

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
USFQ**

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**Estudio de factibilidad técnico-económica para una planta de
producción de labiales formulados con colorantes de origen
natural**

Michelle Alejandra Ibarra Vasco

Ingeniería Química

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

Quito, 19 de diciembre de 2022

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Estudio de factibilidad técnico-económica para una planta de producción
de labiales formulados con colorantes de origen natural**

Michelle Alejandra Ibarra Vasco

Juan Diego Fonseca Ashton, Ph.D.

Quito, 19 de diciembre de 2022

© 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 la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Michelle Alejandra Ibarra Vasco

Código: 209719

Cédula de identidad: 1723478135

Lugar y fecha: Quito, 19 de diciembre de 2022

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UNPUBLISHED DOCUMENT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>.

RESUMEN

Los labiales son uno de los cosméticos más comunes y usados actualmente. Sin embargo, su formulación incluye colorantes de origen sintético que pueden ser causantes de afecciones a la salud humana. Por esta razón, este proyecto se centra en el diseño de una planta de producción de labiales que usan colorantes naturales dentro de su formulación. Además, se incluye un estudio técnico-económico de la planta con el fin de saber si el proyecto resulta rentable o no. Para esto, el proyecto utiliza como colorantes el carmín extraído de la cochinilla y la betalaína extraída de la remolacha, siendo el carmín (color rojo) el producto principal de producción. Adicionalmente, se realizó un balance de masa y energía para dimensionar los equipos necesarios para el diseño de la planta. Posteriormente, se realizó una evaluación económica del proyecto en el que se obtuvo un Valor Actual Neto (VAN) positivo de \$34,76 millones con una inversión de \$3 millones y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 359%. Debido a que el colorante principal usado (carmín) debe ser importado, se cambió la relación de producción de colores incrementando la producción de labiales rosados con el fin de que la planta resulte aún más rentable. Luego del análisis económico realizado, se concluyó que la planta de producción de labiales es técnica y económicamente rentable y factible independientemente de la relación de producción de colores de labiales ya que en ambos casos el proyecto resulta rentable.

Palabras clave: Labiales, colorantes sintéticos, colorantes naturales, carmín, cochinilla, betalaína, remolacha.

ABSTRACT

Lipsticks are one of the most common and currently used cosmetics. However, its formulation includes dyes of synthetic origin that can cause health problems in humans. For this reason, this project focuses on the design of a lipstick production plant that uses natural colorants within its formulation. In addition, a technical-economic study of the plant is included to analyze if the project is profitable or not. For this, the project uses carmine extracted from cochineal and betalain extracted from beetroots as dyes, with carmine (red color) being the main production product. Additionally, a mass and energy balance were carried out to size the necessary equipment for the design of the plant. Subsequently, an economic evaluation of the project was carried out, in which a positive Net Present Value (NPV) of \$34.76 million was obtained with an investment of \$3 million and an Internal Rate of Return (IRR) of 359%. Because the main dye used (carmine) must be imported, the color production ratio was changed, increasing the production of pink lipsticks in order to make the plant even more profitable. After the economic analysis was carried out, and since in both cases the project is profitable, it was concluded that the lipstick production plant is technically and economically profitable and feasible regardless of the lipstick color production ratio.

Key words: Lipsticks, synthetic dyes, natural dyes, carmine, cochineal, betalain, beetroot.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	13
1.1. Antecedentes	13
1.2. Propuesta, justificación y resultados esperados	14
1.3. Objetivos	15
2. Bases del diseño.....	16
2.1. Fundamentos teóricos.....	16
Fermentación.....	16
2.2. Descripción de materias primas	16
2.2.1. Ceras y aceites.....	16
2.2.2. Colorantes y aditivos.....	17
2.3. Limitaciones del diseño del proyecto.....	19
Limitaciones externas	19
Limitaciones internas.....	20
2.5. Descripción del proceso de producción de labiales	20
3. Diseño del proceso	22
3.1. Definición de operaciones unitarias	22
3.2. Corrientes del proceso de producción de labiales	22
3.3. Condiciones de operación de la planta.....	25
3.4. Modo de operación del proceso	26
4. Diseño de la planta de manufactura de labiales.....	26
4.1. Dimensionamiento de equipos	26
4.2. Tipo de equipos necesarios para la producción de labiales.....	26
4.4. Sistemas de control.....	27
5. Análisis económico.....	28
5.1. Estimación de costos para el proceso de producción de labiales	28
5.2. Evaluación económica.....	29
5.3. Análisis de flexibilidad.....	30

6. Conclusiones.....	32
7. Referencias bibliográficas	33
Anexo A: Bases del diseño.....	37
A.1. Hojas de seguridad de las materias primas usadas en el proceso.....	37
Anexo B: Metodología	46
B.1. Diagrama de bloque	46
B.2. Diagrama de flujo.....	46
B.3. Balance de masa	46
B.4. Balance de energía	47
B.5. Análisis HAZOP	47
B.6. Diagrama de Tuberías e Instrumentación (P&ID)	47
B.7. Simulación del proceso de producción de labiales.....	48
B.8. Dimensionamiento de equipos	48
B.9. Análisis económico	49
B.9.1. Métodos de estimación de costos.....	49
Estimación de costos por equipo.....	49
Estimación de costos por Factores de Lang.....	49
Estimación de costos por método de recuento de etapas	50
Estimación de costos por método factorial detallado	50
B.9.2. Inversión de capital fijo	51
Costos ISBL (Inside Battery Limits)	51
Costos OSBL (Outside Battery Limits)	51
Costos de ingeniería.....	51
Capital de trabajo	52
B.9.3. Costos de producción.....	52
Costos variables	52
Costos fijos.....	52

B.9.4. Ingresos, márgenes y beneficios	52
Margen bruto.....	52
Beneficio bruto.....	52
Beneficio neto	53
B.9.5. Análisis de recuperación de capital.....	53
Flujo de caja.....	53
Valor Actual Neto (VAN).....	53
Tasa Interna de Retorno	54
Anexo C: Cálculos.....	55
C.1. Diagrama de bloque	55
C.2. Diagrama de flujo.....	57
C.3. Balance de masa	59
C.4. Balance de energía	60
C.5. Análisis HAZOP	60
C.6. Diagrama de Tuberías e Instrumentación (P&ID)	63
C.7. Simulación del proceso de producción de labiales.....	65
C.8. Dimensionamiento de equipos	65
C.9. Análisis económico	66
C.9.1. Métodos de estimación de costos.....	66
Estimación de costos por equipo.....	66
Estimación de costos por Factores de Lang.....	67
Estimación de costos por método de recuento de etapas	67
Estimación de costos por método factorial detallado	67
C.9.2. Inversión de capital fijo	67
C.9.3. Costos de producción.....	68
Costos variables	68
C.9.4. Ingresos, márgenes y beneficios	68

Margen bruto.....	68
Beneficio bruto.....	68
Beneficio neto	69
Flujo de caja.....	69
Valor Actual Neto (VAN).....	69
Tasa Interna de Retorno	69
Anexo D: Misceláneos.....	70
D.1. Cotización de equipos	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materias primas del proceso de producción de labiales	18
Tabla 2. MSDS Cera de carnauba.....	37
Tabla 3. MSDS Cera de candelilla.....	38
Tabla 4. MSDS Cera de abeja.....	39
Tabla 5. MSDS Parafina	40
Tabla 6. MSDS Miristato de isopropilo.....	41
Tabla 7. MSDS Lanolina	42
Tabla 8. MSDS Aceite de ricino	43
Tabla 9. MSDS Carmín de cochinilla.....	44
Tabla 10. MSDS Vainillina.....	45
Tabla 11. Resumen de balance de masa para labiales con carmín.....	59
Tabla 12. Resumen de balance de masa para labiales con remolacha	59
Tabla 13. Especificaciones de potencia requerida para cada equipo	60
Tabla 14. Análisis HAZOP para producción de labiales con carmín	60
Tabla 15. Análisis HAZOP para producción de labiales con remolacha.....	61
Tabla 16. Datos de equipos para proceso de producción de labiales con carmín.....	66
Tabla 17. Datos de equipos para proceso de producción de labiales con remolacha	66
Tabla 18. Estimación de costos por equipos para producción de labiales con carmín	66
Tabla 19. Estimación de costos por equipos para producción de labiales con remolacha.....	67
Tabla 20. Estimación de costos por Factores de Lang.....	67
Tabla 21. Estimación de costos por método de recuento de etapas	67
Tabla 22. Estimación de costos por método factorial detallado	67
Tabla 23. Inversión de capital fijo	67
Tabla 24. Costos fijos y variables de producción	68
Tabla 25. Margen bruto por unidad y margen bruto anual	68
Tabla 26. Beneficio bruto anual del proyecto.....	68
Tabla 27. Beneficio neto del proyecto	69
Tabla 28. Flujo de caja del proyecto.....	69
Tabla 29. Valor Actual Neto (VAN) del proyecto.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo para producción de labiales con remolacha.....	24
Figura 2. Flujo de caja del proyecto.....	30
Figura 3. Flujo de caja del análisis de flexibilidad	31
Figura 4. Diagrama de bloque de producción de labiales con carmín	55
Figura 5. Diagrama de bloque de producción de labiales con remolacha	56
Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de producción de labiales con carmín	57
Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de producción de labiales con remolacha	58
Figura 8. Diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) para el proceso de producción de labiales con carmín	63
Figura 9. Diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) para el proceso de producción de labiales con remolacha	64
Figura 10. Simulación del proceso de producción de labiales con carmín	65
Figura 11. Simulación del proceso de producción de labiales con remolacha	65
Figura 12. Detalle de costo de adquisición de horno de fundición	70
Figura 13. Descripción general del horno de fundición.....	70
Figura 14. Detalle de costo de adquisición de tanque de mezcla.....	71
Figura 15. Descripción general del tanque de mezcla	71
Figura 16. Detalle de costo de adquisición de trituradora	71
Figura 17. Descripción general de la trituradora	72
Figura 18. Detalle de costo de adquisición del separador.....	72
Figura 19. Descripción general del separador.....	73
Figura 20. Detalle de costo de adquisición de la incubadora.....	73
Figura 21. Descripción general de la incubadora.....	73

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Los labiales fueron inventados en el siglo X en Medio Oriente, estaban envueltos en seda, eran frágiles y no se podían transportar fácilmente. Tiempo después, se popularizaron en el siglo XVI por la Reina Isabel I. Fue durante este periodo que se impuso la moda de pintarse los labios, además, en China durante los siglos VII y X se empezaron a agregar nuevos ingredientes como aceites perfumados [1]. En la actualidad, los labiales son los cosméticos más comunes haciendo que su uso sea cada vez mayor, de manera que existen diversidad de colores, texturas y formas.

Un buen labial debe tener características aceptables para el consumidor, ya que debe tener una textura agradable o propiedades antioxidantes. Para esto, se añaden algunos componentes como bases, aceites, emolientes y colorantes [2]. Específicamente, uno de los principales componentes de los labiales, son los colorantes, que son sustancias capaces de transferir el color al medio al que se aplica [3] y que pueden ser clasificados en función a su medio de obtención. Pueden ser naturales, cuando son obtenidos de plantas, vegetales o minerales; o sintéticos, cuando son obtenidos por métodos químicos [4].

Los colorantes sintéticos son los más utilizados en la industria cosmética ya que de los 54 colorantes existentes, 38 son usados en esta industria [2] y son añadidos a la mezcla de aceites en forma de polvo para homogeneizarla [5]. En la industria de fabricación de labiales, es muy común el uso de los colorantes azoicos, siendo la carmoisina o azorrubina; comúnmente llamado colorante rojo E-122; el más utilizado en la formulación de labiales [2]. Sin embargo, hay estudios que determinan que el uso en exceso del colorante E-122 produce afecciones a la salud humana como problemas hepáticos o daño en las funciones de células metabólicas [6]. Por esta razón, y tomando en cuenta que el uso de los colorantes naturales está incrementando actualmente, este proyecto se basa en el estudio de factibilidad tanto técnica como económica

de una planta de producción de dos colores de labiales que reemplacen los colorantes sintéticos por colorantes naturales extraídos de la cochinilla y la remolacha.

1.2.Propuesta, justificación y resultados esperados

El uso de los colorantes naturales que reemplacen el colorante E-122 puede ayudar a disminuir las afecciones a la salud causadas por el uso excesivo de este colorante sintético. Esto, basado en estudios previos que determinan que el uso del carmín extraído de la cochinilla y la betalaína extraída de la remolacha no producen afecciones a la salud como por ejemplo mutaciones en los cromosomas, entre otras. [7].

Actualmente, la industria cosmética en el Ecuador se ha basado principalmente en productos de origen sintético, por lo que el mercado del maquillaje natural todavía se considera un mercado virgen [8]. Este dato nos permite hacer un análisis preliminar del mercado nacional para poder determinar el caudal de la corriente de producción que se va a cubrir. Según la Asociación Ecuatoriana de Productos Cosméticos, de Higiene y Absorbentes, el país demanda 51,5 millones de productos al año [9]. Al ser un mercado nuevo, se intentará cubrir alrededor del 5% del mercado, lo que implica una producción de 2,5 millones de labiales al año.

De igual manera, es necesario realizar un análisis del mercado cosmético en cuanto a tendencias de colores en labiales para determinar la relación de producción de colores en la planta. Basado en esto, se conoce que los tonos fuertes como el rojo están en tendencia actualmente [10], por lo que se determina que los labiales que usan carmín serán el producto principal de producción, siendo secundarios los labiales que usan betalaína de remolacha.

Con los datos recopilados es necesario conocer los costos de materias primas basados en la formulación de los labiales encontrados en la literatura para realizar un análisis económico preliminar del proyecto. De manera que, al obtener un margen bruto positivo y tomando en cuenta los ingresos y costos de materias primas, se esperaría que la producción de labiales con

colorantes naturales provenientes de la cochinilla y la remolacha sea rentable. Como resultado, se espera tener una planta de producción de labiales que sea eficiente y además técnica y económicamente factible. Además, se espera que la producción de labiales con colorantes naturales permita ampliar el mercado de cosmética natural en el país.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar el estudio de factibilidad técnico-económica para una planta de producción de labiales formulados con colorantes de origen natural.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diseñar un proceso que permita la diversificación (dos colores) en la misma línea de producción de labiales.
- Diseñar una planta de operación sencilla y con el menor uso de equipos para la producción de dos colores de labiales.
- Realizar una evaluación económica del proyecto para conocer su rentabilidad.

2. BASES DEL DISEÑO

2.1.Fundamentos teóricos

Fermentación.

Para la producción de labiales usando la betalaína extraída de la remolacha es necesario incluir un proceso de fermentación para la purificación del colorante. Anterior a esto, se realiza una mezcla de la remolacha con metanol para obtener la betalaína para luego pasar al proceso de fermentación [11]. Este proceso se caracteriza por ser un proceso metabólico que convierte un carbohidrato en azúcar, alcohol o ácido. El proceso de fermentación se da comúnmente en condiciones anaerobias [12]. Para la purificación de betalaína, es necesario tomar en cuenta que las condiciones de temperatura se mantengan controladas y monitoreadas a un valor de 60°C ya que, al exceder esta temperatura, los colorantes se pueden degradados fácilmente [11].

2.2.Descripción de materias primas

La formulación de labiales consta principalmente de una mezcla de ceras, aceites grasos, emolientes y pigmentos. Además, se pueden añadir ingredientes como fragancias y aditivos con la finalidad de que el labial tenga una textura más suave, mayor brillo y humectación [13]

2.2.1. Ceras y aceites

El proceso engloba componentes base como ceras y aceites. Se utilizan distintas ceras como la cera de carnauba, que tiene varias aplicaciones y usos que incluyen los alimentos, cosméticos, entre otros. Además, posee propiedades emulsificantes. También eleva el punto de fusión de los geles, por lo que lo hace un ingrediente apreciado en la industria de los labiales ya que adiciona brillo a la superficie [14]. La cera de candelilla se obtiene de la secreción natural de la planta de candelilla, su estructura está compuesta por ésteres de alto peso molecular, resinas y ácidos grasos. [15]. La cera de candelilla ayuda a mantener intactas las emulsiones, actuando como un aglutinante para evitar que los aceites y líquidos se separen. [16]. Finalmente, se usa la cera de abejas, ya que una de sus cualidades más importantes es su dureza, además de que

es insoluble en agua y soluble en solventes orgánicos. [17]. Es utilizada comercialmente para la fabricación de velas, modelado, cosméticos, textiles, etc. [14].

Como aceites, el proceso utiliza las parafinas, que son compuestos saturados que tienen la fórmula general C_nH_{2n+2} , donde n es el número de átomos. Tienen propiedades químicas y físicas que cambian gradualmente a medida que se agregan átomos de carbono a la cadena [18]. Este compuesto es usado en ungüentos como emoliente de enfermedades de la piel y como lubricante ocular [19]. Además, se utiliza el miristato de isopropilo que es un humectante que posee características polares usado en la industria cosmética y en preparaciones médicas tópicas debido a que ayuda a mejorar la absorción en la piel. Por esta razón, ha sido estudiado e impulsado como potenciador de la penetración en la piel [20]. Se utiliza también lanolina, que es la grasa secretada por las glándulas sebáceas de las ovejas y representa una mezcla compleja de lípidos de alta masa molecular. Es ampliamente utilizada en formulaciones cosméticas y farmacéuticas [21] debido a sus propiedades humectantes y emolientes pues reduce la pérdida de agua además de actuar como agente antimicrobiano [22]. Finalmente, se utiliza el aceite de ricino que es un aceite no comestible muy popular y con un valor importante en la industria y la medicina. Tiene varios usos y aplicaciones como la fabricación de jabones, adhesivos, surfactantes, cosméticos, productos de cuidado personal, perfumes, fármacos, entre otros [23].

2.2.2. Colorantes y aditivos

El colorante principal utilizado en el proceso es el carmín. Es un pigmento obtenido del cuerpo seco de las hembras del insecto conocido como cochinilla (*Dactylopius coccus*). La cochinilla es considerada un parásito que se alimenta de la savia de la tuna. Este pigmento es ampliamente usado en la industria alimenticia y cosmética [24]. Como saborizante se usa la vainillina que es un aldehído aromático comúnmente utilizado como saborizante en la industria alimenticia y

de fragancias. En el mercado se ofrecen 3 tipos de vainillina: sintética, natural y en extracto [25]. Para el proceso de producción de labiales rosados se utiliza como colorante la remolacha. La remolacha (*Beta vulgaris*) es una hortaliza de la familia Amaranthaceae usada en la medicina popular alrededor del mundo debido a sus beneficios para la salud. Las investigaciones indican que su consumo reduce el riesgo de obesidad, diabetes mellitus y enfermedades cardiovasculares. Además, posee colorantes nitrogenados llamado betalainas que se dividen en dos grupos: betacianinas, que proporcionan un color violeta-rojo; y betaxantinas, que proveen un color amarillo. Ambos pigmentos son usados en productos alimenticios y cosméticos [26].

Los datos de las materias primas utilizadas en el proceso se encuentran detalladas en la siguiente tabla. Cada una de las materias primas tiene el detalle de costos, proveedores y su función dentro de la formulación del labial. Además, las hojas de seguridad de cada una se encuentran en el Anexo A.

Tabla 1. Materias primas del proceso de producción de labiales

Carmín de cochinilla			
Materia prima	Costo ($\frac{\\$}{\text{kg}}$)	Proveedor	Función
Cera de carnauba	20,16	ALMON del Ecuador	Incrementan solidez en el labial
Cera de candelilla	3,51	México	
Cera de abeja	24,90	Ocompra Ecuador	
Parafina	2,60	ALMON del Ecuador	Proporciona hidratación a los labios
Miristato de isopropilo	15,60	Refaquim Ecuador	Posee propiedades emolientes, proporciona hidratación y suavidad
Lanolina	13,80	La casa del esparadrappo	Aumenta la untuosidad del labial
Aceite de ricino	3,50	Alibaba	Proporciona brillo y emoliencia del producto

Carmín de cochinilla	44,50	Perú	Pigmento, proporciona el color al labial
Vainillina	20,00	Ecuador	Proporciona sabor
Betalaína de remolacha			
Materia prima	Costo ($\frac{\\$}{\text{kg}}$)	Proveedor	Función
Remolacha	0,39	Ecuador	Pigmento, proporciona el color al labial
Metanol	0,35	Ecuador	Usado en la extracción del colorante

2.3.Limitaciones del diseño del proyecto

Limitaciones externas

La producción de labiales debe regirse a ciertas normas establecidas por el Servicio Ecuatoriano de Regulación y Normalización INEN. En este caso, la norma vigente es la INEN 2867 que establece los requisitos que deben cumplir los productos cosméticos de uso humano [27]. De igual manera, el producto debe cumplir el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 093 (1R) “Productos cosméticos” que se aplica a los productos cosméticos fabricados a nivel nacional importados y comercializados en el país [28].

La Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria ARCSA posee reglamentos a los que debe regirse el producto. En específico, el producto debe regirse a la normativa sanitaria para productos cosméticos y productos de higiene emitida por esta entidad que corresponde al Registro Oficial 968 [29].

Además, los colorantes, en específico, están sujetos a algunos requisitos que van acorde a la Ley Federal de Alimentos, Medicamentos y Cosméticos de la FDA (U.S. Food & Drug Administration) [30]. Esta ley proporciona algunos requisitos básicos para los productos que contienen colorantes en cuanto a aprobación, certificación, identidad uso y restricciones.

Limitaciones internas

Las entradas de materia prima del proceso se dan a condiciones ambientales, por lo que no existen limitaciones con respecto a la alimentación. Para la alimentación de los hornos de fundición, se debe tomar en cuenta que es necesario trabajar a la mayor temperatura de fundición de acuerdo con las temperaturas de los componentes de su alimentación. Finalmente, la solidificación de los labiales luego del proceso de producción se lo realiza a temperatura ambiente dentro de los moldes.

Adicionalmente, se debe tener en cuenta que el proceso de fermentación durante la extracción de la betalaína debe ser realizado a 60 °C ya que este componente es sensible y puede degradarse a mayores temperaturas.

2.4.Ubicación de la planta

Para determinar la ubicación de la planta, se tomó en cuenta la producción de remolacha en el país para disminuir los costos de transporte de materia prima. Debido a que la remolacha se cultiva en zonas altas debido a las condiciones climáticas que existen, las principales provincias que cultivan remolacha son Chimborazo, Pichincha, Tungurahua, Bolívar, entre otras [31].

Se escogió la provincia de Tungurahua para la construcción de una planta de producción de labiales debido a su clima y la accesibilidad a la materia prima. La temperatura promedio de esta provincia es de 15° C [32], tiene lluvias anuales menores a 500 mm y una sequía marcada entre junio y septiembre [33]. El costo promedio del m³ de agua en Tungurahua es de \$ 0,26 [34] y la tarifa nacional para la energía eléctrica es de 9,20 \$/kWh [35].

2.5.Descripción del proceso de producción de labiales

El proceso general de producción de labiales consta principalmente de tres procesos físicos:

- a) Preparación de mezcla de componentes

En este proceso se funden todos los componentes grasos (ceras y alcoholes) que tienen un punto de fusión elevado. A esta mezcla se le adiciona el colorante y la mezcla de componentes grasos fundidos tomando en cuenta la temperatura para mantener líquida la mezcla final.

b) Moldeado

La mezcla del paso anterior se vierte en moldes para luego proceder a la solidificación de la misma. Luego de que la mezcla ha reposado y se solidificó, se procede a desmoldar las barras, eliminando el exceso existente.

c) Flameado

Como su nombre lo indica, se procede a pasar la barra de labial por una flama con el fin de eliminar imperfecciones superficiales y aportar brillo al labial [13].

Para los labiales de betalaína, es necesario extraer el colorante partiendo de su materia prima (remolacha). Este proceso empieza con el corte y triturado de la remolacha para pasar a una mezcla con metanol y una posterior fermentación [11]. Luego de este proceso, el colorante es mezclado en la primera fase del proceso general de producción.

3. DISEÑO DEL PROCESO

3.1. Definición de operaciones unitarias

El proceso general de producción de labiales consta de dos procesos de fundición, en el que se aumenta la temperatura de las corrientes de entrada para fundir los componentes de cada una de ellas y obtener así una corriente de salida en estado líquido. Además, cuenta con dos procesos de mezclado para unificar las corrientes provenientes de los hornos de fundición con el colorante. Finalmente, se tiene un proceso de moldeado y un flameado del producto final.

Por otro lado, para la extracción de la betalaína de la remolacha, se incluyen 5 operaciones unitarias adicionales. Estas incluyen el cortado y triturado de la materia prima, mezclado para obtener el colorante, filtrado y fermentación para purificar el colorante. El diagrama de bloques década uno de los procesos se muestra en el Anexo C.1.

3.2. Corrientes del proceso de producción de labiales

Para la producción de labiales es necesario tener 4 corrientes de entrada con todas las materias primas necesarias para el proceso. Las ceras entran a un horno de fundición, la parafina, lanolina y aceite de ricino entran al segundo horno de fundición. El colorante y los aditivos entran directamente a un mezclador. Estas corrientes entran a distintos equipos de procesamiento para luego mezclarse y formar una sola corriente que formará el producto final (labial). Para la extracción de la betalaína se añade una línea de producción al proceso general, luego de la cual se tiene el mismo proceso utilizado para los labiales con carmín de cochinilla.

El diagrama de flujo para el proceso de producción de labiales formulados con carmín se encuentra detallado en el Anexo C.2. Para el proceso de producción de labiales formulados con betalaína, se presenta el respectivo diagrama de flujo a continuación.

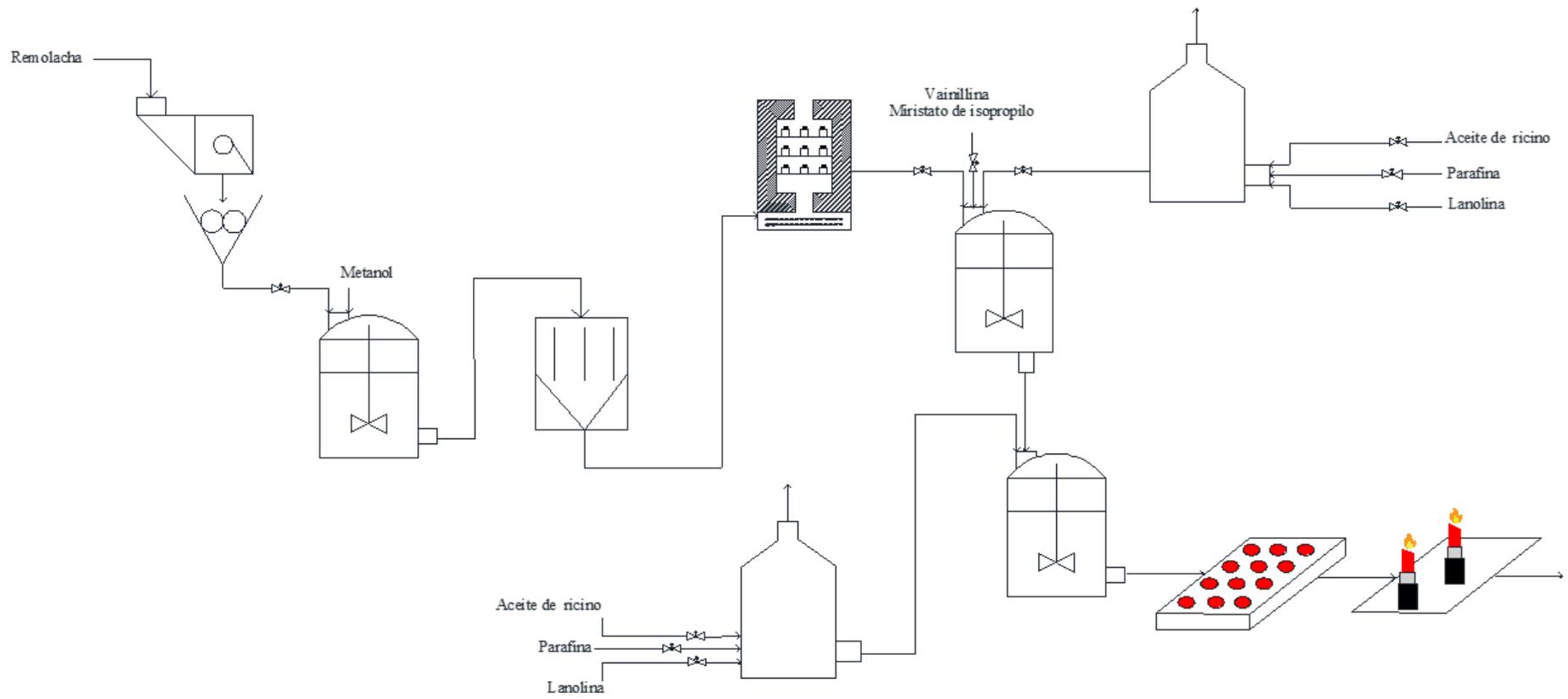


Figura 1. Diagrama de flujo para producción de labiales con remolacha

Además, para determinar el caudal de cada una de las corrientes, tanto de entrada como de salida, incluyendo corrientes intermedias (paso de una operación unitaria a otra), se realizó un balance de masa de manera manual y mediante el uso de una hoja de Excel. Este balance de masa nos proporciona el caudal de las corrientes en $\frac{kg}{h}$ y sus respectivas composiciones, así como también el caudal másico de los componentes de cada corriente. Los resultados del balance de masa de cada proceso se encuentran en el Anexo C.3.

3.3. Condiciones de operación de la planta

Todas las corrientes de entrada del proceso entran a una temperatura ambiente. Posteriormente, el proceso de fundición de ceras opera a una temperatura de 85 °C ya que la cera de carnauba tiene un punto de derretimiento de aproximadamente 86 °C, mientras que las dos ceras restantes se derriten a menor temperatura. El proceso de fundición de la corriente de parafina, lanolina y aceite de ricino opera a una temperatura de 85 °C ya que el punto de derretimiento de la parafina es de aproximadamente 80 °C, el punto de derretimiento de la lanolina es menor y el aceite de ricino es líquido a temperatura ambiente.

El primer mezclador del proceso que unifica las corrientes de parafina, lanolina y aceite de ricino fundidos con el colorante y los aditivos opera a una temperatura promedio entre las 3 corrientes. Mientras que, el mezclador que une la corriente de salida del primer mezclador con la corriente de ceras fundidas opera a una temperatura promedio entre estas dos corrientes. Finalmente, el resto del proceso de producción de labiales se lleva a cabo a condiciones ambientales.

El proceso de extracción de betalaína opera a temperatura ambiente, a excepción del proceso de fermentación que se lo realiza en una incubadora. En este proceso es necesaria una temperatura de 60 °C por un periodo de 3 días.

3.4. Modo de operación del proceso

La producción de labiales se realizará en un proceso semi continuo ya que se operará la planta durante 5 horas por 300 días al año. Además, el proceso se dividirá en la producción de labiales rojos y labiales rosados en una relación de 6:4 respectivamente.

Debido a que el proceso de extracción del colorante de la remolacha incluye el proceso de fermentación de la betalaina, se debe considerar que este proceso dura 3 días. Por lo tanto, en este tiempo se producirán labiales rojos.

4. DISEÑO DE LA PLANTA DE MANUFACTURA DE LABIALES

4.1. Dimensionamiento de equipos

Para realizar el dimensionamiento de los equipos utilizados para la producción de labiales, es necesario realizar una simulación del proceso en Aspen Plus. Debido a que se tienen dos procesos con diferentes colorantes naturales, se realizaron dos simulaciones por separado. Sin embargo, es necesario especificar que las simulaciones se realizaron únicamente sobre el proceso general de producción de labiales. El dimensionamiento de los equipos para el proceso de extracción del colorante de la remolacha se lo realizó manualmente debido a que esta es la manera más eficiente de realizarlo.

4.2. Tipo de equipos necesarios para la producción de labiales

Basado en el diagrama de flujo que se presenta en el Anexo C.2. y en el balance de masa presentado en la sección 3.2, se seleccionaron los equipos necesarios para el proceso. Para esto, se realizó una búsqueda de los equipos en catálogos basados en el dimensionamiento presentado en la sección anterior, de manera que se obtuvieron los precios en el mercado. Cabe

recalcar que, al ser una planta de producción pequeña, algunos de los equipos se seleccionaron de acuerdo a la menor capacidad disponible en el mercado. Esto se hizo con el fin de tener una proyección de crecimiento de la planta a futuro. Los equipos elegidos para el proceso se detallan en el Anexo D.1.

4.3. Balance de energía del proceso

Para realizar el balance de energía fue necesario conocer la potencia de trabajo de cada uno de los equipos usados en el proceso. En la tabla 4 se detalla la potencia de cada equipo, el tiempo de operación y la energía anual de cada uno. El balance de energía detallado del proceso se encuentra en el Anexo C.4.

4.4. Sistemas de control

Para determinar los sistemas de control necesarios en el proceso se realizó un análisis HAZOP tomando en cuenta las desviaciones, causas potenciales, posibles consecuencias y acciones necesarias en cada una de las corrientes del proceso. Es importante mencionar que se realizaron dos análisis, uno en el proceso general, y otro solamente en el proceso de extracción de betalaína ya que para el proceso que usa este último pigmento es el mismo que el proceso de producción de labiales con carmín de cochinilla. El análisis completo se encuentra detallado en el Anexo C.5. Luego de realizar el análisis HAZOP se realizaron los diagramas P&ID de cada uno de los procesos, en donde se incluyeron los sistemas de control respectivos. Estos diagramas se encuentran en el Anexo C.6.

5. ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1. Estimación de costos para el proceso de producción de labiales

5.1.1. Estimación de inversión de capital fijo

Para la inversión de capital fijo se deben tomar en cuenta diversos factores como los costos de diseño, construcción e instalación de la planta. De igual manera se estima la inversión de los límites internos de la planta (Costos ISBL) que incluyen los costos de adquisición e instalación de los equipos, la inversión exterior (Costos OSBL) que incluyen las modificaciones y mejoras previstas a realizarse en la infraestructura del lugar, costos de ingeniería y gastos imprevistos [36]. Para esto, es necesario utilizar los precios de los equipos consultados. Los detalles de los equipos se muestran en el Anexo C.9.2.

Se realizó la estimación de la inversión de capital fijo usando el método de recuento de etapas, factor de Lang y método factorial detallado. Se decidió considerar el método factorial detallado como método decisivo para la estimación de costos ya que mientras más detallada sea la información del diseño, se tendrá una mejor aproximación del mismo [36]. En el Anexo C.9.1., se presenta un resumen de los resultados obtenidos por cada uno de los métodos utilizados.

En las tablas 24, 25 y 26 se observa que los valores obtenidos en millones de dólares (MMUSD) varían significativamente entre los 3 métodos utilizados. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, el método factorial detallado nos permite tener una estimación de costos más precisa.

5.1.2. Estimación de costos de producción y capital de trabajo

Para la estimación de costos de producción se tomaron en cuenta los costos fijos y variables. Los costos fijos consideran el trabajo de operación, supervisión, gastos salariales, mantenimiento, impuestos, alquiler de tierra, entre otros costos que no toman en cuenta la producción real de la planta. Tomando en cuenta que la planta trabaja durante 5 horas por 300

días al año, se consideraron 2 operarios con un salario mínimo de \$425 mensuales. La metodología utilizada para la estimación de costos fijos se encuentra en el Anexo C.9.3.

Por otra parte, los costos variables se tomaron en cuenta los costos de las materias primas utilizadas en el proceso de producción de labiales. A continuación, se presenta un resumen de los costos variables y el costo total de producción (CCOP).

5.2.Evaluación económica

5.2.1. Estimación de ingresos, márgenes y beneficios

Para realizar una estimación de los ingresos del proyecto es necesario considerar los ingresos obtenidos en la venta del producto principal del proceso y el costo de las materias primas. La producción anual de la planta es de 2,5 millones de unidades y el precio de cada una de ellas es de \$5. Este valor se basa en un promedio del precio de los labiales ofertados en el mercado nacional. Con estos datos, es posible conocer el margen bruto anual del proyecto, lo que nos da una ligera idea de la rentabilidad del proyecto. En el Anexo C.9.4., se presentan los márgenes brutos calculados para cada uno de los colores de labiales y el margen bruto anual.

Además, se realizó una estimación del beneficio bruto y el beneficio neto del proyecto. Para el beneficio bruto, se tomaron en cuenta los ingresos del producto principal y el costo total de producción (CCOP) calculado anteriormente. Con este resultado se calculó el beneficio neto tomando en cuenta los impuestos del mercado. Estos valores nos indica el dinero disponible como una devolución de las inversiones iniciales. En el Anexo C.9.4. se muestran ambos resultados.

Posteriormente, se realizó el flujo de caja del proceso tomando en cuenta un tiempo de recuperación de 5 años. Este valor hace referencia a los ingresos y egresos de dinero en el tiempo de vida útil del proyecto. Además, se calculó el Valor Actual Neto (VAN) que describe la suma de los valores actuales de los flujos de caja futuros tomando en cuenta los intereses. Este valor nos permite conocer si el proyecto es rentable o no de acuerdo a si su valor es

positivo o negativo respectivamente. Para este proyecto, se obtuvo un VAN positivo de 34,76 millones de dólares, lo que indica que el proyecto es rentable. Posteriormente, se utilizaron los datos del flujo de caja para saber cuál es la Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto, es decir, cuál es el valor de la tasa de descuento necesaria para que el Valor Actual Neto sea igual a cero [37]. Para el caso de este proyecto, el TIR tuvo un valor de 3,59, lo que corresponde a una tasa de 359%, haciendo que el proyecto sea rentable. A continuación, se muestra el diagrama del flujo de caja obtenido del proyecto en donde se observa que se tiene una recuperación de la inversión a partir del primer año de funcionamiento de la planta. La metodología utilizada para el cálculo del VAN y el TIR se muestran en el Anexo B.9.6.

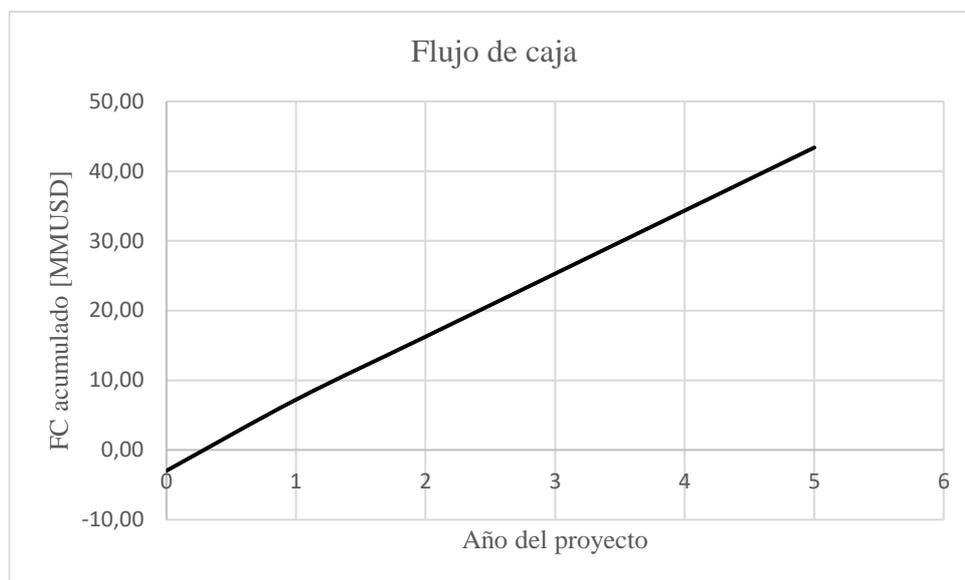


Figura 2. Flujo de caja del proyecto

5.3. Análisis de flexibilidad

Para el análisis de flexibilidad del proyecto, se toma en cuenta la relación de producción de los dos colores de labiales (rojo y rosado). Inicialmente se considera una relación de 6:4 respectivamente tomando en cuenta las tendencias del mercado. Sin embargo, esta relación se cambia a un 5:5 debido a que el carmín de cochinilla es más difícil de conseguir que la betalaína de remolacha ya que éste se lo importa desde Perú y la remolacha se produce en el país. Además, se incrementó \$1 en el valor de venta de los labiales rojos considerando el precio de

éstos en el mercado además del costo de producción. Con estos cambios, se tiene un Valor Actual Neto de 34,76 millones de dólares y un TIR de 3,74 correspondiente a una tasa de 374%. A continuación, se muestra el flujo de caja correspondiente al análisis de flexibilidad del proyecto.

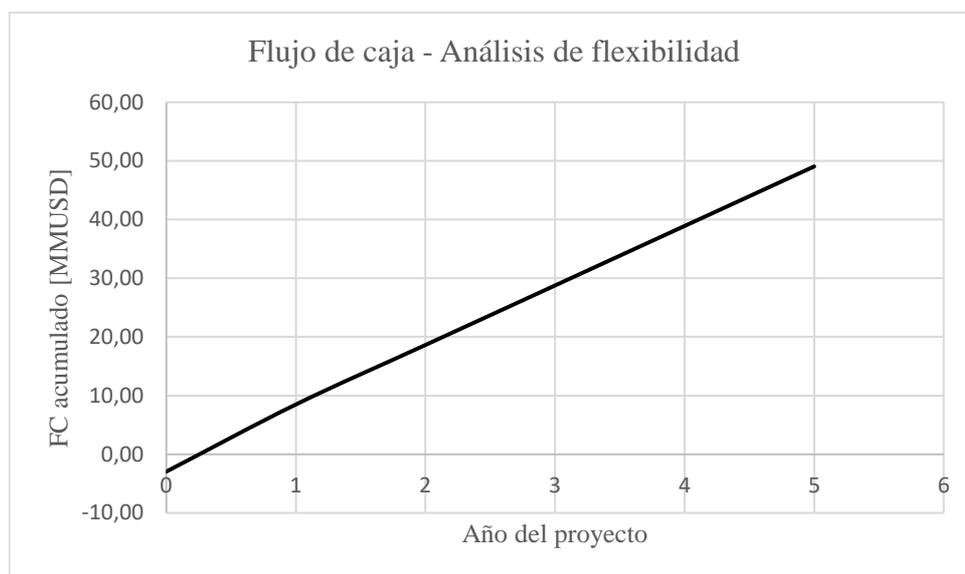


Figura 3. Flujo de caja del análisis de flexibilidad

Con estos resultados, se concluye que el análisis de flexibilidad proporciona un proyecto todavía rentable y económicamente viable. Sin embargo, se realizó otro análisis de flexibilidad para conocer el caudal mínimo de producción y el precio mínimo de venta del producto para que el Valor Actual Neto sea igual a 0. Es decir, que la tasa interna de retorno iguale al valor de los impuestos, de manera que, no se obtengan ingresos o pérdidas en el proyecto. Como resultado se obtuvo que el caudal mínimo de producción cubriría únicamente el 0,81% del mercado, es decir, que se producirían 415 000 labiales al año. Por otra parte, el precio mínimo del producto sería aproximadamente 1\$. Valores menores a los mencionados anteriormente dan como resultado un VAN negativo (menor a 0), indicando que el proyecto no es rentable y no se debe llevar a cabo.

6. CONCLUSIONES

Se realizó un estudio de factibilidad técnico-económica de una planta de producción de labiales que usan colorantes naturales a partir de la cochinilla y la remolacha. Con la información recopilada durante la investigación, se tomó una base de cálculo de acuerdo al consumo nacional de cosméticos para luego realizar la respectiva simulación del proceso. Esta simulación presenta una idea más clara de la planta de producción de labiales y los equipos necesarios para la misma. Se tomaron en cuenta, además, las condiciones de operación del proceso en general y de cada uno de los equipos junto con los caudales de cada una de las corrientes del proceso. Gracias a la simulación y a los cálculos realizados manualmente, se obtuvo el dimensionamiento de los equipos de la planta. Con los datos recopilados, se realizó la evaluación económica del proyecto que ayudó a determinar la rentabilidad de la planta. Para esto, se utilizaron distintas metodologías para la estimación de costos de los equipos. Además, se consideraron los costos de materias primas y costos fijos y variables del proyecto. De manera que, gracias al cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), se concluyó que la planta de producción de labiales con colorantes naturales es rentable además de ser técnica y económicamente factible. Posteriormente, el análisis de flexibilidad realizado permitió conocer que la variación de la relación de producción y el precio a la venta del producto principal de producción, no afectan significativamente a la rentabilidad del proyecto.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Almagro, “Análisis de las actuales regulaciones sanitarias acerca del control de calidad de labiales réplica AAA en el 2021.
- [2] S. Ansari, H. Ghildiyal, and S. Mukopadayay, “A brief review on herbal lipsticks using natural colorants over synthetic colorants,” *Int J Health Sci (Qassim)*, pp. 11064–11076, Jun. 2022, doi: 10.53730/ijhs.v6nS3.8556.
- [3] D. Marcano, *Introducción a la Química de los Colorantes*. 2018.
- [4] M. J. Villaseñor, *Nuevos métodos fotométricos y electroquímicos de determinación de colorantes amarillos en alimentos*. Murcia: Compobell, 1995.
- [5] N. Kamairudin, S. S. Abd Gani, H. R. Fard Masoumi, and P. Hashim, “Optimization of natural lipstick formulation based on pitaya (*hylocereus polyrhizus*) seed oil using d-optimal mixture experimental design,” *Molecules*, vol. 19, no. 10, pp. 16672–16683, Oct. 2014, doi: 10.3390/molecules191016672.
- [6] I. S. Khan, M. N. Ali, R. Hamid, and S. A. Ganie, “Genotoxic effect of two commonly used food dyes metanil yellow and carmoisine using *Allium cepa* L. as indicator,” *Toxicol Rep*, vol. 7, pp. 370–375, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.toxrep.2020.02.009.
- [7] B. Do and H. Kwon, “Genotoxicity test of eight natural color additives in the Korean market,” *Genes and Environment*, vol. 44, no. 1, Dec. 2021, doi: 10.1186/s41021-022-00247-0.
- [8] P. Parra, “¿Rímel, rubor, labial natural? ¿Es posible?,” *Criterios*, 2021.
- [9] T. Gonzalez, “El mercado ecuatoriano de la cosmética supera los 600 millones de dólares en ventas,” *Fashion Network*, 2018.
- [10] M. Avis, “Los colores tendencia en pintalabios y el truco infalible para que parezcan más grandes,” *ELLE*, 2022.

- [11] D. Yanchapanta, “Obtención de un colorante natural de betalaína a partir de la remolacha (*Beta Vulgaris*) para su aplicación en alimentos y bebidas, sin que sus propiedades organolépticas (sabor y olor) afecten su utilidad,” 2011.
- [12] DDW, “How are colors made with fermentation?” 2022.
- [13] J. Morocho and M. Astudillo, “Determinación de ceras y metales pesados en labiales genéricos comercializados en el austro ecuatoriano,” 2018.
- [14] W. F. Tinto, T. O. Elufioye, and J. Roach, *Pharmacognosy: Fundamentals, Applications and Strategies*. Elsevier, 2017. doi: 10.1016/B978-0-12-802104-0.00022-6.
- [15] M. Afzaal, F. Saeed, A. Ahmed, M. Saeed, and H. Ateeq, *Advances in Dairy Microbial Products*. Elsevier, 2022. doi: 10.1016/B978-0-323-85793-2.00019-9.
- [16] M. Buelvas, “Candelilla Wax: Everything You Need to Know,” *Public Goods*, Apr. 21, 2020.
- [17] J. Menezes and K. A. Athmaselvi, *Food Packaging and Preservation: Handbook of Food Bioengineering*. Elsevier, 2018. doi: 10.1016/B978-0-12-811516-9.00005-1.
- [18] M. A. Fahim, T. A. Alsahhaf, and A. Elkilani, *Fundamentals of Petroleum Refining*. Elsevier, 2010. doi: 10.1016/B978-0-444-52785-1.00002-4.
- [19] J. Aronson, *Meyler’s Side Effects of Drugs (Sixteenth Edition): The International Encyclopedia of Adverse Drug Reactions and Interactions*. Elsevier, 2016. doi: 10.1016/B978-0-444-53717-1.01224-5.
- [20] National Library of Medicine, “Isopropyl myristate,” *National Library of Medicine*, 2022.
- [21] E. Eljarrat and D. Barceló, *Encyclopedia of Analytical Science*. Elsevier, 2005. doi: 10.1016/B0-12-369397-7/00349-6.
- [22] C. G. Scanes, *Animals and Human Society*. Elsevier, 2018. doi: 10.1016/B978-0-12-805247-1.00002-2.

- [23] R. B. N. Prasad and B. V. S. K. Rao, *Fatty Acids*. Elsevier, 2017. doi: 10.1016/B978-0-12-809521-8.00008-8.
- [24] A. Anchudia, P. Anadino, and P. Delgado, “La Explotación de la Cochinilla en el Ecuador,” 2002.
- [25] I. Labuda, *Encyclopedia of Microbiology*. Elsevier, 2009. doi: 10.1016/B978-012373944-5.00148-6.
- [26] M. Nikan and A. Manayi, *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements*. Elsevier, 2019. doi: 10.1016/B978-0-12-812491-8.00021-7.
- [27] Servicio Ecuatoriano de Normalización, *PRODUCTOS COSMÉTICOS. REQUISITOS COSMETIC PRODUCTS. REQUIREMENTS*. 2015.
- [28] Corte Constitucional de la República del Ecuador, *Registro Oficial RTE-093-1R-R.O.* 2015.
- [29] C. y V. S.-A. Agencia Nacional de Regulación, *Normativa Sanitaria para productos cosméticos, productos de higiene*. 2017. [Online]. Available: www.lexis.com.ec
- [30] U.S. Food & Drug Administration, *Colorantes y cosméticos*. Estados Unidos, 2022.
- [31] D. Espinoza, “Aclimatación de 14 cultivares de remolacha (*Beta vulgaris* var. conditiva), en la ESPOCH, Macají, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo,” 2013.
- [32] Turismo accesible, “Ecuador - Guía virtual de turismo accesible,” 2022.
- [33] GoRaymi, “Clima de Tungurahua,” 2022.
- [34] la Hora, “Tungurahua, cuarta provincia en facturación de agua potable,” *La Hora*, 2022.
- [35] Empresa Eléctrica Ambato - Regional Centro Norte S.A, “Las Tarifas De Energía Eléctrica No Se Incrementarán En El 2022,” 2022.
- [36] R. Sinnott and G. Towler, “Diseño en Ingeniería Química,” 2019.
- [37] S. Fernández, *Los proyectos de inversión*. 2007.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme cumplir mis sueños y por guiarme durante todo el camino recorrido hasta el día de hoy. A mis padres, por estar siempre a mi lado dándome su amor y apoyo en cada decisión. Por darme ánimos y coraje cuando más lo necesité. A mi hermana, por haberme demostrado lo que es la fortaleza.

Agradezco a la Universidad San Francisco de Quito por darme una maravillosa experiencia durante mi carrera. Al Departamento de Ingeniería Química por haber sido parte de mi formación académica. A mis profesores, en especial, a José Álvarez y Juan Diego Fonseca por el tiempo dedicado a la realización de este proyecto y al apoyo dado durante su desarrollo.

De igual manera, quiero agradecer a mis amigos. A Lili, por ser como mi hermana, ser siempre mi apoyo incondicional y nunca dejarme sola. A Danilo, por haber hecho que mi estancia en la Universidad sea mucho más llevadera y por ayudarme a crecer como persona.

Finalmente, quiero agradecer a Edgar, por ser una parte importante en mi vida, por alentarme a seguir adelante y por todo el cariño que me ha dado en estos últimos 10 años.

ANEXO A: BASES DEL DISEÑO

A.1. Hojas de seguridad de las materias primas usadas en el proceso

Tabla 2. MSDS Cera de carnauba

Nombre común	Cera de carnauba
Nombre químico	Cera de carnauba
Fórmula química	Mezcla natural de ésteres grasos, alcoholes grasos, ácidos e hidrocarburos.
N° CAS	8015-86-9
Usos	Antiaglomerantes y agentes de recubrimiento naturales Ceras para automóviles, betunes para zapatos, bujías, barnices.
Presentación	Copos de color amarillo
Color	Amarillo
Peso molecular	492,39 g/mol
pH	N/A
Punto de ebullición	1515,18 °C
Punto de fusión	80-86 °C
Punto de inflamación	N/A
Densidad a 20°C	0,99 g/cm ³
Solubilidad a 25°C	Soluble en dietiléter, álcali, cloroformo. Ligeramente soluble en etanol hirviendo. Insoluble en agua.
Almacenamiento	N/A
Información adicional	Estable. Incompatible con fuertes agentes oxidantes.
Clasificación NFPA	

Tabla 3. MSDS Cera de candelilla

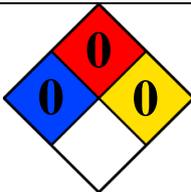
Nombre común	Cera de candelilla
Nombre químico	Cera de candelilla
Fórmula química	Mezcla de varios hidrocarburos, ésteres de alto peso molecular, ácidos libres y resinas
N° CAS	8006-44-8
Usos	Uso analítico Se utiliza en la industria cosmética como emoliente y agente formador de películas
Presentación	Pastillas de color amarillo
Color	Amarillo
Peso molecular	436,84 g/mol
pH	N/A
Punto de ebullición	635,53 °C
Punto de fusión	67-79 °C
Punto de inflamación	241 °C
Densidad a 20°C	0,988 g/cm ³
Solubilidad a 25°C	Soluble en acetona, benceno, bisulfuro de carbono, decalina, éter de petróleo caliente, gasolina, aceites, trementina, cloroformo caliente y tetracloruro de carbono
Almacenamiento	No almacenar cerca de agentes oxidantes fuertes. No almacenar el producto a temperaturas superiores a 45 °C
Información adicional	Estable a condiciones normales de manejo y almacenamiento.
Clasificación NFPA	

Tabla 4. MSDS Cera de abeja

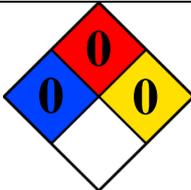
Nombre común	Cera de abeja
Nombre químico	Cera de abeja
Fórmula química	Compuesta por un alcohol (C ₃₀ H ₆₁ OH) y ácido palmítico (CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH)
N° CAS	8012-89-3
Usos	Usada en cremas, jabones, perfumes sólidos, labiales, rímeles y cera para depilar
Presentación	Sólido en temperatura ambiente
Color	Amarillo
Peso molecular	677,23 g/mol
pH	N/A
Punto de ebullición	1036,95 °C
Punto de fusión	60-75 °C
Punto de inflamación	>200 °C
Densidad a 20°C	0,95-0,96 g/cm ³
Solubilidad a 25°C	Insoluble en agua Soluble en disolventes no polares, orgánicos
Almacenamiento	N/A
Información adicional	Estable a condiciones normales de manejo y almacenamiento.
Clasificación NFPA	

Tabla 5. MSDS Parafina

Nombre común	Parafina
Nombre químico	Parafina
Fórmula química	N/A
N° CAS	8002-74-2
Usos	Producto químico de laboratorio Agricultura, alimentos, aplicaciones eléctricas y electrónicas, caucho y cerillas
Presentación	Sólido (cera)
Color	Blanquecino
Peso molecular	N/A
pH	N/A
Punto de ebullición	>300 °C
Punto de fusión	52-54 °C
Punto de inflamación	>200 °C
Densidad a 20°C	0,84 g/cm ³
Solubilidad a 25°C	Insoluble en agua
Almacenamiento	N/A
Información adicional	Estable bajo condiciones ambientales normales y en condiciones previsibles de temperatura y presión durante su almacenamiento y manipulación.
Clasificación NFPA	

Tabla 6. MSDS Miristato de isopropilo

Nombre común	Lanolina
Nombre químico	Lanolina
Fórmula química	N/A
N° CAS	8006-54-0
Usos	Se usa como componente de cremas, pomadas y jabones por sus propiedades emolientes, hidratantes y antisépticas
Presentación	Semisólido
Color	Amarillo
Peso molecular	104,11 g/mol
pH	N/A
Punto de ebullición	N/A
Punto de fusión	38-44 °C
Punto de inflamación	>113 °C
Densidad a 20°C	0,908 g/cm ³
Solubilidad a 25°C	Insoluble en agua
Almacenamiento	Mantener herméticamente cerrado en lugar fresco y seco
Información adicional	Producto estable
Clasificación NFPA	

Tabla 7. MSDS Lanolina

Nombre común	Miristato de isopropilo
Nombre químico	1-metiletil éster Isopropil éster de ácido mirístico
Fórmula química	$C_{17}H_{34}O_2$
N° CAS	110-27-0
Usos	Productos químicos de laboratorio Análisis químico Análisis farmacéutico
Presentación	Líquido
Color	Incoloro
Peso molecular	270,45 g/mol
pH	>6,5
Punto de ebullición	140 °C
Punto de fusión	0-1 °C
Punto de inflamación	>150 °C
Densidad a 20°C	0,85 g/cm ³
Solubilidad a 25°C	<0.05 mg/L
Almacenamiento	Mantener herméticamente cerrado en lugar fresco y seco
Información adicional	Evitar agentes oxidantes fuertes
Clasificación NFPA	

Tabla 8. MSDS Aceite de ricino

Nombre común	Aceite de ricino
Nombre químico	Ácido ricinoleico Ácido 12-hidroxi-9-cis-octadecenoico
Fórmula química	N/A
N° CAS	8001-79-4
Usos	Usado en la composición de pinturas, barnices, cosméticos, productos terapéuticos, lubricantes y combustibles de aviones, plásticos
Presentación	Líquido viscoso
Color	Amarillo
Peso molecular	282,46 g/mol
pH	N/A
Punto de ebullición	>300 °C
Punto de fusión	-10 °C
Punto de inflamación	>200 °C
Densidad a 20°C	0,957 g/cm ³
Solubilidad a 25°C	Insoluble en agua
Almacenamiento	Mantener herméticamente cerrado en lugar fresco y seco
Información adicional	Estable bajo condiciones ambientales normales y en condiciones previsibles de temperatura y presión durante su almacenamiento y manipulación.
Clasificación NFPA	

Tabla 9. MSDS Carmín de cochinilla

Nombre común	Carmín de cochinilla
Nombre químico	Ácido carmínico
Fórmula química	$C_{22}H_{20}O_{13}$
N° CAS	1390-65-4
Usos	Usado como colorante rojo
Presentación	Sólido
Color	Rojo
Peso molecular	492,39 g/mol
pH	1,6
Punto de ebullición	N/A
Punto de fusión	136 °C
Punto de inflamación	N/A
Densidad a 20°C	N/A
Solubilidad a 25°C	0,599 g/L
Almacenamiento	N/A
Información adicional	Estable bajo condiciones ambientales normales y en condiciones previsibles de temperatura y presión durante su almacenamiento y manipulación.
Clasificación NFPA	

Tabla 10. MSDS Vainillina

Nombre común	Vainillina
Nombre químico	4-hidroxi-3-metoxibenzaldehído
Fórmula química	C ₈ H ₈ O ₃
N° CAS	121-33-5
Usos	Usado como intermedio químico en la producción de productos farmacéuticos, cosméticos y otros productos químicos finos
Presentación	Sólido
Color	Amarillo claro
Peso molecular	152,15 g/mol
pH	4,3
Punto de ebullición	285 °C
Punto de fusión	81-83 °C
Punto de inflamación	159,8 – 160,8 °C
Densidad a 20°C	1,06
Solubilidad a 25°C	10 g/L
Almacenamiento	N/A
Información adicional	Almacenar en un lugar seco Riesgo de explosión en polvo
Clasificación NFPA	

ANEXO B: METODOLOGÍA

B.1. Diagrama de bloque

Un diagrama de bloque consiste en una representación sencilla del proceso de producción indicando las operaciones unitarias involucradas. Consiste en varios bloques (Uno por cada operación unitaria) unidos por líneas que representan las corrientes de entrada y salida del proceso. Los bloques se colocan de izquierda a derecha. Los diagramas de bloques de cada proceso están detallados en el Anexo C.

B.2. Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo muestra la simbología de las operaciones detalladas en los diagramas de bloque mostrados en el Anexo B.1. Además, muestra los componentes de las corrientes unificadas en una sola. Los equipos del proceso van unidos entre sí por flechas que representan las corrientes de flujo. Los diagramas de flujo de ambos procesos están detallados en el Anexo C.

B.3. Balance de masa

Para realizar el balance de masa es necesario aplicar la ecuación general

$$Entrada - Salida + Generación - Consumo = Acumulación \quad (1)$$

Debido a que el proceso no tiene generación, consumo ni acumulación, el balance de masa se resume en

$$Entrada = Salida \quad (2)$$

Para resolver el balance de masa es necesario asignar una base de cálculo, ya sea la alimentación o el producto final. En este caso, la base de cálculo es el producto final del proceso. Luego, es necesario basarse en el diagrama de bloque del proceso para determinar los caudales y las composiciones de cada corriente y así determinar las incógnitas que deben ser resueltas mediante el balance de masa. Para esto, es necesario comprobar que las unidades de los caudales de las corrientes sean los mismos en todos los casos.

Posteriormente, se debe realizar un análisis de grados de libertad tanto general como específico. Para determinar las ecuaciones necesarias, se debe realizar un balance de masa general del proceso y un balance de masa por cada operación unitaria. De manera que, se tenga al final un sistema de ecuaciones que permita resolver las incógnitas determinadas con anterioridad.

B.4. Balance de energía

Para el balance de energía es importante determinar el consumo energético y el tiempo de operación de cada uno de los equipos. Al ser un proceso netamente físico, es decir, que no conlleva reacciones químicas, se tomó en cuenta solamente la potencia de cada uno de los equipos usados en el diseño de la planta.

B.5. Análisis HAZOP

Se realiza un análisis preliminar del diseño de la planta para luego realizar un análisis más detallado de la misma. Para esto, es necesario realizar un análisis HAZOP para determinar la “peligrosidad” del proyecto. Este análisis permite decidir la instrumentación y los sistemas de control requeridos para que la operación de la planta se considere segura. Se realiza un estudio de operabilidad de la planta determinando las causas potenciales de accidentes, las posibles consecuencias y las acciones necesarias que se deben tomar. De esta manera, se deciden que sistemas de control son implementados en las líneas de proceso y en los equipos de la planta. El análisis detallado se encuentra en el Anexo C

B.6. Diagrama de Tuberías e Instrumentación (P&ID)

Luego de realizado el análisis HAZOP, se realiza el diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) que es un diagrama del proceso mucho más detallado que el diagrama de bloque y el diagrama de flujo. En este, es posible determinar los sistemas de control, las tuberías y los equipos. Las corrientes del proceso van codificadas en el diagrama y detalladas en la parte baja de éste. Los equipos de igual manera van codificados en el diagrama y detallados en la parte superior del P&ID. Los diagramas detallados se encuentran en el Anexo C.

B.7. Simulación del proceso de producción de labiales

Para simular el proceso de producción de labiales se utilizó el programa Aspen Plus. Sin embargo, se decidió realizar la simulación únicamente del proceso general de producción sin incluir el proceso de extracción de betalaína de remolacha. Esto, debido a la eficiencia del procedimiento.

Para esto, fue necesario crear los componentes que no se encuentran disponibles en la biblioteca del simulador. En este caso, se crearon todos los compuestos necesarios a excepción de la vainillina, ya que esta si se encontraba dentro de la biblioteca.

Ya dentro del ambiente de simulación, se debe crear cada una de las corrientes de entrada y salida de los equipos (Dos hornos de fundición y dos mezcladores). Además, se ingresan los datos correspondientes a las composiciones de cada componente dentro de las corrientes basadas en los datos calculados en el balance de masa. De igual manera, se ingresan las condiciones de operación, tanto de presión como de temperatura, para cada uno de los equipos. El resultado de ambas simulaciones se encuentra en el Anexo C.

B.8. Dimensionamiento de equipos

Para dimensionar los equipos se utilizan los datos calculados en el balance de masa y los obtenidos en la simulación con Aspen Plus. Cabe recalcar, que, al ser una planta de producción pequeña, los flujos máxicos y volumétricos obtenidos en el proceso son pequeños a nivel industrial. De manera que, se toma el mayor valor de cada uno para el dimensionamiento de los equipos. Es decir, el dimensionamiento de los equipos irá de acuerdo al menor dimensionamiento encontrado en el mercado.

B.9. Análisis económico

B.9.1. Métodos de estimación de costos

Estimación de costos por equipo

Para realizar el análisis económico de la planta, es necesario estimar los costos de los equipos necesarios en el proyecto. Para esto, se utilizó la siguiente ecuación

$$C_e = a + bS^n \quad (3)$$

Donde

C_e = Costo del equipo

a, b = Constantes de costo

S = Capacidad del equipo

n = Exponente para cada equipo

Todos estos valores pueden ser encontrados tabulados anteriormente. Además, hay que tomar en cuenta que los valores son para equipos de acero al carbono, por lo que es necesario utilizar un factor de coste de material de 1,3 para los equipos de acero inoxidable.

Estimación de costos por Factores de Lang

Los factores de Lang van relacionados al tipo de procesamiento que tiene la planta, los cuales se detallan a continuación

F=3,1 (~3) = Plantas procesamiento de sólidos

F=3,63 (~4) = Plantas procesamiento de sólidos y fluidos mezclados

F=4,74 (~5) = Plantas procesamiento de fluidos

En este caso, se toma el valor de 4, ya que la planta procesa sólidos y fluidos mezclados. Con esto, se aplica la siguiente ecuación para la estimación de costos

$$C = F \left(\sum C_e \right) \quad (4)$$

Estimación de costos por método de recuento de etapas

Se puede hacer una estimación de magnitud en caso de que no estén disponibles los datos de costos de procesos similares utilizando las siguientes ecuaciones dependiendo del caso. En el caso de que la capacidad de la planta sea mayor a 60 000 ton/año, se debe usar la ecuación 5, y si la capacidad de la planta es menor a 60 000 ton/año, se debe usar la ecuación 6. De esta manera, es posible calcular el costo capital ISBL del proyecto.

$$C_{ISBL} = 3200 N \left(\frac{Q}{5}\right)^{0,675} \quad (5)$$

$$C_{ISBL} = 280\,000 N \left(\frac{Q}{5}\right)^{0,3} \quad (6)$$

En este caso, se utilizó la ecuación 6, ya que la capacidad de la planta es menos a 60 000 ton/año.

Estimación de costos por método factorial detallado

Este método toma en cuenta diversos costos directos que incurren en la construcción de la planta como puede ser el montaje del equipo, tuberías, electricidad, instrumentos y sistemas de control, edificios, almacenamiento de materias primas, servicios, entre otras cosas.

Para realizar la estimación de costos por este método se utiliza la ecuación 7, en donde se multiplica el costo de los equipos por el factor de material y los factores de instalación.

$$C = \sum C_e [(1 + f_p)f_m + (f_{er} + f_{el} + f_i + f_c + f_s + f_l)] \quad (7)$$

Donde,

C_e = Costo del equipo

f_p = Factor de instalación para las tuberías

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

f_{el} = Factor de instalación para el trabajo eléctrico

f_i = Factor de instalación para la instrumentación y el control del proceso

f_c = Factor de instalación para el trabajo de ingeniería civil

f_s = Factor de instalación para las estructuras y edificios

f_l = Factor de instalación para protección, aislamiento o pintura

B.9.2. Inversión de capital fijo

La inversión de capital fijo es el costo total del diseño, construcción e instalación de la planta. Igualmente, considera las modificaciones necesarias para la adecuación del terreno donde se va a ubicar la planta.

Costos ISBL (Inside Battery Limits)

Los costos ISBL toman en cuenta los costos de adquisición e instalación de los equipos necesarios para la instalación de la planta. Se consideran los costos de campo directos e indirectos. Estos costos se calculan a partir de la estimación de costos por equipos y los factores detallados.

Costos OSBL (Outside Battery Limits)

Estos costos incluyen los costos adicionales del proyecto incluyendo subestaciones eléctricas, plantas de generación de electricidad, torres de refrigeración, tuberías de agua, seguridad, etc. Generalmente se calculan como una proporción de los costos ISBL y se toma un valor de 40% si no se conocen los detalles del lugar.

$$C_{OSBL} = 40\% C_{ISBL} \quad (8)$$

Costos de ingeniería

Incluyen los costos del diseño detallado y servicios extra de ingeniería que se requieren para que el proyecto se lleve a cabo. Estos costos incluyen sistemas de tuberías, sistemas de control, adquisición de equipos, supervisión de construcción, gastos administrativos, gastos de manutención, etc. Para calcular los costos de ingeniería se toma el 30% del costo ISBL más el costo OSBL.

$$C_{ING} = 30\% (C_{ISBL} + C_{OSBL}) \quad (9)$$

Capital de trabajo

Es el dinero adicional necesario para poner en marcha la planta hasta obtener ingresos. Este capital incluye el valor de inventario de materias primas, valor de producto y subproducto, cuentas a cobrar y créditos para cuentas pendientes.

B.9.3. Costos de producción

Costos variables

Estos costos son proporcionales al rendimiento de la planta e incluyen las materias primas, servicios para los equipos, consumibles (disolventes, ácidos, bases, etc.), eliminación de efluentes, embalaje y transporte.

Costos fijos

Estos costos no toman en cuenta la producción real de la planta e incluye el trabajo de operación, supervisión, gastos salariales directos, mantenimiento, impuestos, alquiler de tierra, gastos medioambientales, etc.

B.9.4. Ingresos, márgenes y beneficios

Los ingresos se basan en los ingresos generados por las ventas de los productos principales del proceso.

Margen bruto

Es la suma de los ingresos del producto y los subproductos generados menos los costos de adquisición de las materias y se calcula con la siguiente ecuación

$$\textit{Margen bruto} = \textit{Ingresos} - \textit{Costos materias primas} \quad (10)$$

Beneficio bruto

Para calcular el beneficio bruto del proyecto es necesario calcular primero el costo efectivo de producción (CCOP), que es la suma de todos los costos fijos y variables de producción. Se calcula con la ecuación 11

$$CCOP = VCOP + FCOP \quad (11)$$

Por tanto, el beneficio bruto se calcula como la diferencia entre los ingresos del producto principal menos el CCOP como se indica en la siguiente ecuación

$$Beneficio\ bruto = Ingresos\ producto\ principal - CCOP \quad (12)$$

Beneficio neto

El beneficio neto es la cantidad de dinero que queda luego de pagar los impuestos y se calcula con la siguiente ecuación

$$Beneficio\ neto = Beneficio\ bruto - Impuestos \quad (13)$$

B.9.5. Análisis de recuperación de capital

Flujo de caja

El flujo de caja incluye los ingresos y egresos del proyecto determinando las deudas a corto y largo plazo para saber el tiempo de recuperación de la inversión inicial del proyecto. Es decir, nos indica el tiempo en años necesario para que los ingresos superen a los egresos.

Valor Actual Neto (VAN)

Es la suma de los valores del flujo de cada acumulado en un tiempo determinado. Este valor indica si el proyecto es rentable ($VAN > 0$), o no rentable ($VAN < 0$). Se calcula con la siguiente ecuación

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+k)} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+k)^n} \quad (14)$$

Donde,

VAN = Valor Actual Neto

A = Inversión inicial

Q = Flujo de caja en el año n

n = Año de operación

k = Tasa de descuento

Tasa Interna de Retorno

Es la tasa de descuento necesaria para que el Valor Catual Neto (VAN) sea igual a 0, es decir, los gastos y los ingresos del proyecto sean iguales. Se calcula igualando a cero la ecuación 14.

ANEXO C: CÁLCULOS

C.1. Diagrama de bloque

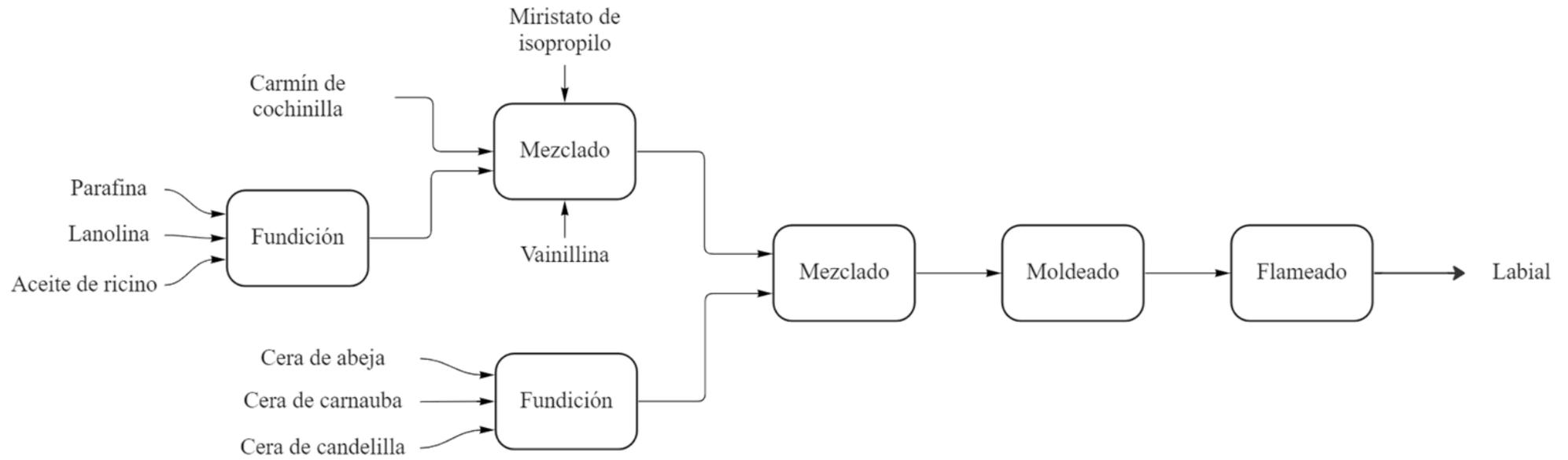


Figura 4. Diagrama de bloque de producción de labiales con carmín

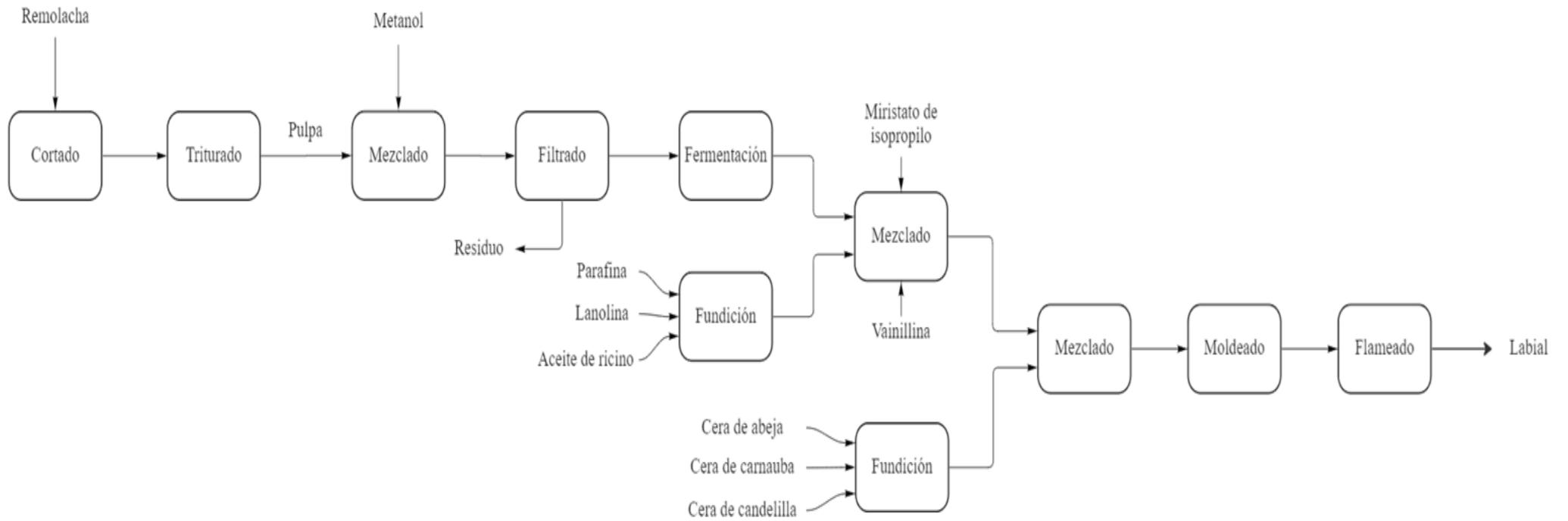


Figura 5. Diagrama de bloque de producción de labiales con remolacha

C.2. Diagrama de flujo

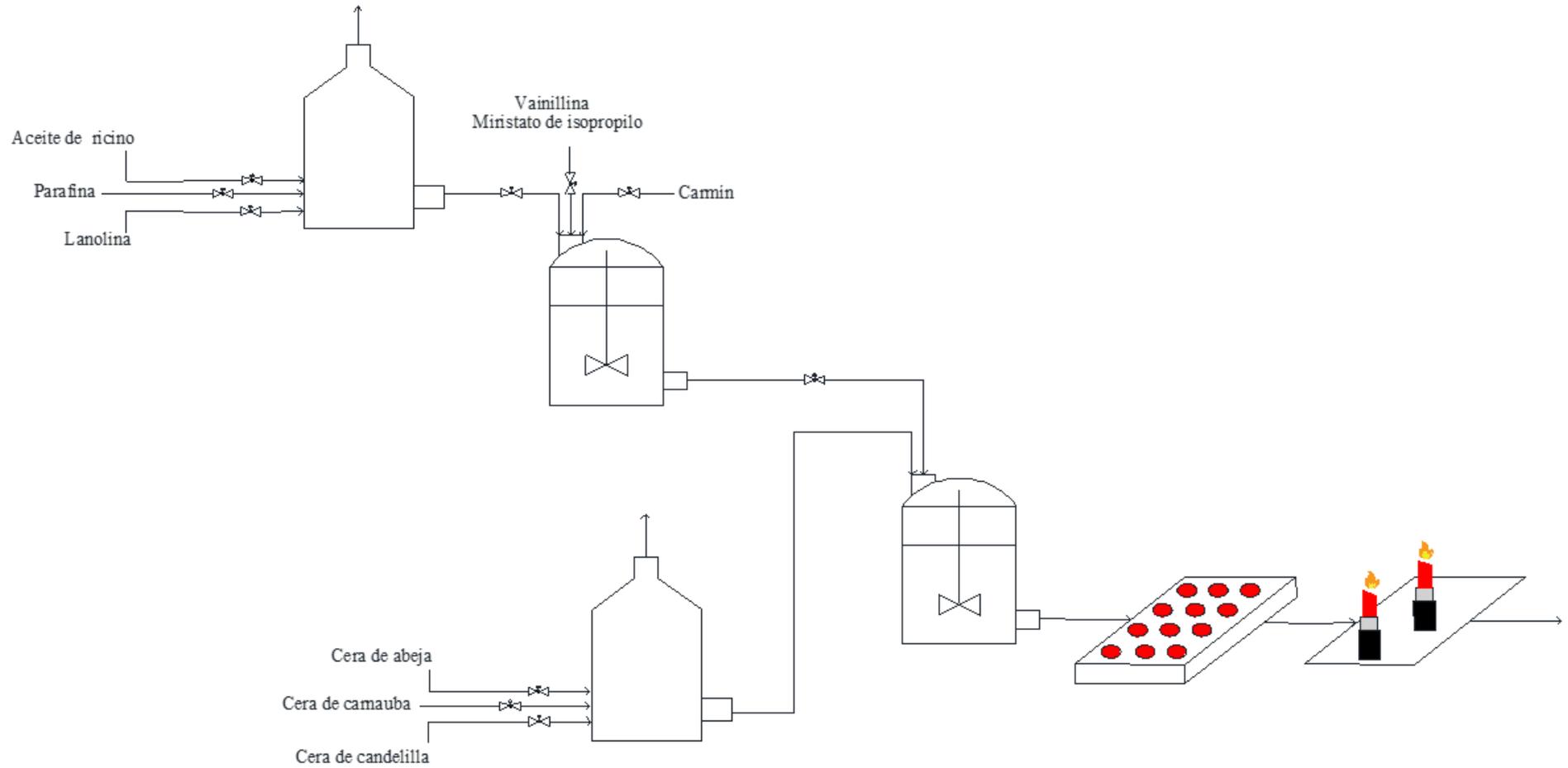


Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de producción de labiales con carmín

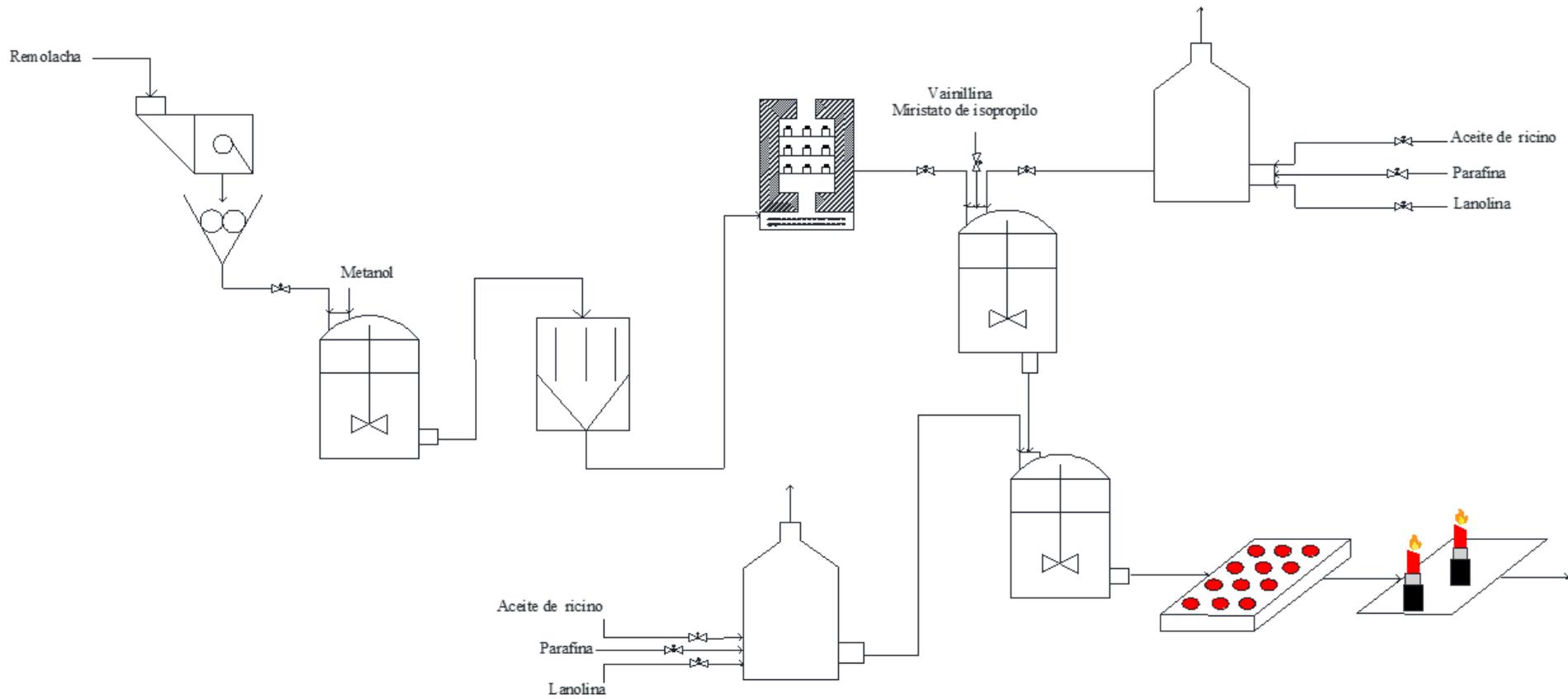


Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de producción de labiales con remolacha

C.3. Balance de masa

Tabla 11. Resumen de balance de masa para labiales con carmín

Opción A (Carmín de cochinilla)				
Corriente	Descripción	Flujo másico (kg/h)	Composición	Flujo másico componente (kg/h)
m ₁	Parafina	2,464	0,047	0,116
	Lanolina		0,071	0,176
	Aceite de ricino		0,881	2,172
m ₂	Cera de abeja	0,648	0,191	0,124
	Cera de carnauba		0,259	0,168
	Cera de candelilla		0,549	0,356
m ₃	Vainillina	0,408	0,265	0,108
	Miristato de isopropilo		0,735	0,300
m ₄	Carmín de cochinilla	0,480	1,000	0,480
m ₁₆	Labial	3,819	1,000	1,000

Tabla 12. Resumen de balance de masa para labiales con remolacha

Opción B (Remolacha)				
Corriente	Descripción	Flujo másico (kg/h)	Composición	Flujo másico componente (kg/h)
m ₁	Remolacha	0,320	1,000	0,320
m ₂	Metanol	2,535	1,000	2,535
m ₄	Parafina	1,643	0,047	0,077
	Lanolina		0,071	0,117
	Aceite de ricino		0,881	1,448
m ₅	Vainillina	0,272	0,265	0,072
	Miristato de isopropilo		0,735	0,200
m ₆	Cera de abeja	0,432	0,191	0,083
	Cera de carnauba		0,259	0,112
	Cera de candelilla		0,549	0,237
m ₂₄	Labial	2,543	1,000	1,000

C.4. Balance de energía

Tabla 13. Especificaciones de potencia requerida para cada equipo

Equipo	Especificación	Potencia [kW]	Tiempo de operación [h/año]	Energía anual [kWh/año]
HF-01	Horno de	3	1500	4500
HF-02	Horno de	3	1500	4500
MX-01	Mezclador 1	18	1500	27000
MX-02	Mezclador 2	18	1500	27000
CR-01	Triturador 1	5,5	600	3300
CR-02	Triturador 2	5,5	600	3300
MX-03	Mezclador 3	18	600	10800
IN-01	Incubadora	15	600	9000
			Total	89400

C.5. Análisis HAZOP

El análisis HAZOP presentado en la tabla 18 corresponde al proceso general de producción de labiales, ya que este se lo usa en ambos casos (labiales rojos y rosados). La tabla 19 presenta el análisis HAZOP realizado únicamente al proceso de extracción de betalaína de la remolacha.

Tabla 14. Análisis HAZOP para producción de labiales con carmín

Palabra guía	Desviaciones	Causas potenciales	Posibles consecuencias	Acciones necesarias
Horno de fundición 1 – Línea 101				
Intención: Corriente de entrada de parafina, lanolina y aceite de ricino al horno de fundición 1				
MENOS DE	Circulación	Flujo parcialmente bloqueado	Pérdida de materia prima líquida (Aceite de ricino)	Colocar un indicador de presión
MÁS	Circulación	Flujo no controlado	Exceso de materia prima en el mezclador 1	Colocar un indicador de caudal Colocar una válvula de caudal
MÁS	Nivel	Flujo excesivo de materia prima	Desbordamiento	Colocar un indicador de nivel
Horno de fundición 1 – Línea 102				
Intención: Transferir flujo del horno de fundición 1 al mezclador 1				
MÁS	Circulación	Flujo no controlado	Paso excesivo de corriente hacia el mezclador 1 Rápido vaciado del horno de fundición 1	Colocar un indicador de caudal Colocar una válvula de caudal

Mezclador 1 – Línea 103				
Intención: Corriente de entrada de vainillina y miristato de isopropilo al mezclador 1				
MENOS DE	Circulación	Flujo parcialmente bloqueado	Pérdida de materia prima	Colocar un indicador de presión
MÁS	Circulación	Flujo no controlado	Exceso de materia prima en el mezclador 1	Colocar un indicador de caudal Colocar una válvula de caudal
MÁS	Nivel	Flujo excesivo de materia prima	Desbordamiento	Colocar un indicador de nivel
Horno de fundición 2 – Línea 105				
Intención: Corriente de entrada de cera de abeja, cera de carnauba y cera de candelilla al horno de fundición 2				
MÁS	Nivel	Flujo excesivo de materia prima	Desbordamiento	Colocar un indicador de nivel
Mezclador 2 – Línea 106				
Intención: Transferir flujo del mezclador 1 al mezclador 2				
MENOS DE	Circulación	Flujo parcialmente bloqueado	Pérdida de flujo de corriente	Colocar un indicador de presión
MÁS	Circulación	Flujo no controlado	Exceso de materia corriente en el mezclador 2	Colocar un indicador de caudal Colocar una válvula de caudal
MÁS	Nivel	Flujo excesivo de corriente	Desbordamiento	Colocar un indicador de nivel
Mezclador 2 – Línea 107				
Intención: Transferir flujo del horno de fundición 2 al mezclador 2				
MÁS	Circulación	Flujo no controlado	Paso excesivo de corriente hacia el mezclador 2 Rápido vaciado del horno de fundición 2	Colocar un indicador de caudal Colocar una válvula de caudal

Tabla 15. Análisis HAZOP para producción de labiales con remolacha

Palabra guía	Desviaciones	Causas potenciales	Posibles consecuencias	Acciones necesarias
<p style="text-align: center;">Mezclador 1– Línea 108 Intención: Corriente de entrada de metanol al mezclador 1</p>				

MENOS DE	Circulación	Flujo parcialmente bloqueado	Pérdida de materia prima	Colocar un indicador de presión
MÁS	Circulación	Flujo no controlado	Exceso de materia prima en el mezclador 1	Colocar un indicador de caudal Colocar una válvula de caudal
MÁS	Nivel	Flujo excesivo de materia prima	Desbordamiento	Colocar un indicador de nivel
<p>Filtro – Línea 113 Intención: Transferir flujo del mezclador 1 al filtro</p>				
MÁS	Circulación	Flujo no controlado	Paso excesivo de corriente hacia el mezclador 1 Rápido vaciado del horno de fundición 1	Colocar un indicador de caudal Colocar una válvula de caudal
<p>Filtro – Línea 114 Intención: Eliminar residuo de filtración</p>				
MENOS DE	Circulación	Flujo parcialmente bloqueado	No hay suficiente descarga de residuo	Colocar una válvula de caudal Colocar un indicador de caudal

C.6. Diagrama de Tuberías e Instrumentación (P&ID)

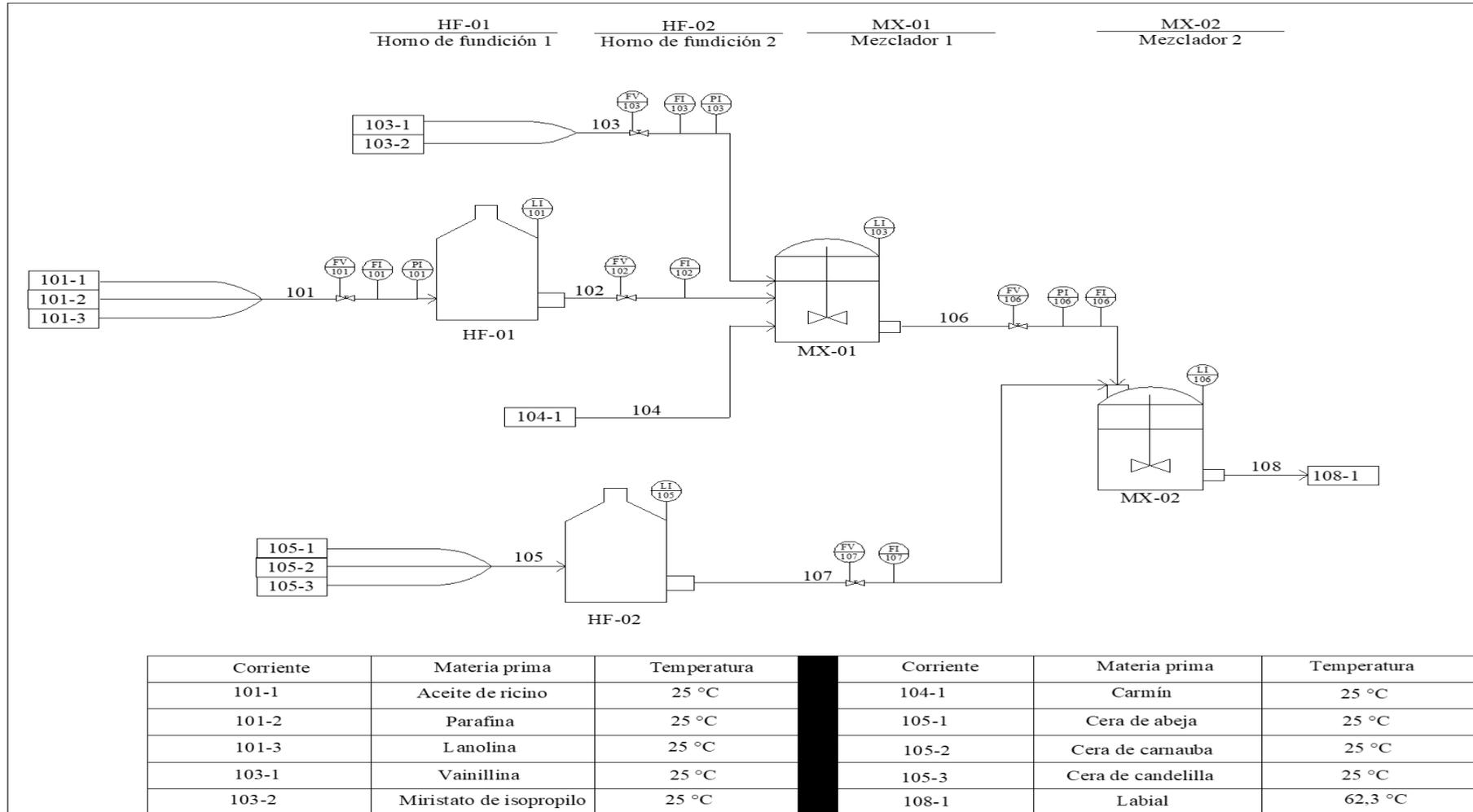


Figura 8. Diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) para el proceso de producción de labiales con carmín

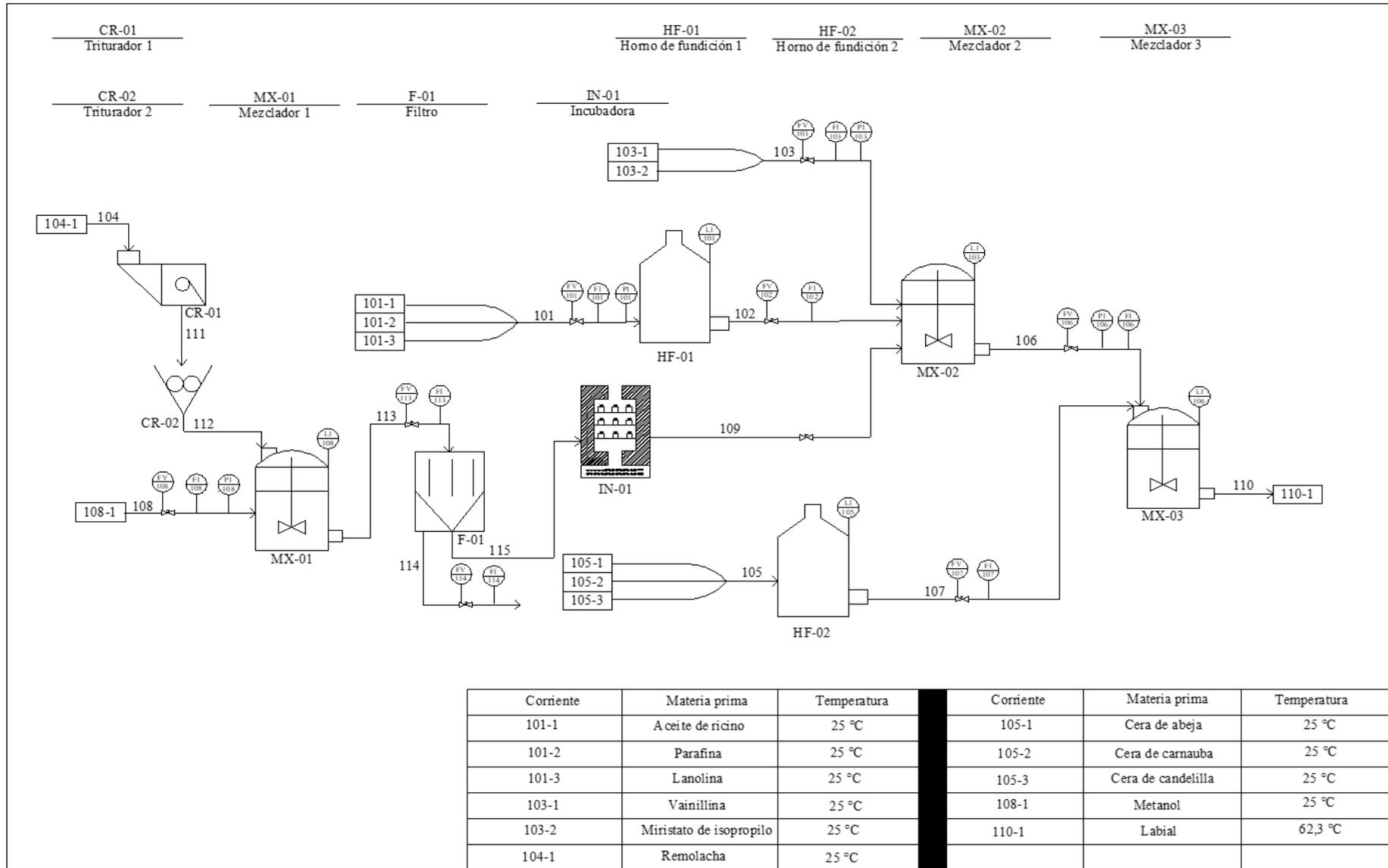


Figura 9. Diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) para el proceso de producción de labiales con remolacha

C.7. Simulación del proceso de producción de labiales

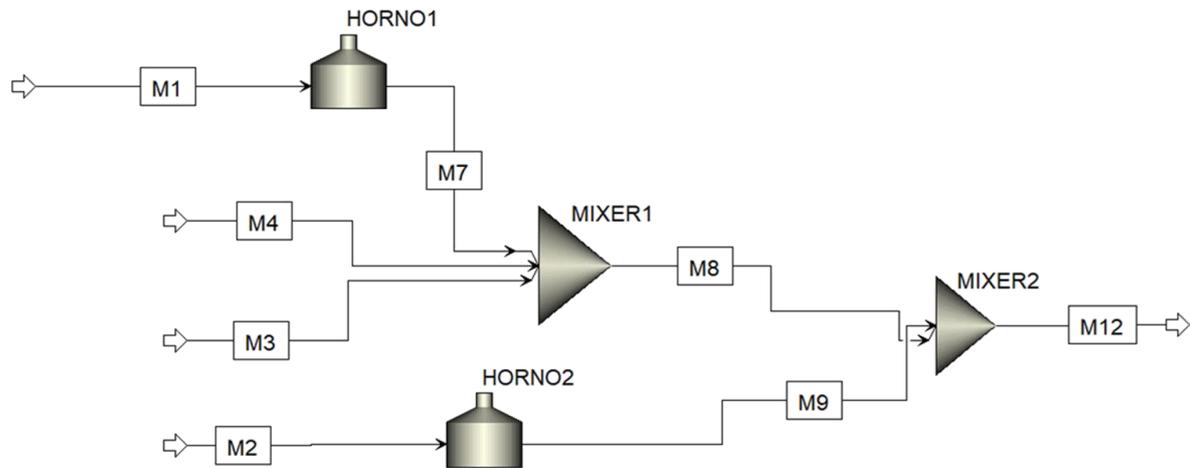


Figura 10. Simulación del proceso de producción de labiales con carbón

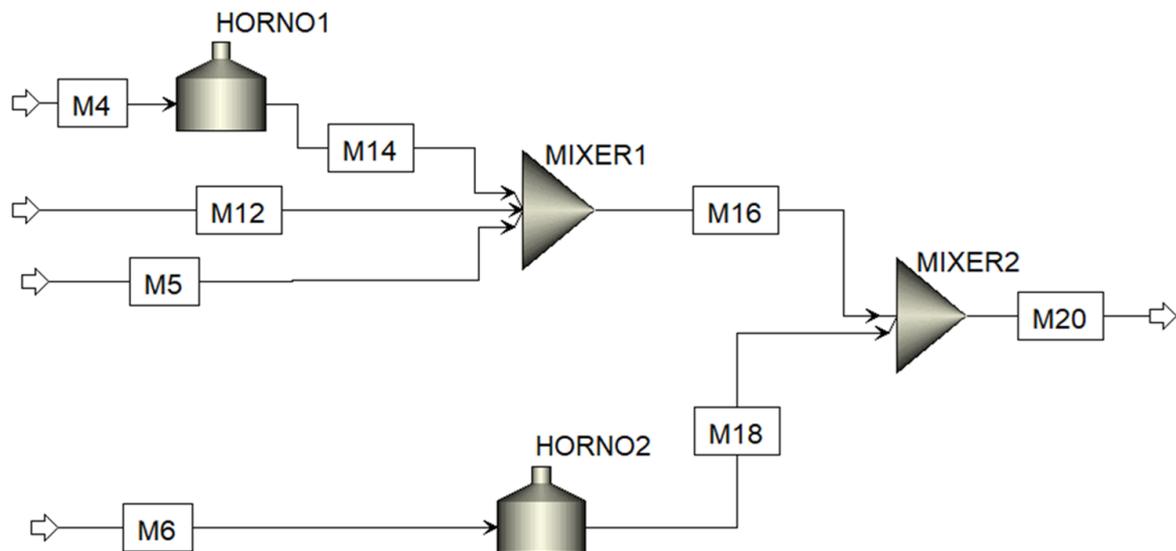


Figura 11. Simulación del proceso de producción de labiales con remolacha

C.8. Dimensionamiento de equipos

La simulación realizada nos permite conocer valores del flujo másico, flujo volumétrico, densidad y potencia para los hornos de fundición del proceso, y los mismos datos, a excepción de la potencia para los mezcladores. En la tabla 20 se presentan los datos para cada uno de los equipos en cada uno de los procesos.

Tabla 16. Datos de equipos para proceso de producción de labiales con carmín

Equipo	Horno 1	Horno 2	Mezclador 1	Mezclador 2
Flujo másico $\left(\frac{kg}{h}\right)$	2,464	0,648	3,352	4
Flujo volumétrico $\left(\frac{L}{min}\right)$	0,04	0,028	0,051	0,0739
Densidad $\left(\frac{mol}{cm^3}\right)$	$4,15 \times 10^{-3}$	$8,64 \times 10^{-4}$	$5,1 \times 10^{-3}$	$4,1 \times 10^{-3}$
Potencia (kW)	3,04	$1,33 \times 10^{-2}$	-	-

Tabla 17. Datos de equipos para proceso de producción de labiales con remolacha

Equipo	Horno 1	Horno 2	Mezclador 1	Mezclador 2
Flujo másico $\left(\frac{kg}{h}\right)$	1,643	0,432	2,232	2,66
Flujo volumétrico $\left(\frac{L}{min}\right)$	0,022	0,2689	0,033	0,29
Densidad $\left(\frac{mol}{cm^3}\right)$	$4,69 \times 10^{-3}$	N/A	$4,11 \times 10^{-3}$	-
Potencia (kW)	$4,97 \times 10^{-2}$	$1,07 \times 10^{-2}$	-	-

C.9. Análisis económico

C.9.1. Métodos de estimación de costos

Estimación de costos por equipo

Tabla 18. Estimación de costos por equipos para producción de labiales con carmín

Proceso general producción de labiales								Ce=a+bS^n			
Equipo	Componentes	Unidades S	Valor S	a	b	n	Ce Unidad	#unidades	Costo total del equipo	fm	Costo total
Horno de fundición	Horno	MW	0,04	37000	95000	0,8	43649	2	87298	1,3	113488
Mixer	Mezclador con agitación de hélice	kW	18	15000	990	1,05	35591	2	71181	1,3	92536
Máquina de flameado	Máquina de acabado para cosméticos	m ³	10	5000	1400	0,7	12017	1	12017	1,3	15622
Válvula	Flanged Full Port Pressure Reducing Control Valve, 8 in Pipe Size	m ²	#	#	#	#	6648	5	33240	1,3	43212
											264857

Tabla 19. Estimación de costos por equipos para producción de labiales con remolacha

Extracción de betacianina (Sin contar proceso general)								Ce=a+bS^n			
Equipo	Componentes	Unidades S	Valor S	a	b	n	Ce Unidad	#unidades	Costo total del equipo	fm	Costo total
Trituradoras	Pulverizador	kg/h	320	14000	590	0,5	24554	2	49108	1,3	63841
Mixer	Mezclador con agitación de hélice	kW	18	15000	990	1,05	35591	2	71181	1,3	92536
Filtro	Filtro de tambor	m ²	10	-63000	80000	0,3	96621	1	96621	1,3	125607
Incubadora	Tanque de techo cónico	m ³	8	5000	1400	0,7	11002	1	11002	1,3	14303
Válvula	Flanged Full Port Pressure Reducing Control Valve, 8 in Pipe Size	m ²	#	#	#	#	6648	3	19944	1,3	25927
											322214

Estimación de costos por Factores de Lang

Tabla 20. Estimación de costos por Factores de Lang

Factores de Lang		
C _{ISBL} (MMUSD)	Tipo de procesamiento	F
1,81	Sólidos - Fluidos	4

Estimación de costos por método de recuento de etapas

Tabla 21. Estimación de costos por método de recuento de etapas

Método de recuento de etapas			
C _{ISBL} (MMUSD)	N	Q	s
5,59	10	10,00	1
Mínimo	2,79		
Máximo	8,38		

Estimación de costos por método factorial detallado

Tabla 22. Estimación de costos por método factorial detallado

Método factorial detallado		
C _{ISBL} (MMUSD)	Tipo de procesamiento	F
2,63	Sólidos - Fluidos	5,82

C.9.2. Inversión de capital fijo

Tabla 23. Inversión de capital fijo

OSBL	375725,50
Ingeniería y construcción	281794,12
Imprevistos	263007,85
Inversión capital fijo (MMUSD)	2,99

C.9.3. Costos de producción

Costos variables

Tabla 24. Costos fijos y variables de producción

FCOP	1,29E+06
VCOP	
Labor operación	850
Costos energía	822480
Gastos administrativos	425,00
Gastos salariales directos	425,00
Mantenimiento	56358,82
Impuesto propiedad	18786,27
Alquiler tierra	26300,78
Gastos generales planta	57049,45
Gastos medioambientales	26300,78
Costos de producción (CCOP) (MMUSD)	2,30

C.9.4. Ingresos, márgenes y beneficios

Margen bruto

Tabla 25. Margen bruto por unidad y margen bruto anual

Margen bruto por unidad Labiales con carmín		
Margen bruto (USD/unidad)	Ingresos (USD/unidad)	Costos MP (USD/unidad)
5,71	6,00	0,29

Margen bruto por unidad Labiales con remolacha		
Margen bruto (USD/unidad)	Ingresos (USD/unidad)	Costos MP (USD/unidad)
4,73	5,00	0,27

Margen bruto anual		
Margen bruto (MUSD/año)	Ingresos (MUSD/año)	Costos MP (MUSD/año)
12,46	13,75	1,29

Beneficio bruto

Tabla 26. Beneficio bruto anual del proyecto

Beneficio bruto anual		
Beneficio bruto (MMUSD)	Ingresos (MMUSD)	CCOP (MMUSD)
11,45	13,75	2,30

Beneficio neto

Tabla 27. Beneficio neto del proyecto

Beneficio neto		
Beneficio neto (MMUSD)	Beneficio bruto (MMUSD)	Impuestos
11,33	11,45	0,12

Flujo de caja

Tabla 28. Flujo de caja del proyecto

Flujo de caja						
Año	Beneficio bruto [MM\$]	Cargas de depreciación Di [MM\$]	Ingresos gravables [MM\$]	Impuestos pagados [MM\$]	Flujo de caja [MM\$]	Flujo caja acumulativo [MM\$]
0	0	0	0	0	-2,99	-2,99
1	11,45	0,60	10,85	0	11,45	8,46
2	11,45	0,60	10,85	1,30	10,15	18,61
3	11,45	0,60	10,85	1,30	10,15	28,76
4	11,45	0,60	10,85	1,30	10,15	38,91
5	11,45	0,60	10,85	1,30	10,15	49,05
Tiempo recuperación					5	
Impuestos					0,12	

Valor Actual Neto (VAN)

Tabla 29. Valor Actual Neto (VAN) del proyecto

VAN							
Año	Beneficio bruto [MM\$]	Cargas de depreciación Di [MM\$]	Ingresos gravables [MM\$]	Impuestos pagados [MM\$]	Flujo de caja [MM\$]	Factor de descuento (1+i) ⁻ⁿ	Valor actual del CF [MM\$]
0	0	0	0	0	-2,99	1,00	-2,99
1	11,45	0,60	10,85	0	11,45	0,89	10,22
2	11,45	0,60	10,85	1,30	10,15	0,80	8,09
3	11,45	0,60	10,85	1,30	10,15	0,71	7,22
4	11,45	0,60	10,85	1,30	10,15	0,64	6,45
5	11,45	0,60	10,85	1,30	10,15	0,57	5,76
VAN							34,76
Interés							0,12

Tasa Interna de Retorno

Para calcular la tasa interna de retorno se optó por un método manual debido a su eficiencia y precisión de cálculo. Para esto se utilizó la ecuación 14 y se la igualó a 0. Se debe tomar en cuenta que los valores están en millones de dólares.

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+k)} + \frac{Q_2}{(1+k)^2} + \frac{Q_3}{(1+k)^3} + \frac{Q_4}{(1+k)^4} + \frac{Q_5}{(1+k)^5} = 0$$

$$-2,99 + \frac{11,02}{(1+k)} + \frac{9,77}{(1+k)^2} + \frac{9,77}{(1+k)^3} + \frac{9,77}{(1+k)^4} + \frac{9,77}{(1+k)^5} = 0$$

$$k = 3,593 \rightarrow 359,3\%$$

ANEXO D: MISCELÁNEOS

D.1. Cotización de equipos



Horno de Burnout de joyería para inversión, horno de Burnout de joyería de quema de polvo para fundición de cera perdida

1 - 1 Unidades	2 - 9 Unidades	>= 10 Unidades
640,00 US\$	625,00 US\$	595,00 US\$

PayPal OFFER Ahorre hasta US \$ 30 de descuento con PayPal >

Beneficios: Reembolsos rápidos en pedidos de menos de 1000 USD. [Reclamar ahora >](#)

Número de Modelo:

Plazo de entrega:

Figura 12. Detalle de costo de adquisición de horno de fundición

Descripción general

Detalles rápidos

Lugar del origen:	Guangdong, China	Condición:	Nuevo
Tipo de máquina:	Burnout horno para la cera perdida	Video saliente de inspección:	Siempre
: Informe de prueba:	Siempre	Marketing tipo:	Nuevo Producto 2020
Garantía de los componentes principales.:	1 año	Los componentes principales.:	Motor
Voltaje:	220V	Marca:	HASUNG
Dimensión (L*W*H):	Tamaño externo: 50x52x52,5 cm. Tamaño interno: 30...	Energía (W):	3KW
Clave de puntos de venta:	Componentes principales son original de Japón y Ale...	Garantía:	2 años
Industrias aplicables:	De herramientas y equipos	Exposición de ubicación:	None
Tensión de:	220V	Peso (KG):	80
La capacidad de:	2pcs 4 "x 9" frascos	Aplicación:	Burnout horno para la cera perdida
Poder:	3kw	Función:	Yeso burnout
		Uso:	Joyería de yeso molde
		Temperatura máxima:	1100C

Figura 13. Descripción general del horno de fundición



Tanque de mezcla con agitador superior, 50L - 5000L

☺ Ver más

FOB Referencia Precio: [Consiga El Último Precio](#)

1.000,00 US\$ - 5.000,00 US\$ / Set | 1 Set/Sets (Pedido mínimo)

PayPal OFFER Ahorre hasta US \$ 30 de descuento con PayPal >

Beneficios: Cupones de USD 500 [Reclamar ahora >](#)

Número de Modelo: [View all 12 options v](#)

Figura 14. Detalle de costo de adquisición de tanque de mezcla

Descripción general

Detalles rápidos

Tipo de mezclador:	Agitador	Barril de volumen (L):	1000 L
Material procesado:	Productos Químicos, Comida, La medicina	Max de carga volumen (L):	5000 L
Rango de velocidad del husillo (r. p. A m):	1 - 2900 r.p.m	Capacidad de cargamento máxima:	5000L
Peso (KG):	100 KG	Material:	SUS304, SUS304L, SUS316, SUS316L
Condición:	Nuevo	Tipo de producto:	Cosmética
Uso:	Líquido	Capacidades adicionales:	heating
Lugar del origen:	Zhejiang, China	Marca:	QIANGZHONG
Voltaje:	110V~480V	Dimensión (L*W*H):	Customized
De la potencia (kW):	18 kW	Garantía:	1 año
Clave de puntos de venta:	Multifuncional	Industrias aplicables:	Planta de fabricación, Alimentos y Bebidas de la fabri...
Exposición de ubicación:	None	Marketing tipo:	Other
		: Informe de prueba:	Siempre

Figura 15. Descripción general del tanque de mezcla



Máquina trituradora de azúcar, pulverizador de polvo, molinillo de Chile, trituradora de alimentos

☺

>= 1 Sets

998,00 US\$

PayPal OFFER Ahorre hasta US \$ 30 de descuento con PayPal >

Beneficios: Regalo de cupón de 3 días: hasta US \$80 de descuento [Reclamar ahora >](#)

Número de Modelo:

Muestras: **998,00 US\$/Set** | Pedido mínimo : 1 Set | [Comprar muestras](#)

Figura 16. Detalle de costo de adquisición de trituradora

Descripción general

Detalles rápidos

Salida (kg/h):	20 - 1500 kg/h	Alimentación tamaño (mm):	10 - 12 mm
Tamaño de salida (malla):	30 - 150 mesh	De la potencia (kW):	5,5
Material:	SUS304	Rango de velocidad del husillo (r. p. A m):	2000 - 5200 r.p.m
Condición:	Nuevo	Aplicación:	La medicina de procesamiento, De procesamiento de ...
Tipo de producto:	Pulverizador	Tipo:	Pulverizador
Marca:	Sinoped	Lugar del origen:	China
Dimensión (L*W*H):	560*380*820	Voltaje:	220V/380V
Garantía:	1 año	Peso (KG):	300 KG
Industrias aplicables:	Planta de fabricación, Reparación de maquinaria tien...	Clave de puntos de venta:	Fácil de operar
Marketing tipo:	Producto ordinario	Exposición de ubicación:	None
Video saliente de inspección:	Siempre	: Informe de prueba:	Siempre
		Garantía de los componentes:	1 año

Figura 17. Descripción general de la trituradora



Separador de líquidos sólidos de alta eficiencia serie YZ tipo 450 Pantalla de filtro vibratorio de lechada

€€ [Ver más](#)

FOB Referencia Precio: [Consiga El Último Precio](#)

500,00 US\$ - 1.100,00 US\$ / Set | 1 Set/Sets (Pedido mínimo)

PayPal OFFER Ahorre hasta US \$ 30 de descuento con PayPal >

Beneficios: US \$10 de descuento con un nuevo proveedor [Reclamar ahora >](#)

Número de Modelo

Figura 18. Detalle de costo de adquisición del separador

Descripción general

Detalles rápidos

Industrias aplicables:	Chemical, Food, Metallurgy, Activated Carbon	Exposición de ubicación:	Malasia
Video saliente de inspección:	Siempre	: Informe de prueba:	Siempre
Garantía de los componentes principales.:	1 año	Marketing tipo:	Hot Product 2021
Tipo:	circular	Los componentes principales.:	Motor
Lugar del origen:	Henan, China	Condición:	Nuevo
Voltaje:	110V / 220V / 380V / As client's demand	Uso:	Material filter grading
Peso:	40 KG	Marca:	Yuanzhen
Product name:	450 Round Filter Sifter Vibrating Screen Machine For ...	Dimensión (L*W*H):	500*500*600mm
		Garantía:	1 año

Figura 19. Descripción general del separador



Q Ver imagen más grande

Circulador de refrigeración de laboratorio, Enfriador de calefacción de 8L, 10L, 15L, 18L, 22L, 30L

CE [Ver más](#)

FOB Referencia Precio: [Consiga El Último Precio](#)

3.000,00 US\$ - 8.800,00 US\$ / Unidad | 1 Unidad/Unidades (Pedido mínimo)

PayPal OFFER
Ahorre hasta US \$ 30 de descuento con PayPal
>

Beneficios: [Reembolsos rápidos en pedidos de menos de 1000 US\\$](#) [Reclamar ahora >](#)

Color Blanco

Figura 20. Detalle de costo de adquisición de la incubadora

Descripción general

Detalles rápidos

Garantía:	1 año	Clasificación:	Dispositivos termostáticos de laboratorio
Soporte personalizado:	OEM, ODM, OBM	Marca:	LNEYA
Lugar del origen:	Jiangsu, China	Número de Modelo:	HR-25N/HR-35N/HR-50N/HR-70N/HR-100N/HR-150N
Rango de temperatura:	-25 ~ 200 °C (opcional: -45 ~ 250 °C)	Nombre del producto:	8L 10L 15L 18L 22L 30L Calefacción de enfriamiento ...
Potencia de calefacción:	2,5 ~ 15kw	Precisión de temperatura:	± 0,5 °C
Circulante de la bomba:	20 ~ 110L/min 2,5 bar	Compresor:	Copeland/Emerson/TECUMSEH/es una colección de ...
Tamaño:	50*85*130 ~ 80*120*185CM	La potencia de refrigeración:	1 ~ 15KW o personalización
		Poder:	220V/380V 50HZ o personalización
		Refrigerante:	R404A/R507C

Figura 21. Descripción general de la incubadora