylang-ylang)," *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*. 2015, doi: 10.1155/2015/896314.

- [24] M. Djordjevic *et al.*, “Alternative approach in control of tomato pathogen by using essential oils In vitro,” *Pakistan J. Bot.*, 2013.
- [25] M. R. Almeida, C. H. V. Fidelis, L. E. S. Barata, and R. J. Poppi, “Classification of Amazonian rosewood essential oil by Raman spectroscopy and PLS-DA with reliability estimation,” *Talanta*, 2013, doi: 10.1016/j.talanta.2013.09.025.
- [26] N. Amusant, J. Beauchène, A. Digeon, and G. Chaix, “Essential oil yield in rosewood (*Aniba rosaeodora* Ducke): Initial application of rapid prediction by near infrared spectroscopy based on wood spectra,” in *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 2016, doi: 10.1255/jnirs.1241.
- [27] R. Prusinowska and K. B. Śmigielski, “Composition, biological properties and therapeutic effects of lavender (*Lavandula angustifolia* L). A review,” *Herba Pol.*, 2014, doi: 10.2478/hepo-2014-0010.
- [28] M.-S. Kim, K.-W. Lee, and E.-J. Park, “Antimicrobial Activity of Lavander and Rosemary Essential Oil Nanoemulsions,” *Korean J. Food Cook. Sci.*, 2017, doi: 10.9724/kfcs.2017.33.3.256.
- [29] M. Avello L. *et al.*, “Pediculicide effect of a *Eucalyptus globulus* L formulation,” *Rev. Chil. Infectol.*, 2016, doi: 10.4067/S0716-10182016000400008.
- [30] Â. Luís, A. Duarte, J. Gominho, F. Domingues, and A. P. Duarte, “Chemical composition, antioxidant, antibacterial and anti-quorum sensing activities of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus radiata* essential oils,” *Ind. Crops Prod.*, 2016, doi: 10.1016/j.indcrop.2015.10.055.
- [31] R. G. Bachir and M. Benali, “Antibacterial activity of the essential oils from the leaves of *Eucalyptus globulus* against *Escherichia coli* and *Staphylococcus*

- aureus,” *Asian Pac. J. Trop. Biomed.*, 2012, doi: 10.1016/S2221-1691(12)60220-2.
- [32] S. N. A. Bukhari *et al.*, “Hyaluronic acid, a promising skin rejuvenating biomedicine: A review of recent updates and pre-clinical and clinical investigations on cosmetic and nutricosmetic effects,” *International Journal of Biological Macromolecules*. 2018, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.09.188.
- [33] R. Śpiewak, “Dermocosmetic,” *Dermatopedia*, 2012, doi: 10.14320/dermatopedia.pl.2012.005.
- [34] Inoxpa, “Fabricación de Cremas,” 2012, [Online]. Available: http://www.inoxpa.com/uploads/document/Fitxes_tècniques/Processos/Cremes/FA.Cremas.1_ES.pdf.
- [35] A. Panova *et al.*, “Chemoenzymatic synthesis of glycolic acid,” *Adv. Synth. Catal.*, 2007, doi: 10.1002/adsc.200700061.
- [36] H. Plainfossé, P. Burger, S. Azoulay, A. Landreau, G. Verger-Dubois, and X. Fernandez, “Development of a natural anti-age ingredient based on *Quercus pubescens* Willd. Leaves extract-A case study,” *Cosmetics*, vol. 5, no. 1, 2018, doi: 10.3390/cosmetics5010015.
- [37] G. Towler and R. A. Y. Sinnott, *Front Matter*. 2013.
- [38] R. Felder and R. Rousseau, “Elementary Principles of Chemical Processes,” *Chemical Engineering Design*. 2014, doi: 10.1016/b978-0-08-102599-4.00002-3.

9 Anexos

9.1 ANEXO A: Balance de masa

Según Felder (2004). La base de del balance de masa es la ley de la conservación de la masa, la cual establece que la masa no se crea ni se destruye. Las relaciones basadas en la ley de conservación de la masa como “entrada total de masa = salida total de masa”. El diseño de un nuevo proceso o el análisis de uno ya existente no están completos hasta que se establece que las entradas y salidas de todo el proceso, y de cada unidad por separado, satisfacen las ecuaciones de balance [38].

Paso 1:

El balance de una cantidad que se conserva (masa total, masa de una especie determinada, energía, momentum) en un sistema (una sola unidad de proceso, un conjunto de unidades o un proceso completo) se puede escribir de manera general como:

$$\textit{Entrada} + \textit{Generación} - \textit{Salida} - \textit{Consumo} = \textit{Acumulación}$$

Paso 2:

En el desarrollo de la crema no existen reacciones químicas por lo cual la generación y el consumo son igual a cero. Quedando:

$$\textit{Entrada} - \textit{Salida} = \textit{Acumulación}$$

Paso 3:

El proceso es intermitente (por lotes) por lo cual no existe acumulación en todas las operaciones. Quedando:

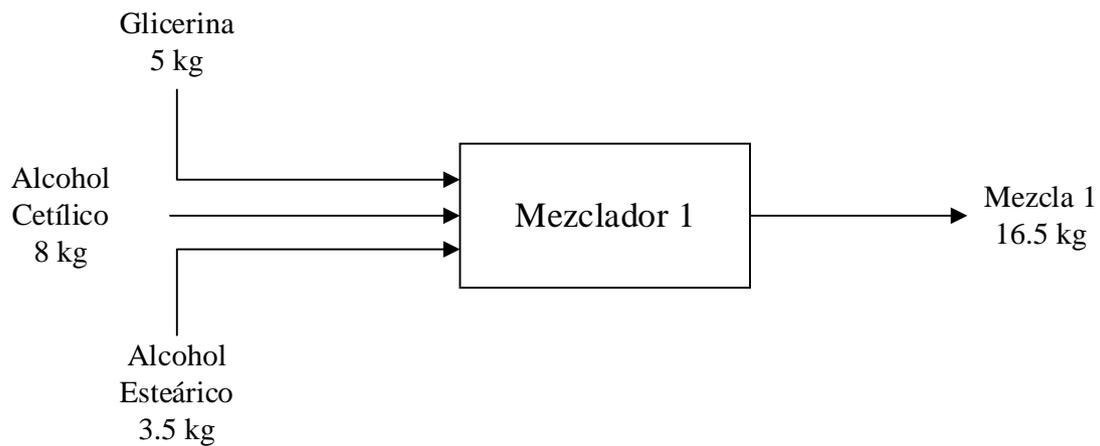
$$\textit{Entrada} = \textit{Salida}$$

Paso 4:

El desarrollo se realizará de cada uno de los componentes para cada operación unitaria

(Verifique el diagrama de flujo)

A.1 Mezclador



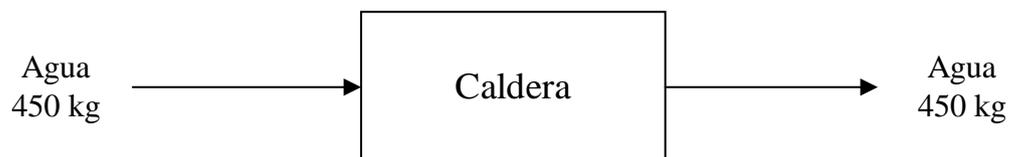
$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$m_{\text{Glicerina}} + m_{\text{Alcohol cetílico}} + m_{\text{Alcohol Estárico}} = \text{Salida}$$

$$5\text{kg} + 8\text{kg} + 3.5\text{kg} = \text{Salida}$$

$$\text{Salida} = 16.5\text{kg} = m_{\text{mezcla1}}$$

A.2 Caldera

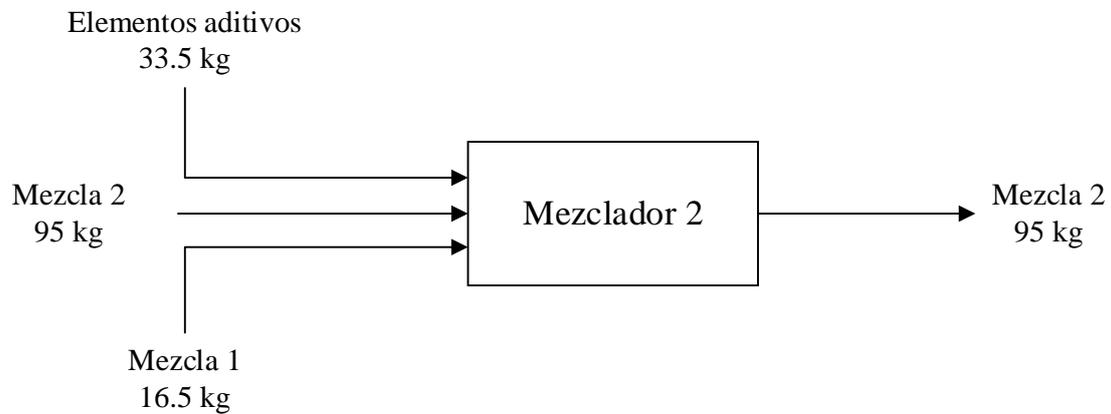


$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$m_{\text{Agua Destilada}} = \text{Salida}$$

$$\text{Salida} = 45\text{kg}$$

A.3 Homogeneizador



$m_{\text{elementos aditivos}}$

$$= m_{\text{Ácido hialurónico}} + m_{\text{Ácido glicólico}} + m_{\text{cetil trimetil cloruro de amonio}} \\ + m_{\text{vitamina E}} + m_{\text{Neroli}} + m_{\text{Ylang Ylang}} + m_{\text{Pachoulli}} + m_{\text{Bronidox}}$$

$$m_{\text{elementos aditivos}} = 60\text{kg} + 5\text{kg} + 75\text{kg} + 80\text{kg} + 35\text{kg} + 35\text{kg} + 35\text{kg} + 0.9\text{kg}$$

$$m_{\text{elementos aditivos}} = 325.9$$

$$m_{\text{Emulsionante}} = 10\text{kg}$$

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$m_{\text{mezcla1}} + m_{\text{Agua Destilada}} + m_{\text{elementos aditivos}} + m_{\text{Emulsionante}} = \text{Salida}$$

$$164.1\text{kg} + 450\text{kg} + 325.9\text{kg} + 10\text{kg} = \text{Salida}$$

$$\text{Salida} = 950 = m_{\text{mezcla2}}$$

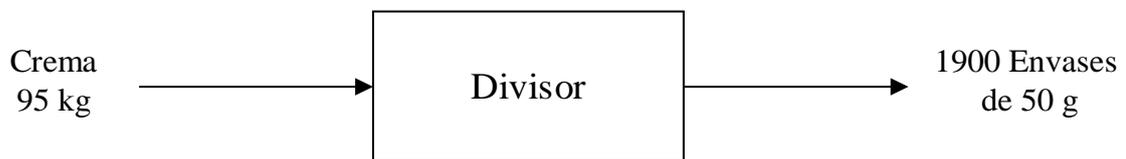
A.4 Mezclador 2 y Envasado

En este punto, ya no se adicionan más compuestos por lo que la masa se mantiene constante, solo cambian las condiciones de la mezcla en los equipos.

$$m_{mezcla2} = m_{crema\ final} = m_{crema\ envasada}$$



DIVISOR



9.2 ANEXO B: Balance de energía

Según Felder, (2004).

Paso 1:

El principio básico de todos los balances de energía es la ley de conservación de la energía, la cual dice que la energía no se crea ni se destruye. Esta ley también se conoce como primera ley de la termodinámica. En su forma más general, la primera ley señala que la velocidad a la cual las corrientes de entrada llevan energía (cinética + potencial + interna) a un sistema, más la velocidad a la cual dicha energía entra a este último como calor, menos la velocidad a la cual la energía sale del sistema a través de las corrientes de salida, menos la velocidad a la cual sale a manera de trabajo, es igual a la velocidad de acumulación de energía en dicho sistema. (Es decir, acumulación = entradas — salidas, como sería de esperarse.)

$$\text{Energía final} - \text{energía inicial} = \text{energía transferida}$$

$$\Delta U + \Delta E_k + \Delta E_p = Q - W$$

Paso 2:

Para la fabricación de la crema se hicieron las siguientes consideraciones

El sistema no tiene aceleración:

$$\Delta E_k = 0$$

El sistema no se eleva ni cae:

$$\Delta E_p = 0$$

En este caso solo se va a analizar el cambio de temperatura en los compuestos:

$$W = 0$$

Por ser un sistema cerrado tenemos

$$\Delta U = Q$$

Calor requerido

Se va a considerar el calor generado, sin tomar en cuenta sus pérdidas.

$$Q = m * Cp * (T_2 - T_1)$$

Se realiza el balance de energía para todas las operaciones unitarias

B.1 Mezclador 1

Proceso 1: de calentamiento desde 25°C hasta 90°C:

$$Q_{Mezclador_{1_1}} = m * Cp * (T_2 - T_1)$$

$$Q_{Mezclador_{1_1}} = 16.5 \text{ kg} * 2410 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} * (90 - 25)^\circ\text{C}$$

$$Q_{Mezclador_{1_1}} = 2.585 \text{ MJ}$$

Proceso 2: de enfriamiento desde 90°C hasta 80°C:

$$Q_{Mezclador_{1_2}} = m * Cp * (T_3 - T_2)$$

$$Q_{Mezclador_{1_2}} = 16.5 \text{ kg} * 2410 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} * (80 - 90)^\circ\text{C}$$

$$Q_{Mezclador_{1_2}} = -0.955 \text{ MJ}$$

La energía total en la caldera fusora es:

$$Q_{Mezclador_1} = Q_{Mezclador_{1_1}} + Q_{Mezclador_{1_2}}$$

$$Q_{Mezclador_1} = 2.5706 \text{ MJ} + (-0.955) \text{ MJ}$$

$$Q_{Mezclador_1} = 2.187 \text{ MJ}$$

B.2 Caldera

Proceso de calentamiento desde 25°C hasta 80°C:

$$Q_{caldera} = m * Cp * (T_2 - T_1)$$

$$Q_{caldera} = 450 \text{ kg} * 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} * (80 - 25)^\circ\text{C}$$

$$Q_{caldera} = 103603500 \text{ J} = 10.36035 \text{ MJ}$$

B.3 Mezclador 2

Mantenerlo a 80°C no es un proceso energético debido a que las 2 corrientes (Agua y Mezcla 1) tienen la misma temperatura de 80°C.

Proceso 1: de enfriamiento desde 80°C hasta 50°C.

$$Q_{Mezclador_{2_1}} = m_{agua} * Cp_{agua} * (T_2 - T_1) + m_{mezcla1} * Cp_{mezcla1} * (T_2 - T_1)$$

$$Q_{Mezclador_{2_1}} = (T_2 - T_1) * (m_{agua} * Cp_{agua} + m_{mezcla1} * Cp_{mezcla1})$$

$$Q_{Mezclador_{2_1}} = (50 - 80)^\circ\text{C} * \left(45 \text{ kg} * 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} + 16.5 \text{ kg} * 2410 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right)$$

$$Q_{Mezclador_{2_1}} = -68375430 \text{ J} = -68.375 \text{ MJ}$$

Proceso 2: de enfriamiento desde 50°C hasta 30°C.

Asumo que la masa ingresada tiene una capacidad calorífica similar a la glicerina.

$$Q_{Mezclador_{2_2}} = m_{agua} * Cp_{agua} * (T_2 - T_1) + m_{mezcla1yaditivos} * Cp_{mezcla1yaditivos} * (T_2 - T_1)$$

$$Q_{Mezclador_{2_2}} = (m_{agua} * Cp_{agua} + m_{mezcla1yaditivos} * Cp_{mezcla1yaditivos}) * (T_2 - T_1)$$

$$Q_{Mezclador_{22}} = (30 - 50)^{\circ}C * \left(45 \text{ kg} * 4186 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^{\circ}C} + 50 \text{ kg} * 2410 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^{\circ}C} \right)$$

$$Q_{Mezclador_{22}} = -6.1774 \text{ MJ}$$

La energía total en la caldera de fabricación:

$$Q_{Mezclador_2} = Q_{Mezclador_{21}} + Q_{Mezclador_{22}}$$

$$Q_{Mezclador_2} = -6.8375 \text{ MJ} + (-6.1774 \text{ MJ})$$

$$Q_{Mezclador_2} = -13.0149 \text{ MJ}$$

B.4 Mezclador Y Envasado

En el mezclador y envasado no existe cambio de temperatura por lo cual no es necesario realizar un balance energético de los componentes.

$$Q_{PROCESO} = Q_{Mezclador_1} + Q_{Caldera} + Q_{Mezclador_2}$$

$$Q_{PROCESO} = 2.1751 \text{ MJ} + 10.36035 \text{ MJ} + (-13.0149 \text{ MJ})$$

$$Q_{PROCESO} = -4.7945 \text{ MJ}$$

9.3 ANEXO C: Dimensionamiento de los equipos

Entre los pasos para el dimensionamiento de cada equipo, están:

1. Balances de masa y energía.
2. Análisis del volumen de producción.
3. Análisis de las materias primas para determinar el material de los equipos.
4. Análisis de los factores de Lang y método factorial.
5. Selección de los equipos.

9.4 ANEXO D: Análisis de Costos

D.1 Inversión del capital fijo

La inversión de capital fija está compuesta por

1. La inversión de los límites internos de la batería (ISBL): el costo de la planta misma.
2. Las modificaciones y mejoras que deben hacerse a la infraestructura del sitio, conocida como inversión fuera del sitio o OSBL;
3. Costos de ingeniería y construcción;
4. Cargos de contingencia.

D.2 Factores de Lang

Lang (1948) propuso que el costo de capital fijo ISBL de una planta se dé como una función del costo total del equipo comprado por la ecuación:

$$C = F \left(\sum C_e \right)$$

Donde:

C = costo total de capital ISBL de la planta (incluidos los costos de ingeniería);

C_e = costo total de entrega de todos los elementos principales del equipo: reactores, tanques, columnas, intercambiadores de calor, hornos, etc.

F = un factor de instalación, más tarde ampliamente conocido como factor Lang.

Lang propuso originalmente los siguientes valores de F , basados en la economía de la década de 1940:

$F = 3.1$ para planta de procesamiento de sólidos;

$F = 4.74$ para la planta de procesamiento de fluidos;

$F = 3.63$ para la planta de procesamiento mixta de fluidos y sólidos.

En este caso el valor de $F=4.74$ debido a que la crema es un fluido. Sin embargo, para ser más exacto se utilizó los factores de la tabla 6.6 del libro guía.

Tanto Lang (1948) como Hand (1958) incluyeron los costos de la oficina en el hogar, pero no los costos fuera del sitio o la contingencia en sus factores de instalación, así que tenga cuidado con los costos de doble contabilización de Ingeniería, Adquisiciones y Construcción (EPC) al usar este enfoque.

Los artículos de costo directo que se incurren en la construcción de una planta, además del costo del equipo, son

1. Montaje de equipos, incluidos cimientos y trabajos estructurales menores;
2. Tuberías, incluidos aislamiento y pintura;
3. Energía eléctrica e iluminación;
4. Instrumentos y sistemas de control automático de procesos (APC);
5. Procesar edificios y estructuras;
6. Edificios auxiliares, oficinas, edificios de laboratorio, talleres;
7. Almacenamiento de materias primas y productos terminados;

8. Servicios públicos (Servicios), provisión de planta para servicios de vapor, agua, aire, lucha contra incendios (si no se calculan por separado como fuera del sitio);

9. Preparación del sitio.

Los demás factores utilizados son de la tabla 6.4 del libro de Sinnott.

Table 6.4. Typical Factors for Estimation of Project Fixed Capital Cost

Item	Fluids	Process Type Fluids-Solids	Solids
1. Major equipment, total purchase cost	C_e	C_e	C_e
f_{er} Equipment erection	0.3	0.5	0.6
f_p Piping	0.8	0.6	0.2
f_i Instrumentation and control	0.3	0.3	0.2
f_{el} Electrical	0.2	0.2	0.15
f_c Civil	0.3	0.3	0.2
f_s Structures and buildings	0.2	0.2	0.1
f_l Lagging and paint	0.1	0.1	0.05
ISBL cost $C = \sum C_e \times$	3.3	3.2	2.5
Offsites (OS)	0.3	0.4	0.4
Design and Engineering (D&E)	0.3	0.25	0.2
Contingency (X)	0.1	0.1	0.1
Total fixed capital cost $C_{FC} = C(1 + OS)(1 + DE + X)$			
$= C \times$	1.82	1.89	1.82
$= \sum C_e \times$	6.00	6.05	4.55

Fuente: Libro de Sinnott

La ecuación se puede ampliar para cada equipo para dar:

$$C = \sum_{i=1}^{i=M} C_{e,i,CS} [(1 + f_p) f_m + (f_{er} + f_{el} + f_i + f_c + f_s + f_l)]$$

Donde:

$C_{e,i,CS}$ = costo del equipo comprado del equipo i en acero al carbono;

M = número total de piezas de equipo;

f_p = factor de instalación para tuberías;

f_{er} = factor de instalación para el montaje del equipo;

f_{el} = factor de instalación para trabajos eléctricos;

f_i = factor de instalación para instrumentación y control de procesos;

f_c = factor de instalación para trabajos de ingeniería civil;

f_s = factor de instalación para estructuras y edificios;

f_l = factor de instalación para revestimiento, aislamiento o pintura.

No corregir correctamente los factores de instalación de los materiales de construcción es una de las fuentes de error más comunes con el método factorial. Los valores típicos del factor de materiales para las aleaciones de ingeniería comunes se dan en la Tabla 6.5.

Para fabricar cremas cosméticas las normativas presentadas en el avance los equipos deben ser de acero inoxidable por lo que $f_m = 1$.

D.3 Método factorial

Se utilizan muchas variaciones en el método factorial. El siguiente método se puede utilizar con los datos proporcionados en este capítulo para hacer una estimación de la resolución inversión de capital necesaria para el proyecto:

1. Se preparó los balances de materiales y energía, elaboró hojas de cálculo preliminares, dimensionó los elementos principales del equipo y seleccionó materiales de construcción.
2. Se calculó el costo comprado de los artículos principales del equipo.
3. Se calculó el costo de capital instalado de ISBL, usando los factores dados en la Tabla 6.4 y corrigiendo los materiales de construcción usando la ecuación 6.13 o 6.14 con los factores de materiales dados en la Tabla 6.5.
4. Se calculó los costos OSBL, de ingeniería y de contingencia utilizando los factores que figuran en la Tabla 6.4.
5. La suma de los costos de ISBL, OSBL, ingeniería y contingencia es la inversión de capital fija.

6. Se realizó la estimación del capital de trabajo como un porcentaje de la inversión de capital fijo; Es típico del 10 al 20% (o mejor, calcúlelo a partir del costo de producción si esto se ha estimado; consulte la Sección 6.4).

7. Se agregó el capital fijo y de trabajo para obtener la inversión total requerida

D.4 Costos fijos de producción

A continuación, se describen los pasos realizados para obtener los costos fijos de producción.

1. Mano de obra operativa:

Se asume que se contrata a cuatro personas una que se encargue del proceso, otra para ventas, otra para entregas y otra que empaque el producto, con una paga de un salario básico unificado.

$$\text{Costo}_{\text{mano de obra}} = \text{Salario} \times \text{Personal}$$

$$\text{Costo}_{\text{mano de obra}} = \$ 400 \times 4$$

$$\text{Costo}_{\text{mano de obra}} = \$ 1600$$

2. Supervisión: De acuerdo a Sinnot se asume como el 25% de la mano de obra operativa.

$$\text{Costo}_{\text{supervisión}} = \text{Costo}_{\text{mano de obra}} \times 25\%$$

$$\text{Costo}_{\text{supervisión}} = \$ 1600 \times 25\%$$

$$\text{Costo}_{\text{supervisión}} = \$400$$

3. Gastos salariales directos: generalmente del 40 al 60% de la mano de obra operativa más supervisión.

$$\text{Gastos directos salariales} = \text{Costo}_{\text{mano de obra}} \times 50\% + \text{Costo}_{\text{supervisión}}$$

$$\text{Gastos directos salariales} = \$1600 * 50\% + \$400$$

$$\text{Gastos directos salariales} = \$ 1200$$

4. Mantenimiento, que incluye tanto materiales como mano de obra, y generalmente se estima entre el 3 y el 5% de la inversión de ISBL, dependiendo de la confiabilidad esperada de la planta. Las plantas con más equipos móviles o más manejo de sólidos generalmente requieren un mayor mantenimiento.

En este caso utilizamos el 4%

$$\text{Mantenimiento} = \text{ISBL} * 4\%$$

$$\text{Mantenimiento} = \$ 43\,840.5 * 4\%$$

$$\text{Mantenimiento} = \$ 1\,753.62$$

5. Impuestos a la propiedad y seguros: generalmente del 1 al 2% del capital fijo ISBL.

Impuestos de propiedad y seguros se utilizó el 1.5% del ISBL

$$\text{Impuestos de propiedad y seguros} = \text{ISBL} * 1.5\%$$

$$\text{Impuestos de propiedad y seguros} = \$ 43\,840.5 * 1.5\%$$

$$\text{Impuestos de propiedad y seguros} = \$ 657.6075$$

6. Alquiler de terrenos (y / o edificios): Como se considera en Sinnot se utilizó 1 a 2% de ISBL más la inversión de OSBL. La mayoría de los proyectos asumen que la tierra se alquila en lugar de comprarse, pero en algunos casos la tierra se compra

y el costo se agrega a la inversión de capital fija y se recupera al final de la vida de la planta.

Alquiler de terrenos utilizamos el 1.5% de ISBL

$$\text{Alquiler de terrenos} = \text{ISBL} * 1.5\%$$

$$\text{Alquiler de terrenos} = \$ 43\,840.5 * 1.5\%$$

$$\text{Alquiler de terrenos} = \$ 4\,643.11$$

7. Gastos generales de la planta: cargos para cubrir las funciones generales corporativas, como recursos humanos, investigación y desarrollo (I + D), tecnología de la información, finanzas, etc. Los gastos generales corporativos varían ampliamente según el sector industrial. Las compañías de refinación de petróleo que realizan una I + D mínima tienen gastos generales mucho más bajos que los fabricantes de productos farmacéuticos. Los gastos generales de la planta generalmente se toman como el 65% de la mano de obra total (incluida la supervisión y los gastos generales directos) más el mantenimiento.

$$\begin{aligned} G. \text{ generales} &= 65\%x(\text{Costo}_{\text{mano de obra}} + \text{Costo}_{\text{supervisión}} \\ &+ \text{Gastos directos salariales}) \end{aligned}$$

$$\text{Gastos generales} = 65\%x(\$1600 + \$400 + \$1200)$$

$$\text{Gastos generales} = \$ 2080$$

8. Cargos ambientales asignados para cubrir los pagos del super fondo (consulte el Capítulo 14), típicamente el 1% del costo de ISBL más OSBL.

$$\text{Cargos Ambientales} = \text{ISBL} * 1\%$$

$$\text{Cargos Ambientales} = \$ \$ 43\,840.5 * 1\%$$

$$\text{Cargos Ambientales} = \$ 4\,423.905$$

9. Ejecución de las tarifas de licencia y pagos de regalías, es decir, aquellos que no se capitalizan al inicio del proyecto.

Para este caso, se consideró un laboratorio cosmético de categoría Pequeña Empresa \$ 138.96; es pequeña empresa ya que solo consta de 4 trabajadores.

10. Cargos de capital: estos incluyen los pagos de intereses adeudados por cualquier deuda o préstamo utilizado para financiar el proyecto, pero no incluyen los rendimientos esperados del capital invertido; consulte la Sección 6.6.

Para esta empresa al ser un desarrollo netamente bibliográfico se asume que se tiene el capital necesario por lo cual no es necesario realizar préstamos.

11. Costo del capital de una planta: El costo de capital de una planta está relacionado con la capacidad por la ecuación:

$$C_2 = C_1 \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^n$$

Donde:

$$C_2 = \text{ISBL costo de capital de la planta con capacidad } S_2$$

$$C_1 = \text{ISBL costo de capital de la planta con capacidad } S_1$$

Promediado en toda la industria química de cosméticos, n es de aproximadamente 0.6. Según Portilla (2017) el costo de capital de una planta que fabrica cremas cosméticas con un proceso similar es de \$ 82 006.18 para fabricar 400 kg semanales.

$$C_1 = \$ 82\,006.18 ; S_1 = 400 \frac{kg}{semana}$$

$$S_2 = 3800 \frac{kg}{semana}$$

$$C_2 = \$ 82\,006.18 \left(\frac{9\,800 \frac{kg}{semana}}{400 \frac{kg}{semana}} \right)^{0.6}$$

$$C_2 = \$ 558\,915.60$$

12. Costos de ventas y marketing: en algunos casos, estos se consideran parte de los gastos generales de la planta. Pueden variar de casi cero para algunos productos básicos a millones de dólares al año para artículos de marca como alimentos, artículos de tocador, medicamentos y cosméticos.

En este caso se consideró un gasto de marketing de \$50000.

D.5 Ingresos, márgenes y ganancias

Para el cálculo del margen se obtuvo por la diferencia entre ventas de producto y gastos de compra de la materia prima. A continuación, se observa el cálculo:

$$\textit{Margen bruto} = \textit{Ingresos} - \textit{Costos de materias primas}$$

$$\textit{Margen bruto} = (2'766\,400 - 1'147\,211.23)\$$$

$$\textit{Margen bruto} = \$ 1'619\,188.77$$

Ganancias

El costo de producción en efectivo (CCOP) es la suma de los costos de producción fijos y variables:

$$CCOP = VCOP + FCOP$$

Donde:

VCOP = suma de todos los costos variables de producción menos los ingresos por subproductos.

FCOP = suma de todos los costos fijos de producción.

$$CCOP = \$683\,895.22 + \$516\,897.2$$

$$CCOP = \$1'200\,792.42$$

Beneficio bruto

$$\textit{Beneficio Bruto} = \textit{Ingresos principales del producto} - CCOP$$

$$\textit{Beneficio Bruto} = \$2'766\,400 - \$1'200\,792.42$$

$$\textit{Beneficio Bruto} = \$1'565\,607.58$$

Beneficio neto

Se tomó en cuenta el impuesto que rige en Ecuador, el cual es del 12% de los ingresos por la venta del producto.

$$\textit{Beneficio Neto} = \textit{Beneficio bruto} - \textit{Impuestos}$$

$$\textit{Beneficio Neto} = \$1'565\,607.58 - \$331\,968$$

$$\textit{Beneficio Neto} = \$1'2336\,639.58$$

Costo total de producción (TCOP)

Es útil calcular el costo total de producción (TCOP), considerando que una planta genera un retorno de la inversión especificado. En este caso, se agrega un cargo de capital anual (ACC) al costo de producción en efectivo:

$$TCOP = CCOP - ACC$$

$$TCOP = \$1'200\,792 - \$10\,574.86$$

$$TCOP = \$ 1'192\ 068.16$$

Los métodos para calcular el cargo de capital anual se analizan en

$$ACC = ACCR * Costo\ total\ de\ capital$$

$$ACC = 0.199 * \$ 53\ 140$$

$$ACC = \$ 10\ 574.86$$

D.6 Análisis de recuperación

Cálculo del retorno sobre el capital (ROE):

$$ROE = \frac{\textit{ganancia\ netal\ anual}}{\textit{capital\ propio}} * 100\%$$

$$ROE = \frac{\$ 1'233\ 639.58}{\$ 43840.5} * 100\%$$

$$ROE = 28.139\%$$

Cálculo del Rendimiento general de los Activos (ROA), se expresa como el cociente del beneficio sobre el activo total, así:

$$ROA = \frac{\textit{ganancia\ netal\ anual}}{\textit{Activos\ totales}} * 100\%$$

$$ROA = \frac{\$ 1'233\ 639.58}{\$ 53\ 140} * 100\%$$

$$ROA = 23.215\%$$