

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Estudio de pre-factibilidad de una planta de micro encapsulación
de licopeno a base de manteca de cacao para su uso en una crema
cosmética.**

Trabajo de Fin de Carrera

Ingeniería Química

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito

para la obtención del título de

Ingeniera Química

Quito, de mayo de 2020

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

HOJA DE CALIFICACIÓN

DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

Estudio de pre-factibilidad de una planta de micro encapsulación de licopeno a base de manteca de cacao para su uso en una crema cosmética.

Indira Yolanda Llerena Cueva

Nombre del profesor, Título académico

Juan Diego Fonseca, PhD.

José Álvarez, PhD.

Quito, 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 las Políticas indicadas..

Por lo expuesto, 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: Indira Yolanda Llerena Cueva

Código: 00132700

Cédula de Identidad: 1723260889

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UNPUBLISHED DOCUMENT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>.

RESUMEN

Este documento presenta el diseño y estudio de factibilidad de una planta de microencapsulación de licopeno como agente activo para implementarlo en una crema de una empresa cosmética en la ciudad de Quito. El licopeno es utilizado como agente antioxidante en la industria cosmética, pero este es susceptible a fácil degradación. Para mitigar este problema, se propone microencapsular el licopeno a base de manteca de cacao, que además permitiría mantener la actividad antioxidante y utilizar una menor cantidad del licopeno. Bajo estos antecedentes, se diseñó el proceso, considerando los balances de masa y energía y el dimensionamiento de los equipos. Además, se llevó a cabo un análisis económico basado en la tasa interna de retorno (TIR), valor actual neto (VAN) y la relación costo beneficio (RCB). Se definió la unidad de producción como 1 galón de micropartículas, con licopeno encapsulado, suspendidas en una solución de surfactante. Se hizo una proyección de venta de 560 galones mensuales con un incremento de venta del 2% y un precio unitario de \$30.50. Se hizo un sobredimensionamiento de los equipos con un margen de 20%, preveendo un factor de seguridad y un aumento en el caudal de producción a futuro. Finalmente, la TIR fue del 10%; es decir, mayor a la tasa de descuento fija, mientras que la RCB resultó mayor que 1. Considerando estos resultados y que el tiempo de recuperación de la inversión es de nueve meses, se determinó que el proyecto es ejecutable y factible.

Palabras clave. Microencapsulación, licopeno, manteca de cacao, Tween 80, Tasa Interna de Retorno, Valor Actual Neto, Relación Costo Beneficio.

ABSTRACT

This document presents the design and feasibility study of a lycopene microencapsulation plant as an active agent to implement it in a cream from a cosmetic company in the city of Quito. Lycopene is used as an antioxidant agent in the cosmetic industry, but it is susceptible to easy degradation. To mitigate this problem, it is proposed to microencapsulate lycopene based on cocoa butter, which would also allow it to maintain antioxidant activity and use less lycopene. Under this background, the process was designed, considering the mass and energy balances and the dimensioning of the equipment. In addition, an economic analysis was carried out based on the Internal Rate of Return (IRR), Net Present Value (NPV) and the Cost-Benefit Ratio (RCB). The production unit was defined as 1 gallon of microparticles, with encapsulated lycopene, suspended in a surfactant solution. A sales projection of 560 gallons per month was made with a sales increase of 2% and a unit price of \$ 30.50. The equipment was oversized with a margin of 20%, predicting a safety factor and an increase in production flow in the future. Finally, the IRR was 10%; that is, greater than the fixed discount rate, while the RCB was greater than 1. Considering these results and that the payback time of the investment is nine months, it was determined that the project is executable and feasible.

Key word. Microencapsulation, lycopene, cacao butter, 80 Tween, IRR, NPV, CBR.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Microencapsulación	3
1.3 Descripción del producto	4
1.4 Justificación	5
2. Bases del diseño	6
2.1 Materias primas.....	6
2.1.1 Manteca de cacao.....	6
2.1.2 Surfactante-Tween 80.....	7
2.1.3 Licopeno.	7
2.2 Limitaciones y normas	7
2.3 Selección del proceso de microencapsulación.....	8
2.4 Objetivos del proyecto	9
3. Resultados y discusión	9
3.1 Diseño del Proceso.....	9
3.2 Diseño de la Planta.....	12
3.2.1 Diagrama con Instrumentación y Control.....	18
3.3 Análisis económico	20
3.3.1 Inversión de Capital Fijo.....	20
3.3.2 Costos variables de producción.....	22

3.3.3 Estimación de costo de capital.....	22
4. Conclusiones y recomendaciones	24
5. Anexo	26
5.1 Anexo A: Salud, Seguridad y Ambiente.....	26
5.1.1 Operación de la planta.	26
5.1.2 Salud, Seguridad y Ambiente.	26
5.1.3 Misión.	28
5.1.4 Visión.....	28
6. Anexo B	29
6.1 Metodología.	29
6.1.1 Balance de masa.....	29
6.1.2 Balance de energía.....	29
7.1 Dimensionamiento de una tubería para fluido compresible	33
Cálculo de carga de la bomba.....	35
7.2 Dimensionamiento de un mezclador con agitación.	37
7.3 Costos.....	39
8.1 Cálculos II.....	43
Balance de masa Tanque 1.....	44
Balance de masa y energía Tanque 2.....	49
8.2 Tablas.....	58
9. Referencias.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mecanismos oxidativos del licopeno. [8]	2
Figura 2. Molécula de licopeno, C ₄₀ H ₅₆ [7]	3
Figura 3. Micropartículas de manteca de cacao.	3
Figura 4. Diagrama de flujo simplificado del proceso de microencapsulación.....	11
Figura 5. Dimensiones Tanque de mezcla 2 con agitación a 10,000 RPM	14
Figura 6. Ciclo de refrigeración Tanque 3	17
Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de microencapsulación de licopeno	18
Figura 8. Diagrama con Instrumentación y Control T-101, T-102, T-103	19
Figura 9 Tipos de hélice.....	38
Figura 10. Trayectoria hipotética fundición manteca de cacao	46
Figura 11: Tamiz vibratorio	51
Figura 12. Unidad de centrifugación para secado de micropartículas.	52
Figura 13. Paquete Peng Robinson y lista de componentes.....	55
Figura 14. Delta T Cooler.	56
Figura 15. Paquete Peng Robinson y Refrigerante	56
Figura 16. BFD proceso con acetato de etilo como solvente.....	61
Figura 17. BFD Proceso sin solvente.....	61
Figura 18. Coeficiente K en pérdidas por fricción.....	61
Figura 19. Diámetro nominal, interno y espesor de pared.....	62

Figura 20. Diagrama de Moody	62
Figura 21. Rugosidad absoluta de material.....	63
Figura 22. Carga de una bomba.	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Selección del proceso.....	9
Tabla 2. Resultados balances de masa por lotes.	11
Tabla 3. Resultados de dimensionamiento Tanque 1.....	13
Tabla 4. Resultados de dimensionamiento Tanque 2 para emulsificación	14
Tabla 5. Resultados de dimensionamiento y características de catálogo.....	15
Tabla 6. Resultados de dimensionamiento y características de catálogo de la centrífuga.....	15
Tabla 7. Resultados Potencia de sistema de refrigeración tanque 3.	16
Tabla 8. Resultados de la potencia de sistema de refrigeración del tanque 3.	17
Tabla 9. Resultados del Análisis económico	24
Tabla 10. Regímenes de fluido	33
Tabla 11. Caudal de producción anual a diaria.....	43
Tabla 12. Condiciones de diseño	44
Tabla 13. Grosor mínimo pared	54
Tabla 14. Inversión de Capital Fijo- Inside Battery Limits ISBL.....	56
Tabla 15. Costos de Ingeniería.....	57
Tabla 16. Costos Outside Battery Limits	57
Tabla 17. Costo de Materias primas	57
Tabla 18. Factores típicos para la estimación del coste capital fijo de un proyecto	58
Tabla 19. Resultados de potencias de cada equipo tras realizar el balance de Energía. (Ver anexos)	58

Tabla 20. Composición manteca de cacao	58
Tabla 21. Evaluación Económica Proyecto	59
Tabla 22. Flujo Neto de Caja	60
Tabla 23. Flujo Neto de Caja Actualizado a una tasa de descuento 2%	60

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La piel es la interfaz entre el cuerpo humano y el exterior circundante; por lo tanto, es el órgano que tiene principal que tiene contacto con el medio ambiente, haciéndolo más propenso a lesiones de diferentes tipos. Recientemente, cifras publicadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) afirman que debido a la contaminación del aire se reporta aproximadamente 3.7 millones de muertes anuales de las cuales el 35% son del tipo dermatológico[1]. Existen factores exógenos (polución, radiación UV, estrés, smog) y endógenos (componentes genéticos o hereditarios) que aumentan el estrés oxidativo y deterioran la piel. Estos factores exógenos, de gran preocupación para la salud pública, son compuestos como: ozono, nitrógeno, dióxido de carbono, dióxido de azufre y azufre, entre otros. Estos se encuentran en el aire en ppm y provienen de la liberación de smog de transporte de carga liviana y pesada así como también de gases producidos en fábricas que se encuentran a las afueras y dentro de la ciudad de Quito [1].

Según la Sociedad de Lucha Contra el Cáncer (SOLCA) en Ecuador, el melanoma es la segunda enfermedad más frecuente para hombres y la tercera para mujeres debido a su proximidad a la línea ecuatorial. Este factor incrementa el índice de estrés oxidativo en la piel producido por los rayos ultravioletas, precursores directos del envejecimiento celular en la piel del ser humano [2].

La oxidación celular es un proceso en donde una molécula con un electrón sin aparear llamada, radical libre, busca “secuestrar” un segundo electrón a moléculas estables, conocidas como EROs, Especies Reactivas de Oxígeno, que contienen un anión superóxido O_2^- , oxígeno singlete $O^$ y radicales hidroxilos ROH. Se ha comprobado que la actividad de estas especies

químicas causa daños graves en diferentes componentes celulares, como la mitocondria, membrana, ácidos nucleicos y proteínas. Esto causa el aspecto rugoso, acneico y deshidratado en la piel [3].

La radiación Ultra Violeta (UV) es uno de los principales factores de la generación de EROs en la piel. Existen tres tipos de radiación ultravioleta según su longitud de onda: UVA (320-400 nm), UVB (290-320 nm) y UVC (<290 nm). El tipo UVA es aquel que penetra profundamente en la dermis y puede producir alteraciones retardadas del tejido dérmico, envejecimiento celular, muerte o mutación en el ADN [4]. Recientes investigaciones señalan que la formación de EROs en el ser humano aumenta debido a la profunda exposición de la piel a los rayos ultravioletas; sin embargo, existen moléculas que pueden contrarrestar este efecto [5].

Los compuestos anti-oxidantes permiten disminuir el estrés oxidativo en la piel. Este proceso atrapa especies reactivas del oxígeno EROs y a través de una reacción en cadena eliminan el oxígeno singlete y el radical peróxido producido por la oxidación (Figura 1). Este mecanismo reduce la generación de O_2 reactivo y por ende el envejecimiento temprano de la piel.

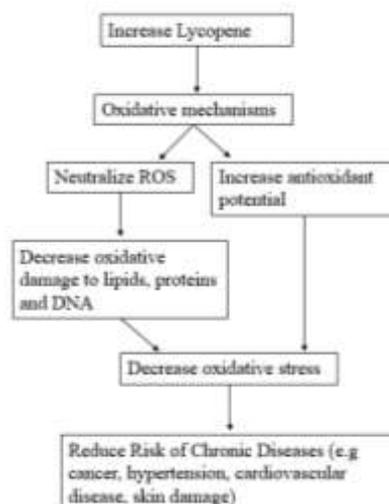


Figura 1. Mecanismos oxidativos del licopeno. [8]

De esta misma forma, en la Universidad San Francisco de Quito, se expandió este estudio con un nuevo proyecto investigador [9], en donde se afirma que aquellas micropartículas con el fármaco encapsulado tenían tamaños mayores a diferencia de aquellas sin encapsular. Se reportó que con cierta formulación de 0.1% p/v de PVA y 5% p/v de agente activo se observa una eficiencia de micro encapsulación del 95.98%, estos resultados afirman que la eficiencia de microencapsulación de licopeno a base de manteca de cacao también tendrá un alto rendimiento a escala industrial [10].

La manteca de cacao como material encapsulante es de alta relevancia en Ecuador gracias a que el 30% de la producción mundial de cacao fino de aroma se encuentra en el país. Se estima que al año se producen 300 mil toneladas métricas, de las cuales 120 mil toneladas son manteca de cacao cuyo primer destino es la exportación y segundo la comercialización nacional para su uso como materia prima en la industria de alimenticia, farmacéutica y cosmética. Sus propiedades humectantes, tensificantes y cicatrizantes para la dermis permiten que sea una materia prima adecuada para microencapsular, al igual que su fácil adquisición y precio económico [11].

1.3 Descripción del producto

Lycare es un producto diseñado que contiene micropartículas de licopeno a base de manteca de cacao. Cada unidad de producción es de 1 galón (3.785 litros) y contiene 400 g de micropartículas de licopeno encapsulado las cuales se encuentran suspendidas en una solución acuosa de surfactante Tween 80 al 0.5% v/v. Además, el almacenamiento y traslado debe cumplir con una cadena de refrigeración a 4°C para garantizar la integridad de las micropartículas estado sólido de las micropartículas y la calidad del producto final.

1.4 Justificación

El mercado cosmético en Ecuador ha crecido de manera exponencial en los últimos 50 años. El desarrollo de tecnología y relaciones internacionales han dado paso a la fácil importación y exportación de productos que antes no se encontraban disponibles, lo que ha permitido una mayor industrialización nacional. En tal efecto, una empresa local, la misma que se mantendrá anónima en este documento, que actualmente ocupa alrededor del 60% de ventas de productos cosméticos en Ecuador, será considerada como cliente principal. La empresa cuenta con varias líneas de crema humectantes, hidratantes y de función antioxidante para el cuidado personal [12].

No obstante, la formulación actual de una de sus líneas de crema implica la rápida oxidación del licopeno en su formulación [13]. En consecuencia, el producto es menos eficiente ya que cuando llega a manos del consumidor el agente activo se habrá degradado. Esto ha causado que la empresa requiera un mayor consumo de licopeno para poder mitigar este problema, generando un mayor gasto para la corporación.

Debido a la protección y liberación controlada del licopeno a través de la microencapsulación, se puede reducir su composición dentro de la formulación de la crema. Por lo tanto, se propone que la nueva formulación contendrá 0.5% p/v, a diferencia del 0.8 % p/v utilizado actualmente. Esto se traduciría en un ahorro significativo, puesto que actualmente, la empresa realiza una compra de alrededor de 140 kilos de licopeno, es decir USD \$7000. Este valor no incluye gastos de aduanización y transporte dado que el producto, al ser de grado farmacéutico, debe ser importado [12].

Con lo expuesto anteriormente, se propone la incorporación de un proceso tecnológico de microencapsulación de licopeno en partículas a base de manteca de cacao. Se ha comprobado experimentalmente que potencia la actividad antioxidante, protege el agente

activo y aumenta el rendimiento permitiendo que el compuesto principal se oxide al estar en contacto con la piel y no antes, gracias a que la manteca de cacao actúa como agente encapsulante y se funde a temperatura corporal [9].

Finalmente, el proceso de microencapsulación permitiría que anualmente haya un decremento de 40 kg de licopeno y un ahorro de USD \$2000, puesto que, según el proveedor del cliente, la compra de 100 kg de esta materia prima tiene un precio de USD \$5000. En conclusión, la incorporación de esta nueva tecnología brindaría una mejora en el proceso establecido anteriormente y reduciría costos de materia prima y trámites administrativos.

2. BASES DEL DISEÑO

2.1 Materias primas

2.1.1 Manteca de cacao.

Se ha escogido la manteca de cacao como materia prima puesto que es un lípido cuya característica atractiva es que se funde a temperatura corporal [14]. Es decir, al momento de entrar en contacto con la piel se funde y permite la liberación del agente encapsulado, en este caso el licopeno. De igual manera, es un producto de alta calidad, fácil acceso y precio económico debido a que Ecuador es un país cacaotero y tiene una producción anual de 290 mil TM, y cada kg se encuentra a la venta en un valor de USD \$12.50. Estudios han demostrado que la estructura de cristalización de la manteca es ordenada lo cual brinda dureza y caracteriza su punto de fusión. Además posee características hidratantes, humectantes y tensificantes para la piel; por lo tanto, su uso como material encapsulante brindaría otras ventajas dentro de formulaciones cosméticas [15]. La composición de la manteca de cacao se observa en la Tabla 20 (**Ver anexos D**).

2.1.2 Surfactante-Tween 80.

Las moléculas orgánicas se dividen en tres grupos. El primero consiste en moléculas hidrofílicas, aquellas que se disuelven en agua, mientras el segundo son compuestos lipofílicos, aquellos que son insolubles en agua y se disuelven en lípidos o aceites vegetales. El tercero es un grupo de moléculas anfílicas o anfipáticas cuya estructura comparte una parte lipofílica y otra hidrofóbica. Según la literatura se conoce que un surfactante es una molécula anfílica tensoactiva, con propiedades de formación de fases cristalinas líquidas, solubilización, emulsión o micelización. El tween 80 es un tipo de surfactante y es el componente principal de la emulsión que da lugar a la microencapsulación de partículas, se utiliza en productos como shampoo, cremas, cosméticos, entre otros [16]. Su baja toxicidad, estabilidad y biocompatibilidad son algunas de las ventajas que brinda este surfactante, además su costo por unidad de producción es de USD \$10, [17].

2.1.3 Licopeno.

El licopeno es el agente que se microencapsulará, es un potente antioxidante que ayuda a disminuir el estrés oxidativo de la piel, se encuentra presente en la crema formulada. Sin embargo, en Ecuador no existe un proveedor local de licopeno en polvo y de grado farmacéutico (98%) como lo requiere el cliente, por lo cual este es el único producto de importación que viene desde China y su precio por kg es de USD \$100.

2.2 Limitaciones y normas

Parte del diseño del proceso tiene una operación unitaria cuya condición principal es operar a una temperatura de 4°C, de manera que las partículas de licopeno micro encapsuladas se mantengan estables y estén listas para envasar. Es por esto que a partir de la centrifugación de las micropartículas, se ha diseñado un tanque con refrigeración el cual utiliza un refrigerante que con la ayuda de un proceso de condensación llega a esta temperatura. Por otro lado, la

Normativa Sanitaria para Productos Cosméticos e Higiénicos de Ecuador, en el artículo 10 del Decreto Ejecutivo referido establece que para este tipo de producto, se debe controlar la pureza de los productos descritos, controlar que cumplan con la normativa, en este caso el Licopeno debe ser de grado farmacéutico (98%). Caso contrario, se suspenderá su compra, venta y circulación de acuerdo a la norma vigente del respectivo código orgánico [18].

2.3 Selección del proceso de microencapsulación

La microencapsulación es un proceso donde partículas de material sólido son cubiertas por una capa polimérica mediante un proceso de emulsión. Existen dos tecnologías distintas para la microencapsulación de agentes activos las mismas que han sido probadas a nivel de laboratorio; la primera, consta del uso de un solvente comercial como el acetato de etilo, mientras que la segunda no utiliza solvente ya que con una unidad de filtrado se obtienen las micropartículas. En la Tabla 1 se muestra una matriz de decisión en la que se indica el desarrollo de selección del proceso con 6 criterios de elección distintos. Se ha elegido una base de calificación de 5 puntos máximos en cada pauta, con un total de 30 puntos. Costo se ha evaluado para el proceso con solvente y sin solvente en 3 y 4 respectivamente, debido a que el desarrollo de la primera tecnología requiere de la adquisición de un solvente e instaurar una operación unitaria cuyo proceso dura alrededor de 12-16 horas para poder evaporarlo, mientras que el proceso sin solvente requiere de una unidad de filtración, pero no se requiere de otra materia prima. En segundo lugar, la disponibilidad de reactivo se ha tomado en cuenta que en grandes cantidades el acetato de etilo conllevaría transporte, almacenamiento para inflamables, implementos de seguridad, puesto que el solvente tiene un grado de toxicidad, mientras que en el proceso 2 no ocurriría esto. En tercer lugar, el tiempo de producción también es un factor y se ha considerado el tiempo de residencia de las materias primas en los equipos, junto con su mano de obra y se ha evaluado en 2 y 5 como lo muestra el literal 3 de la tabla. Finalmente, el criterio de rendimiento y productividad hace referencia a la cantidad de producto final que se

obtendrá y al realizar la suma se ve reflejado que el proceso sin solvente es el más óptimo y eficaz para abastecer las necesidades que se requieren en este caso, (Ver figura 18 y 19).

Tabla 1. Selección del proceso

Criterio	Puntaje	
	Proceso con solvente	Proceso sin solvente
Costo	3	4
Disponibilidad de reactivo	2	5
Tiempo de producción	2	5
Rendimiento	5	3
Productividad	3	5
Suma total	15	22

2.4 Objetivos del proyecto

En el presente trabajo se realizará el estudio de factibilidad de una planta de microencapsulación de licopeno para su uso en una crema específica en la industria cosmética local. Conforme a esto, se realizará el diseño del proceso con balances de masa, energía, operaciones unitarias respectivas y el diagrama de flujo con corrientes de entrada y salida en cada operación. Seguidamente, se diseñará la planta con el dimensionamiento de cada equipo según corresponda su operación. Finalmente, se desarrollará el balance económico y el análisis de recuperación de costos para establecer la viabilidad del proyecto y el tiempo de recuperación de la inversión de capital inicial.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Diseño del Proceso

Para el diseño del proceso, primero se debe definir las variables de entrada, salida y composición de cada corriente, respectivamente, así como sus condiciones de operación, las

cuales han sido desarrolladas experimentalmente a nivel de laboratorio y literatura científica. De esta manera, se realizó el balance de materia global y por componente para cada operación, según la metodología descrita en Anexos B. Adicionalmente, se realizó el balance de energía para obtener los valores energéticos que requerirá cada operación unitaria. Se consideró un proceso batch como el más adecuado para esta escala de producción, proporciona una selectividad superior en comparación con un proceso continuo, y finalmente, es amigable económica y energéticamente.

Se han definido cinco sub sistemas dentro del proceso (Figura 5) el primero es aquel en donde se funde la manteca de cacao y se añade el licopeno, se obtuvo el caudal y composición en el tanque 1, denominados m_1 y m_2 (Ver anexos B). En segundo lugar, se hizo el balance de masa para el tanque 2, en donde entra la corriente m_3 de 7.5 kg de licopeno y manteca de cacao y a su vez m_4 con una solución acuosa de surfactante Tween 80 al 2% v/v. De esta manera, se puede realizar la emulsión en el tanque 2 y finalmente obtener m_5 que ingresará al tamiz. En este punto del proceso, cabe definir una condición de diseño importante y es que la eficiencia en el subproceso 3, tamizado, es del 80% según datos experimentales [10], siendo este el porcentaje de manteca microparticulada. Esto permite la salida de la corriente m_7 del tamiz para recirculación o, a su vez, permanecerá en stock durante 3 días como reuso, hasta que se realice una nueva corrida. Así pues, la corriente m_6 , con las micropartículas, entra a una centrífuga donde se remueve el 25% de humedad en la corriente m_9 , (Ver Anexos B) y sale m_8 una solución remanente de Tween 80 al 2%, con las micropartículas concentradas.

Finalmente, el caudal de micropartículas concentradas se traslada a un tanque con un sistema de refrigeración y solución de surfactante al 0.5%, corriente m_{10} , el cual debe permanecer a una temperatura de 4°C para mantener las propiedades sólidas de las micropartículas de licopeno y conservar la calidad del producto. Además, mediante agitación continua se procede a envasar, el resultado final es que se producen alrededor de 34500 g de

partículas de licopeno micro encapsulados con manteca de cacao por lote, esto permite estimar que el rendimiento aumenta en un proceso batch en vez de un continuo, ya que se realiza una sola corrida y su requerimiento energético es menor por ende favorece a los gastos económicos de la planta. Se observa en la tabla 2 los resultados finales del balance de masa y energía del sistema, datos esenciales para determinar la capacidad y realizar el dimensionamiento de los equipos según cada operación unitaria.

A continuación se puede observar el diagrama de flujo con los cinco sub procesos principales del proceso, tal como: fundición de la manteca de cacao y homogeneización con licopeno al 98%, microencapsulación de licopeno a base de manteca de cacao con surfactante, tamizado de micropartículas, centrifugación de las micropartículas y finalmente suspensión en un recipiente a baja temperatura.

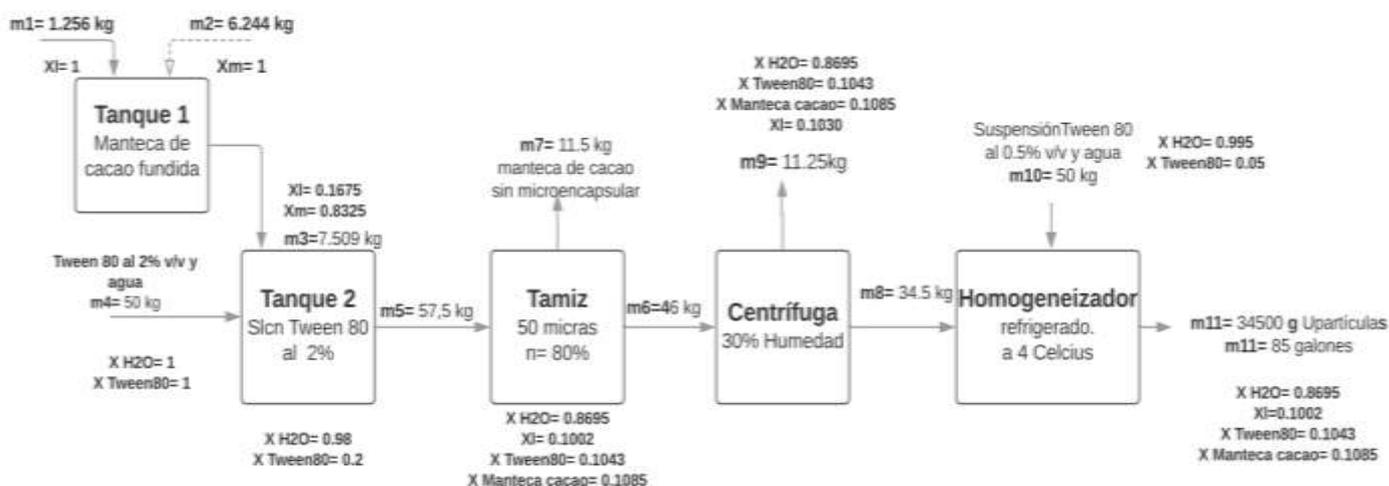


Figura 4. Diagrama de flujo simplificado del proceso de microencapsulación

Tabla 2. Resultados balances de masa por lotes.

Corriente	Especificación corriente	Resultado kg
m1	Licopeno	1.256
m2	Manteca de cacao	6.244
m3	Licopeno + Manteca de cacao	7.509
m4	Solución Tween 80 al 2% y agua	50.0
m5	Partículas de licopeno micro encapsulado	57.5
m6	Partículas de licopeno micro encapsulado 50 μ m	46.0
m7	Partículas microencapsuladas > 50 μ m	11.5

m8	Micropartículas 50 μm sin humedad (Solución Tween 80, 2%)	34.5
m9	Solución Tween 80 al 2% v/v	11.25
m10	Solución Tween 80 y agua al 0.5% v/v para suspensión	50
m11	Partículas microencapsuladas	84.5

3.2 Diseño de la Planta

Para el diseño de la planta, se definió el caudal y composición de cada corriente mediante el balance de masa y energía descritos (Ver Anexo B) y con los resultados obtenidos en el apartado anterior, se dimensionó cada equipo. En primer lugar se utilizó el resultado de los balances para dimensionar el primer mezclador, se obtuvo que la capacidad del equipo es de 10 L con un factor de sobredimensionamiento de 10% y seguridad de 10% con respecto al caudal calculado, según la norma [19]. De esta manera, se determinó que la altura L será dos veces el diámetro $2D$ [20], condición elegida para que el tanque sea más alto que ancho, lo que favorece el tiempo de contacto entre las partículas y el líquido y por lo tanto incrementa la tasa de transferencia de masa. Además, el flujo debe ser distribuido de manera uniforme a lo largo del tanque para lograr un mejor mezclado y aprovechar la mayor parte de manteca de cacao y licopeno.

Se ha dimensionado y diseñado el tanque con una resistencia de 200 W debido a que la manteca debe fundirse para que actúe como agente encapsulante, además ayuda a disminuir la viscosidad, para que se pueda aumentar el área de contacto entre el fluido y el agitador. En la Tabla 3 se observan los resultados obtenidos tras aplicar la metodología descrita. La capacidad tiene un sobredimensionamiento del 10% y un factor de seguridad del 10%, en caso de que se necesite aumentar la producción. El aislamiento de poliuretano es el más óptimo y aquel disponible en el mercado, cuenta con un factor de corrosión de 2mm [21]. La velocidad de agitación es un dato obtenido experimentalmente y utilizado en el dimensionamiento. De

igual manera, los siguientes parámetros como la masa del tanque, diámetro del agitador y altura del fondo del tanque se han calculado según Perry y Sinnott [20][21].

Finalmente, tras realizar los balances de energía correspondientes y al analizar el cambio de temperatura que experimenta la manteca de cacao, se ha calculado que la potencia para la resistencia es de 1.09 W, sin embargo, en el mercado, y para este equipo con estas dimensiones específicamente no existen resistencias con esta potencia en específico, únicamente mayores a 200 W. En tal sentido, se decidió aumentar la resistencia y disminuir el tiempo de residencia a 40 minutos. Este equipo se encuentra en el mercado local, en Interinox, Quito Ecuador con una garantía por fallo de fábrica que dura 1 año y cuenta con sus respectivos accesorios como: tapa, repuestos de pernos, tornillos o fusibles en caso de desmonte para limpieza o mantenimiento o daño y un acople para tubería o llave en caso de instalación con un diámetro nominal de 1 pulgada o 2.54 cm.

Tabla 3. Resultados de dimensionamiento Tanque 1

Tanque 1		
Descripción	Resultado	Unidades
Capacidad	10	L
Diámetro	18.5	Cm
Aislamiento Poliuretano	4.00	mm
Velocidad agitación	2000	rpm
Masa del tanque	3.00	kg
Diámetro del agitador	6.12	cm
Altura del fondo del tanque	6.12	cm
Potencia	1.09	W
Garantía	1	Año
Tiempo de residencia	40	min

De igual forma, en el tanque 2 se realizó el cálculo según la metodología descrita en Anexos C. En la tabla 4 se observan los resultados obtenidos. Este es el equipo principal, al ser aquel donde ocurre el proceso de emulsión, adicionalmente hay una corriente de surfactante Tween 80, por lo cual su dimensión es seis veces mayor al primer tanque. De esta forma, la

velocidad de agitación aumenta a 10000 rpm, ocasionando un decremento en el tiempo de residencia y el fluido deberá permanecer dentro del tanque durante 10 min. Por otro lado, según cálculos teóricos la masa del tanque es de 7 kg con un aislamiento de poliuretano de 4 mm, incluido el factor de corrosión. Al igual que el tanque 1, este también cuenta con todos los accesorios descritos anteriormente y un acople de 2 pulgadas o 5.08 cm.

Tabla 4. Resultados de dimensionamiento Tanque 2 para emulsificación

Tanque 2		
Descripción	Resultado	Unidades
Capacidad	60	L
Diámetro	33.68	Cm
Aislamiento Poliuretano	4.00	mm
Velocidad agitación	10000	Rpm
Masa del tanque	7.00	kg
Diámetro del agitador	11.1	Cm
Altura del fondo del tanque	11.1	cm
Potencia equipo	25	KW
Tiempo de residencia	10	min

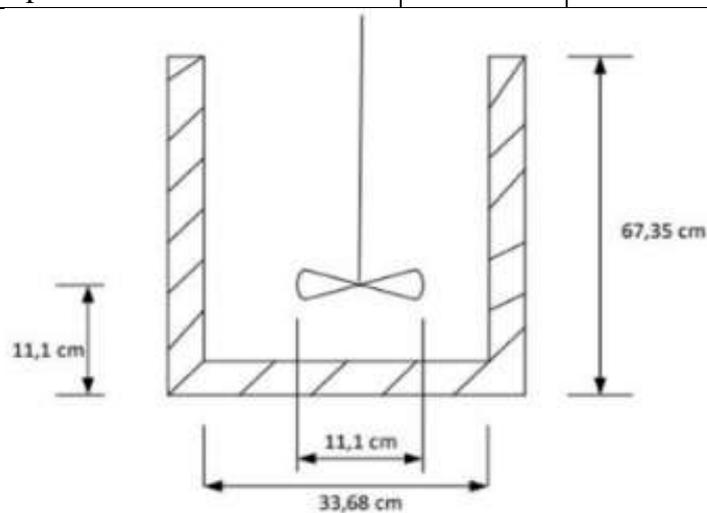


Figura 5. Dimensiones Tanque de mezcla 2 con agitación a 10,000 RPM

En tercer lugar, para el tamiz vibratorio se ha calculado una capacidad de 57.5 kg (**Ver Anexos B**) mientras tanto, el valor reportado en resultados es de 100 kg, la razón es que el costo de diseño y mano de obra de un tamiz con esa capacidad es de USD \$2300 según fabricantes locales y el tiempo de entrega del mismo es de 6 meses con garantía de 1 año. En consecuencia, se ha optado por importar el equipo desde china, porque su precio es más

económico, el tiempo de importación es de 120 días (3 meses) según el proceso de aduanización del equipo y cuenta con control automatizado para regular la velocidad de vibración y asegurar la calidad del producto en esta fase del proceso, puesto que a vibraciones muy altas la micropartícula puede presentar ruptura y esto provocaría la liberación temprana del licopeno.

Tabla 5. Resultados de dimensionamiento y características de catálogo.

Tamiz		
Descripción	Resultado	Unidades
Capacidad	100	kg
Diámetro	600	mm
Peso	300	kg
Energía	1,8	KW
Tamaño de malla	150	--
Velocidad Nominal	50-1440	Rpm
Ruido	65-70	dB
Certificación	ISO 9001:2008	--
Garantía	1	Año
Voltaje	450	Voltios
Tasa de repuesto	76.9	%

Por otra parte, la centrífuga es el cuarto equipo presente en el diseño, que según la metodología y el balance de masa tiene una corriente de entrada de 46 kg de micropartículas de licopeno encapsulado, suspendidas en una solución Tween 80 y agua 2% v/v. Considerando que, un equipo que cumpla con esta capacidad debe ser construido en una fábrica y que presenta las mismas limitaciones que el tamiz se optó por importar un equipo que cumpla con los requerimientos de diseño adecuado para su posterior operación y que a futuro el equipo tenga la capacidad de abarcar un caudal mayor.

Tabla 6. Resultados de dimensionamiento y características de catálogo de la centrífuga

Centrífuga		
Descripción	Resultados	Unidades
<i>Capacidad</i>	<i>100</i>	<i>kg</i>
<i>Diámetro</i>	<i>600</i>	<i>mm</i>
<i>Largo</i>	<i>750</i>	<i>mm</i>
<i>Alto</i>	<i>710</i>	<i>mm</i>

<i>Ancho</i>	700	<i>mm</i>
<i>Peso</i>	150	<i>Kg</i>
<i>Energía</i>	1.8	<i>KW</i>
<i>Tamaño de malla</i>	150	--
<i>Velocidad Nominal</i>	50-1440	<i>rpm</i>
<i>Certificación</i>	ISO 9001 & AMP; SGS	--
<i>Garantía</i>	1	<i>Año</i>
<i>Voltaje</i>	380	<i>Voltios</i>
<i>Tasa de repuesto</i>	100	<i>%</i>

Finalmente, el tanque 3 tiene una condición importante de diseño, y es estar a una temperatura de 4 °C. Para tal efecto, se ha simulado un sistema de refrigeración, en el software Aspen Hysys 10ma que cumpla con este requisito (Anexos B) y así obtener las características necesarias para la adquisición por catálogo e importación de este equipo desde Jiangsu China, ubicación del punto de venta del proveedor.

Tabla 7. Resultados Potencia de sistema de refrigeración tanque 3.

Tanque 3		
<i>Descripción</i>	<i>Resultado</i>	<i>Unidades</i>
<i>Capacidad</i>	100	<i>L</i>
<i>Diámetro</i>	18.5	<i>Cm</i>
<i>Aislamiento Poliuretano</i>	12.00	<i>mm</i>
<i>Velocidad agitación</i>	2000	<i>Rpm</i>
<i>Masa del tanque</i>	10.60	<i>kg</i>
<i>Diámetro del agitador</i>	13.17	<i>cm</i>
<i>Altura del fondo del tanque</i>	13.17	<i>cm</i>
<i>Potencia</i>	2.9	<i>kW</i>

Así pues, se realizó la simulación en este software y se utilizó agua y refrigerante como componentes y el paquete utilizado fue Peng Robinson debido a que el paquete se ajusta a los mismos. Se utilizó un sistema de refrigeración común para la mayor parte de equipos en el mercado, es decir, condensador, evaporador, compresor y una válvula de expansión como se observa en la figura 7 y los resultados en la 9.

Finalmente, con la recopilación de resultados del diseño del proceso se logró dimensionar cada equipo y realizar el diseño piloto de la planta. No obstante, se señala que la capacidad de dimensión de cada equipo tiene un sobredimensionamiento y un factor de seguridad de 10% lo cual garantiza que la operación sea segura y en caso de existir una mayor demanda de producción el equipo pueda tener una mayor capacidad. Con los resultados obtenidos se ha podido diseñar el diagrama de flujo, el cual describe el diseño de la planta (Ver Figura 8) con sus respectivos flujos y dimensión para cada equipo y con estos parámetros es posible realizar el análisis económico de la planta.

Tabla 8. Resultados de la potencia de sistema de refrigeración del tanque 3.

<i>Descripción</i>	<i>Resultado</i>	<i>Unidades</i>
Potencia compresor	1.5	hp
Potencia evaporador	3.2	kW
Potencia retirada condensador	4.3	kW

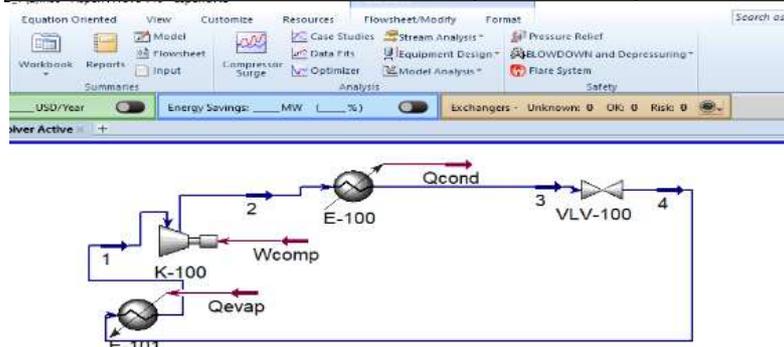


Figura 6. Ciclo de refrigeración Tanque 3

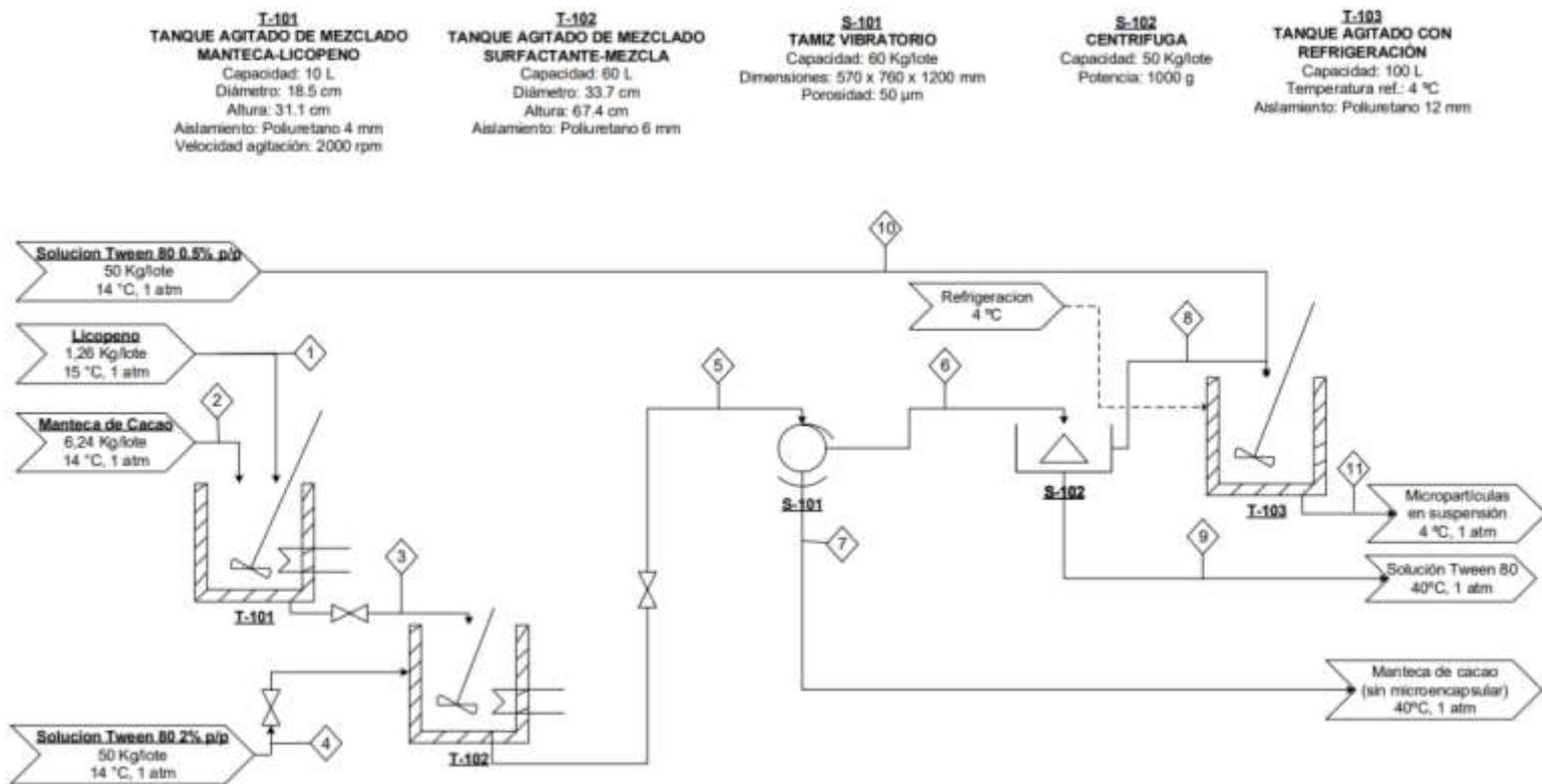


Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de microencapsulación de licopeno

3.2.1 Diagrama con Instrumentación y Control.

La planta se ve sometida a perturbaciones que pueden desviar los equipos del punto óptimo; temperatura de los caudales de agua o corrientes de proceso, cambios en la composición de la alimentación, posible ensuciamiento de las tuberías (pérdida de áreas de intercambio), cambios de presión en las líneas de abastecimiento o averías. Por ello, es necesario el uso de elementos finales de control y un sistema de medición cuya finalidad es asegurar que la planta opere lo más cercana al régimen permanente posible y sea capaz de corregir posibles cambios en las variables del proceso. En la figura 9 se observa el diagrama con mayor detalle para el control de los equipos T-101, T-102 y T-103. De manera precedente, se ha descrito que en el tanque 1 existe una resistencia que debe alcanzar una temperatura de 40°C; se ha diseñado un sistema **TIC**: Indicador Controlador de Temperatura, el cual cuenta con un sensor de temperatura cuya función es mantener esa temperatura y activar una alarma en caso de que aumente a más de 48°C, por normas de seguridad, ya que realmente

representaría un peligro a temperaturas mayores a 60°C, sin embargo, se prefiere tomar medidas regulatorias tempranas.

De igual forma, este recipiente cuenta con un **SIC**: Indicador Controlador de Velocidad, esto permite que el agitador sea regulable o se mantenga a 2000 rpm. El diámetro nominal y material de la tubería según el catálogo es de 1 pulgada y acero inoxidable 304, cuenta con una válvula on/off con como accesorio de seguridad.

Adicionalmente, se puede apreciar que el T-102 requiere el mismo sistema de control (TIC y SIC) con la diferencia que el accesorio utilizado es una válvula anti retorno para evitar que parte del fluido regrese a un proceso anterior. Finalmente el diámetro nominal y material es de 2 pulgadas y acero inoxidable 304 para el tanque 2, el cual lleva incorporado una válvula anti retorno, y 4 pulgadas y acero inoxidable 304 para T-103 respectivamente. El último tanque también cuenta con un sistema de control para regular la velocidad y temperatura, mediante un sensor de calor el cual se activa cuando no cumple el valor consigna, de 4°C. Es preciso mencionar que el subsistema de tamizado y centrifugación ya cuenta con un sistema de control y automatización incorporada para regular su velocidad precautelar la buena manufactura del producto y principalmente la seguridad del operador.

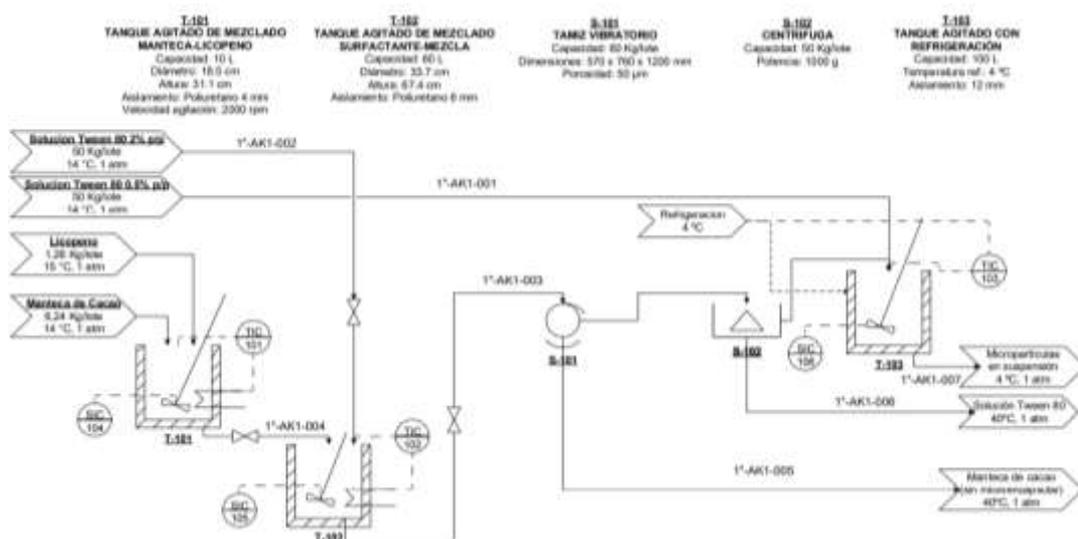


Figura 8. Diagrama con Instrumentación y Control T-101, T-102, T-103

3.3 Análisis económico

3.3.1 Inversión de Capital Fijo.

Este parámetro fue estudiado con el fin de conocer el costo total del diseño, construcción e instalación de la planta. Para calcular este valor se ha tomado en cuenta: el coste propio de la planta, Inside Battery Limits, (ISBL), costos externos, costos de ingeniería y gastos imprevistos.

En primer lugar, se dimensionó los cinco equipos presentes en la planta, con un factor de sobredimensionamiento y seguridad de 10% respectivamente como se ha discutido en el apartado anterior, con el fin de estimar su precio incluyendo los costes de campo directo, tales como: costo de instalación, agua, energía, seguro de construcción, beneficios y cargas del trabajo, tasas locales, amortizaciones y gastos corporativos.

El cálculo del *ISBL* es fundamental para definir el alcance del presente proyecto, ya que otros costos dependen del mismo. Tras realizar la metodología descrita en **Anexos B** y aplicar el factor de Hand, el método factorial detallada y los cálculos del dimensionamiento de equipos se ha estimado que los costos ISBL son de USD \$25.050 dólares americanos. Este valor incluye los gastos de equipos con su respectiva tasa de aduanización, para aquellos que requieren importación, costo de instalación y transporte desde el aeropuerto o fábrica Interinox (Condado, Quito Ecuador) hasta la planta.

$$\text{Coste ISBL} = \text{USD } \$25057.28$$

(1)

Por otro lado, los costes externos u *Outside Battery Limits (OSBL)* se han calculado a partir de los servicios que necesitará la planta, tales como: renta, servicios básicos, internet, equipos de seguridad, equipo de protección personal y alícuota mensual del parque industrial,

entre otros. Se toma en cuenta que la planta tendrá lugar en la Ciudad de Quito, provincia de Pichincha. Este es un espacio cubierto con 150m² ubicado al norte de la ciudad en Carcelén Industrial. Se escogió este sitio, puesto que el galpón donde se instalará la planta cuenta con las normas de salud seguridad y ambiente necesarios para obtener los permisos de funcionamiento otorgados por la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria, para su posterior apertura y funcionamiento. El resultado de desarrollar la metodología, indica que estos costos suman un gasto anual de USD \$28.727 y mensual de USD \$19.430.

En tercer lugar, los costos de campo directo o de oficina se han calculado a partir de todos los costos administrativos que tendrá la empresa, tal como: permiso de funcionamiento, Servicios de Rentas Interna y trámites de legalización. La constitución de la empresa unipersonal está a cargo de un abogado cuya remuneración es de USD \$1250 que constituyen el 5% de un capital estimado de costo de capital, el cual no toma en cuenta los costos externos, directos e indirectos, únicamente el costo promedio de equipos, como señala la Ley de compañías que otorga la Superintendencia de Compañías del Ecuador.

Por otro lado, el servicio contable está a cargo de una compañía externa cuyo costo es de USD \$150 incluido IVA mensual, y anualmente USD \$1800, e incluye declaración de impuestos, obtención de RUC, impresión de facturas y guías de remisión para entrega al cliente.

Finalmente, los gastos imprevistos se calculan como el 5% del costo ISBL, es decir USD \$1250. Estos mismos, servirán para cambios en el alcance de proyecto, cambio de precio en la materia prima, fluctuaciones monetarias o bien conflictos laborales, por lo cual esta reserva monetaria será acumulada en una cuenta ahorro empresarial la cual será administrada por un asesor del Banco Pichincha.

3.3.2 Costos variables de producción.

Estos costos abarcan materias primas, eliminación de efluentes, embalaje y transporte. La materia prima anual tiene un costo de USD \$18.250, incluido transporte y aduanización de licopeno, materia prima importada desde China. Por otro lado, en la bodega se encuentran 10 canecas de polietileno para guardar los efluentes de descarga del proceso de tamizado y centrifugación, los cuales se pueden reutilizar en un nuevo lote. El costo de estas canecas es de USD \$75 dólares. Finalmente, el costo de transporte es de USD \$850 mensuales, cotizado por la empresa de servicios de transporte Sytsa del Ecuador S.A, proveedor calificado por el cliente para realizar el despacho del producto [22].

3.3.3 Estimación de costo de capital.

Según la Asociación para la Promoción de Estimación del Coste Internacional (AACE Internacional), existen cinco tipos de órdenes de estimación; para el presente proyecto, se realiza un estudio preliminar de viabilidad clase 4. Se escogió este orden ya que es útil para definir si el proyecto es factible o no, lo cual cumple con los objetivos específicos establecidos en el primer capítulo. Se realizó el método factorial de la estimación del coste, como se detalla en metodología (Anexo C), a través de los factores de Lang y se seleccionó $F= 3.63$ dado que es una planta de procesamiento de sólidos- fluidos mezclados. De este modo, se utilizó el promedio de estos parámetros, incluido costos externos y costos de campo para realizar el cálculo y se obtuvo que la inversión inicial de capital es de USD \$47.150. El costo de manufactura por unidad de producción es de USD \$3.46, a este valor se le ha añadido el costo de proceso, instalación, transporte, amortización de equipos, servicios y se ha definido un precio neto de USD \$30.50 [20].

Se efectuó una corrida económica con una proyección de venta de 560 galones mensuales con un incremento del 2% cada mes, y se fijó un tiempo de recuperación de 10

meses, puesto que dos meses es el tiempo estimado para montar la planta, teniendo en cuenta el tiempo de importación, éste se hará con 6 meses de anticipación. El período cero, es el primer mes en donde no se observa ningún ingreso ya que es el tiempo de producción y solo se reportan egresos. Sin embargo, en el segundo mes (primer período), se estima un suministro de producto al cliente de 571 galones, es decir el ingreso por venta es de USD \$17.080 del cual el 0.2% es costo operativo y el 10% corresponde a gastos en transporte, seguro de envío y llegada del producto, por lo cual el egreso total en el primer período es de USD \$4270.

El flujo de caja representa la solvencia económica de la empresa, es de USD \$77.807 dólares (Ver Anexo C), esto se traduce a la ganancia total del proyecto durante 1 año. Sin embargo, se debe tomar en cuenta la inversión realizada, por lo tanto al sumar el flujo neto de caja de cada período y restar la inversión, se observa que el primer mes no genera ganancia alguna solamente egresos.

$$\text{Retorno inversión de capital} = -34.340 \text{ USD}$$

(2)

En el quinto mes se logra recuperar la inversión inicial de USD \$47.150 y existe una ganancia neta de USD \$5.648. Ahora bien, un estudio económico en detalle se realiza con el factor de tasa de descuento, ya que es el coste de capital que se aplica para determinar el valor presente e indica el valor actual del dinero. En Ecuador, al año 2020 los bancos manejan una tasa de descuento del 20 %, y se ha tomado como referencia una td de 2% mensual en referencia al Banco Pichincha. En este contexto, se ha realizado nuevamente la corrida económica con este parámetro para evaluar tres factores importantes en el estudio de viabilidad de un proyecto [23].

Se realizó el análisis económico con el parámetro de la tasa de descuento, el ingreso en el primer período es de USD \$16.828, y al cerrar el primer año es de USD \$154.467 dólares.

De igual manera, los egresos para el primer mes son de USD \$4.207 y el gasto anual es de USD \$38.617. El flujo de caja actualizado, indica que hay una ganancia anual de USD \$68.700 y al desarrollar el cálculo del Valor Actual Neto indica que la recuperación de inversión inicial de capital se da en el octavo mes, y el cierre de ganancia del primer año 2020 es de USD \$30.533

Finalmente, con una tasa interna de retorno del 10%, la cual es mayor a la tasa de descuento del Banco Pichincha al 2%, con una relación costo beneficio de 3.08 que indica que los ingresos son mayores a los egresos en un determinado tiempo, y como se detalla en la tabla 9, se concluye que el proyecto es económicamente rentable e incluso atractivo para inversores, puesto que, el tiempo de recuperación de la inversión inicial es de 8 meses y a futuro se observan ganancias, con las cuales se podría extender esta producción hacia otros mercados.

Tabla 9. Resultados del Análisis económico

Descripción	Resultados
TIR	10%
RCB	3.08
Flujo de caja	USD \$ 67.591
Valor Actual Neto (VAN)	USD \$ 30.041

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se ha diseñado un proceso técnica y económicamente factible para la encapsulación de licopeno en micropartículas de manteca de cacao que podrían ser incorporadas en la formulación de una crema. De ser implementado este proceso, se podría aumentar la eficiencia de licopeno en la crema en un 30%, respecto a su formulación anterior, y, por lo tanto, reducir costos en cuanto a la cantidad de materia prima que se utilizaría anualmente. A través del dimensionamiento de los equipos y de un análisis económico detallado, se determinó que el proyecto es factible a un tiempo de recuperación de la inversión inicial de 9 meses.

Debido a los tiempos cortos de producción considerados en este proyecto, se realizó un sobredimensionamiento de la planta para que, a futuro, esta pueda expandirse en la industria de alimentos y farmacéutica. De esta manera, la empresa podría microencapsular diferentes compuestos activos de acuerdo a las necesidades del cliente.

Por otro lado, se recomienda aumentar el caudal inicial para así obtener equipos de mayor magnitud y evitar la manufactura directa de los equipos en una fábrica, en virtud de que el costo es alto y el tiempo de entrega es mayor a comparación de adquirir un equipo listo para la venta. Adicionalmente, se recomienda estudiar la viabilidad de la adición de una corriente de recirculación directa de la descarga de la solución de micropartículas al tanque 2 y verificar experimentalmente si se presenta algún cambio en la composición del tanque.

5. ANEXO

5.1 Anexo A: Salud, Seguridad y Ambiente.

5.1.1 Operación de la planta.

Technical Solutions, es una empresa ubicada en la ciudad de Quito en el sector de Carcelén Industrial, cuenta con una planta de microencapsulación de partículas para la industria cosmética. Está abierta de lunes a viernes en horario de trabajo de 7:00 am hasta las 17:00 pm para el cliente. Contamos con proveedores certificados con la *ISO 9001:2015* lo que afianza la calidad de nuestra materia prima y producto final.

La operación se lleva a cabo por lotes, se realizan dos semanales para abastecer el suministro de nuestro primer cliente fijo, empezando el Lunes a las 8 am al preparar las soluciones de Tween 80 al 2% y 0.5% v/v. Se procede a encender los equipos y pesar la materia prima en las balanzas eléctricas. Al terminar el proceso que dura alrededor de *4 horas* se procede a envasar cada galón con *400* gramos de micropartículas de licopeno en una suspensión de agua y surfactante y se envían en coolers hasta llegar donde el proveedor. Es de suma importancia enviar el producto con su respectiva guía de remisión, factura y hoja de calidad en caso de algún reclamo. De igual manera, al momento de realizar la entrega se debe recibir una guía de remisión por parte de la persona que recibe y asegure que la cantidad de galones recibidas, en vista de que esta información será subida al sistema SAP para el control de ventas, futura declaración de impuestos y pago al servicio de rentas internas.

5.1.2 Salud, Seguridad y Ambiente.

“Not just safe, but Techsol safe”

La seguridad de todos aquellos que conforman Technical Solutions es prioritaria, cuidamos la salud física e integral del personal con el objetivo de reportar cero incidentes y

accidentes en el cierre de cada mes. La planta cuenta con una ducha de ojos y cuerpo para la persona en caso de accidente, un botiquín completo, botón de seguridad con sirena en caso de robo o accidente, dos salidas de emergencias y un kit contra incendios. Por este motivo es importante cumplir los siguientes reglamentos, aquellos ítems señalados con negrita están sujetos a condición de empleo o fin de contrato con el proveedor.

1. El o los trabajadores de la planta deben vestir un uniforme que será proporcionado por el empleador que consiste en un overol cuya tela es fabricada para proteger a la persona en caso de incendio, botas punta de acero, guantes de nitrilo para superficies frías y guantes de horno para superficie calientes. Uso estricto de mascarilla en la planta y una mascarilla *full face con filtro* durante el proceso, en sitios como bodega y al momento del despacho.
2. Indispensable el uso de audífonos industriales, dado que el tamiz vibratorio evoca alto ruido para el operador. Se aplica a visitantes también.
3. Se proporcionará el equipo de protección personal para cada persona que entre a la planta.
4. Es obligatoria la entrega de un documento de identidad al guardia del parque industrial para aprobar su ingreso.
5. **Es totalmente prohibido conducir un vehículo de la empresa sin ponerse el cinturón de seguridad, y aún menos conducir bajo el efecto de sustancias estupefacientes. (Aplica para trabajadores y proveedores)**
6. **Es prohibido el consumo de drogas, tabaco o alcohol dentro del parque industrial y en horario de trabajo**
7. **En cuanto a los proveedores, si la materia prima no trae su registro de calidad o presenta una cantidad menor a la acordada en la guía de remisión se cancelará esa factura.**

- 8. Si la hoja de control de calidad enviada por el proveedor (licopeno, manteca de cacao, surfactante) no coincide con el control de calidad realizado por un consultor interno, aplica el fin intempestivo del contrato.**
9. Es de carácter obligatorio realizar los cursos online acerca de buenas prácticas de manufactura que ofrece *Techsol* para sus trabajadores, con el fin de que conozcan sus deberes, derechos y obligaciones en la empresa.

Finalmente, cada empleado debe contar con exámenes pre y post ocupacionales para garantizar su estado de salud. El objetivo principal es crear un buen ambiente de seguridad para cada persona dentro y fuera de la empresa.

5.1.3 Misión.

En Technical solutions diseñamos procesos con alta calidad técnica, responsabilidad social y cuidado ambiental, para suplir la necesidad de nuestros clientes. Generamos estabilidad, compromiso y rentabilidad para nuestros trabajadores y clientes.

5.1.4 Visión.

Ser una compañía de servicios reconocida por sus altos estándares de calidad, puntualidad y satisfacción al cliente, brindando cada día innovación y calidad en nuestros productos con el fin de diversificar el mercado local con nuevas tecnologías.

6. ANEXO B

6.1 Metodología.

6.1.1 Balance de masa.

- a. Elección de la base de cálculo
- b. Graficar los diagramas de flujo y anotar todas las variables conocidas y símbolos para las incógnitas.
- c. Selección del método: Balance moléculas/ Atómico/ Grado de avance de la reacción.
- d. Especificaciones del # de incógnitas, # Rxns químicas independientes, Datos de proceso, Identificación de caudales y composiciones respectivas.
- e. Conversión de unidades
- f. Análisis de grados de libertad según el tipo de balance.
- g. Cálculo de grados de libertad
- h. Escribir las ecuaciones linealmente dependientes e independientes.

6.1.2 Balance de energía.

- i. En primer lugar, se define si se está trabajando con un sistema abierto o cerrado. Debido a que hay transferencia de masa a través de las fronteras y se trata de un proceso continuo, el proceso es un sistema abierto.
- j. Para un sistema abierto, el balance de energía corresponde a la ecuación:

$$\Delta\dot{H} + \Delta\dot{E}_k + \Delta\dot{E}_p = \dot{Q} - \dot{W}_s \quad (1.1)$$

- k. En la que $\Delta\dot{H}$ representa la entalpía, $\Delta\dot{E}_k$ la energía cinética, $\Delta\dot{E}_p$ la energía potencial, \dot{Q} el calor y \dot{W}_s el trabajo de *shaft*. Debido a que el sistema es estático

y no cuenta con un cambio de altura, los términos de la energía potencial y cinética son igual a cero. Por lo tanto, la ecuación tomaría la siguiente forma:

$$\Delta\dot{H} = \dot{Q} - \dot{W}_s \quad (1.2)$$

La conducción es un mecanismo de transferencia de calor en el que el calor se puede conducir por líquidos, sólidos o gases, y que basa su principio en que la energía cinética se transfiere hacia las moléculas adyacentes, lo que decir que el proceso se da mediante comunicación directa entre cuerpos. El intercambio de calor siempre se da de mayor a menor nivel energético y por lo general está relacionado con el gradiente de temperatura. La conducción se define gracias a la ley de Fourier, que se detalla a continuación:

$$\frac{q_x}{A} = -k \frac{dT}{dx} \quad (1.3)$$

En donde q_x es la transferencia de calor en x , A el área de corte trasversal, k es la conductividad térmica y $\frac{dT}{dx}$ el gradiente de temperatura.

La convección por su parte se cuándo la transferencia de calor se da debido al movimiento de un fluido y se relaciona de manera directa con este concepto. Este puede darse por mezcla de grandes porciones de elementos a diferentes temperaturas o intercambio de calor entre la superficie de un sólido y un líquido. Este mecanismo se ve representado por la ley de enfriamiento de Newton que se muestra a continuación:

$$Q = hA \Delta T \quad (1.4)$$

En donde h es el coeficiente de transferencia de calor, A el área de corte trasversal, ΔT la diferencia de temperaturas [24].

1. Ecuación básica de diseño:

Sirve para determinar el flujo de calor transferido de un fluido a otro.

(1. 5)

$$Q = AU \Delta T$$

m. Flujo térmico transferido:

Indica la cantidad de flujo térmico cedido por un flujo caliente a uno frío.

(1. 6)

$$Q = MC\Delta T$$

n. Superficie de transferencia de calor. Sirve para determinar la cantidad de superficie para transferir un flujo térmico.

(1. 7)

$$A = \frac{U \Delta Tm}{Q}$$

En donde:

Q : Flujo térmico transferido en $[W]$ o $[Btu/h]$

A : Superficie de transferencia de calor $[m^2]$ o $[pie^2]$

U : Coeficiente global de transferencia de calor $[\frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ F]$ o $[\frac{Btu}{pie^2} \text{ } ^\circ F]$

ΔTm : Diferencia media logarítmica de temperatura $[^\circ C]$ o $[^\circ F]$

o. Coeficiente global de transferencia de calor

Indica todos los mecanismos que transfieren calor al sistema.

$$U = \frac{1}{[\frac{1}{n_1 h_1} + Re_1 + \frac{l}{k} \frac{A_1}{A_m} + (Re_2 + \frac{1}{n_2 h_2}) \frac{A_1}{A_2}]}$$

(1. 8)

$$U = \frac{1}{\left[\frac{1}{n_1 h_1} + Re_1 + \frac{l}{k} \frac{A_1}{A_m} + \left(Re_2 + \frac{1}{n_2 h_2} \right) \frac{A_1}{A_2} \right]}$$

En donde:

h_1 : Coeficiente de convección caliente $\left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$ o $\left[\frac{Btu}{h \cdot pie^2 \cdot ^\circ F} \right]$

h_2 : Coeficiente de convección frío $\left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$ o $\left[\frac{Btu}{h \cdot pie^2 \cdot ^\circ F} \right]$

Re_1 : Resistencia de ensuciamiento caliente $\left[\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \right]$ o $\left[\frac{h \cdot pie^2 \cdot ^\circ F}{Btu} \right]$

Re_2 : Resistencia de ensuciamiento frío $\left[\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \right]$ o $\left[\frac{h \cdot pie^2 \cdot ^\circ F}{Btu} \right]$

A_1 : Superficie de transferencia de calor lado caliente $[m^2]$ o $[pie^2]$

A_2 : Superficie de transferencia de calor lado frío $[m^2]$ o $[pie^2]$

U : Coeficiente global de transferencia de calor $\left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$ o $\left[\frac{Btu}{pie^2 \cdot ^\circ F} \right]$

n_1 : Eficiencia caliente

n_2 : Eficiencia fría

l : Espesor de la pared

7. Anexo C

7.1 Dimensionamiento de una tubería para fluido compresible

- Realizar un gráfico en donde se señale el inicio y el final del proceso con cada tramo en donde conste una tubería. (Sugerencia empezar de izquierda a derecha)
- Establecer un eje de coordenadas x, y, z para definir el signo (+) o (-).
- Definir si el fluido es compresible (gas) o incompresible (líquido).
- Definir el régimen del fluido acorde al número de Reynolds

Tabla 10. Regímenes de fluido

Número Reynolds	Régimen turbulento	Factor de corrección energía cinética (α_k)
$Re > 4500$	R. turbulento	$\alpha = 1$
$Re < 2100$	R. laminar	$\alpha = 0.5$
$2100 < Re < 4500$	R. de transición	$0.5 < \alpha < 1$

(1. 9)

$$Re = \frac{\rho v D_{equivalente}}{\mu}$$

- Se debe realizar el cálculo de balance energía mecánica con la ecuación de Bernoulli (en caso de que el régimen sea turbulento).

$$\frac{m}{p}(P_2 - P_1) + mg(Z_2 - Z_1) + \frac{m(V_2^2 - V_1^2)}{\alpha 2} + mW_s + mF = 0 \quad (1. 10)$$

- f. En el caso de que no sea, se utiliza el balance de energía mecánica (**BEM**)

$$\frac{\Delta p}{\rho} + g(Z_2 - Z_1) + \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2} = W - EV \quad (1. 11)$$

Nota 1: Recomendable expresar la unidad de presión en pascuales [Pa]

Nota 2: La letra mayúscula corresponde a unidades intensivas, es decir, no depende de la masa.

- g. **Tomar en cuenta que:**

- Al definir el régimen del fluido se debe calcular la velocidad de flujo del fluido

$$v = \frac{F}{\frac{\pi}{4} * D^2} \quad (1. 12)$$

- Diámetro (D): Interno, externo, Nominal. [mm]
 - Diámetro interno = Diámetro externo - 2Δx
 - Diámetro nominal consultar en normas ASME (**Ver anexos D**)
- Si el caudal de producción no cambia a lo largo de la tubería entonces el diámetro tampoco.
- Si existe un cambio de diámetro es necesario calcular la velocidad del fluido en cada tramo por separado porque la velocidad es distinta.

- p. Realizar el cálculo de Ev (pérdidas de energía mecánica por fricción)

- $ev = (ev)_{rectos} + (ev)_{accidentes}$
- $(ev)_{rectos} = 4f \frac{v^2}{2} * \frac{L}{D}$

- $4f$ es el factor de fricción y depende si el fluido es laminar o turbulento.

- *R. laminar* $4f = \frac{64}{Re}$

- *R. turbulento*

- ✓ Ábaco de Moody (para utilizarlo se debe tener el número de Reynolds y ε/d (ε es la rugosidad del material y d el diámetro))

- *(ev)accidentes* $= 4f \frac{v^2}{2} * \frac{Leq}{D}$, Leq corresponde a la longitud equivalente de la tubería incluido sus accesorios.

- *Método de la constante (k)* $= 4f \frac{Leq}{D}$

- Generalmente se conoce $4f$, Leq y el diámetro para poder despejar K , factor de correlación de accesorios en la tubería.

- Otro método es obtener de tablas en la literatura (libro de Mott)

- *(ev)accidentes* $= k * \frac{v^2}{2}$, k se obtiene de tablas en literatura

h. Cálculo del trabajo W . (Despejar de la ecuación de BEM)

- $W_{total} = W \times m$ (caudal másico)

- $W_{real} = \frac{W}{n}$

- $W_{capta\ fluido} = W_{real} * rendimiento$

- i.** Al obtener estas variables se puede despejar L de la ecuación de BEM en el factor de EV referido a las pérdidas por fricción, para saber la longitud de la tubería sin accesorios y longitud equivalente con accesorios.

Cálculo de carga de la bomba.

- q.** Carga del sistema es la carga que suministra la bomba expresada en metros.

- r.** El tramo de la tubería antes de la bomba se conoce como (tramo aspiración).

- s. El tramo de la tubería antes de la bomba se conoce como (tramo impulsión).
- t. Carga de aspiración se define como:

$$h_a = \frac{1}{g} \left(\frac{P_i}{\rho} + \frac{V_i^2}{2\alpha} \right) \quad (1.13)$$

- u. Carga de impulsión se define como:

$$h_i = \frac{1}{g} \left(\frac{P_f}{\rho} + \frac{V_f^2}{2\alpha} \right) \quad (1.14)$$

$$H_{total} = h_i - h_a \quad (1.15)$$

- v. Se realiza el cálculo de la carga para posteriormente calcular el Net Positive Suction Head. El NPSH disponible es la energía que puede perder el fluido hasta antes de entrar a la bomba sin dejar de ser líquido. Se expresa en metros.

- NPSH requerido: Pérdida que puede experimentar el fluido hasta atravesar la bomba (el fabricante/proveedor proporciona este valor)
- $NPSH = h_a - \frac{P_v}{\rho g}$ (Energía de presión que se necesita para mantener al fluido en estado líquido)
- **NPSH disponible > NPSH requerido**
- Si por algún motivo el inciso anterior no se cumple. Se debe parar el proceso ya que puede ocurrir un fenómeno de cavitación y se forma vapor.
- Para evitar este fenómeno se debe aumentar el NPSH disponible lo cual se puede realizar de la siguiente manera:
 - Unir la bomba al tanque.

- Aumentar el desnivel del primer equipo a la bomba para tener mayor energía potencial.
 - Disminuir las pérdidas por fricción.
 - Poner un filtro después de la bomba para eliminar sólidos en suspensión.
- Si el NPSH disponible = NPSH requerido se conoce como una condición límite y ya es una alerta en las bases del diseño. Esta comparación se realiza en una gráfica de capacidad de bomba según el tipo, generalmente se usa centrífugas en industria. (**Ver Anexos**)
 - En caso de emergencia de cavitación se debe cerrar la válvula de inmediato (sugerencia colocar una válvula on/off antes de la bomba) y de inmediato reducir el caudal.

7.2 Dimensionamiento de un mezclador con agitación.

Metodología para Mezclador [25].

- a. Determinar el volumen operativo a partir de los balances de masa
- b. Elegir la geometría del recipiente (comúnmente es cilíndrica)
- c. Utilizar $L=2D$ para hallar las dimensiones del recipiente
- d. Elegir el tipo de aspas (axial Flow impellers que sirven para solid suspension or solids incorporation //también sirven para heat transfer)
 - Tipos específicos.

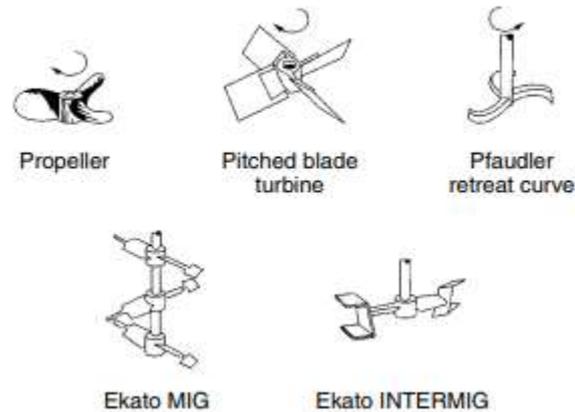


Figura 9 Tipos de hélice

- e. Determinar si es necesario o no el uso de wall baffles
- f. Determinar la forma del fondo del tanque (dished bottom heads for solid suspension)
- g. A partir de la relación de largo, diámetro y la altura del recipiente, determinar si es necesario el uso de draft tubes para optimizar la mezcla
 - Determinar las zonas de alimentación y descarga
 - Si es un proceso batch desde arriba donde el líquido no toque las paredes ni el eje con aspas
 - Si es un proceso que requiere dispersión rápida de la alimentación, ésta debe ubicarse en una región de alta turbulencia.
 - Al alimentar sólidos en un líquido, la velocidad de alimentación debe controlarse para que coincida estrechamente con la velocidad de humectación, incorporación y dispersión de sólidos por parte del mezclador.

La salida generalmente está ubicada en el lado cerca del fondo del tanque o en la cabeza del fondo si el recipiente necesita ser drenado por completo. Cuando hay sólidos presentes, esta salida del fondo se puede taponar y puede causar un mal contacto del líquido y los sólidos a menos que esté equipada con una válvula de fondo. Un impulsor pequeño, instalado muy cerca

del fondo del tanque, también ayuda a eliminar este problema y proporciona una mezcla a bajos niveles de líquido. En tanques agitados operados continuamente, la salida debe ubicarse lejos de la entrada para minimizar el cortocircuito de la alimentación.

7.3 Costos

- a. Determinar el costo de cada equipo.
 - Con las capacidades obtenidas por el dimensionamiento de cada equipo buscar empresas que fabriquen los equipos del proceso y establecer sus costos de venta.
- b. Determinar el costo histórico de una planta similar.
 - Buscar una planta ya existente con un proceso similar.
 - Obtener el costo de la planta.
 - Obtener la capacidad de dicha planta histórica.
 - Obtener el costo de la planta actual.
 - La fórmula que se utiliza es:

$$C_2 = C_1 \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^n \quad (1.16)$$

Dónde: S_x es la capacidad de la planta y C_x es el costo de la planta.

N es un exponente que varía según la industria.

- c. Realizar la estimación de costos según los factores de Lang.
 - Se utiliza la formula $C = F \sum C_e$.
 - Determinar el factor de Lang según el procesamiento.
 - $F=3$ Procesamiento sólido.
 - $F=5$ Procesamiento fluidos.
 - $F=4$ Procesamiento mixto.
 - Obtener el costo de cada equipo con: $C_e = a + bS^n$. (si es necesario).

- Sumar el costo de cada equipo y multiplicar con el factor de Lang.
- d.** Realizar la estimación de costos según los factores de Hand.
- Determinar la capacidad de cada equipo.
 - Obtener el costo de cada equipo con: $C_e = a + bS^n$.
 - Tomar en cuenta el factor del material.
 - Tomar en cuenta el factor de instalación de Hand dependiendo del tipo el equipo.
 - Para obtener el costo total de cada equipo multiplicar el costo por el factor del material y el factor de Hand.
 - Sumar el costo de cada equipo para obtener el costo total de la planta.
- e.** Realizar la estimación de costos según el método factorial detallada.
- Determinar la capacidad de cada equipo.
 - Obtener el costo de cada equipo con: $C_e = a + bS^n$.
 - Tomar en cuenta el factor del material.
 - Determinar el tipo de procesamiento si es líquido, sólido o mixto.
 - Determinar los valores de los factores de: tuberías, montaje de equipo, eléctrico, civil, instrumento de control, estructural, aislamiento.
 - Para obtener el costo total de cada equipo multiplicar el costo por el factor del material y los factores de instalación de cada equipo.
 - Fórmula para obtener el costo de la planta:

$$C = \sum C_e [(1 + f_p)f_m + (f_{er} + f_{el} + f_i + f_s + f_l)] \quad (1. 17)$$

- Para determinar el costo total de la planta se debe sumar el costo de cada equipo.
 - Con el costo total de la falta obtenido del método factorial detallada se obtiene el costo ISBL.
 - El costo OSBL se obtiene del 40% del ISBL.
 - El costo del gasto de imprevisto es el 10% del (ISBL + OSBL).
 - El costo del capital de trabajo es el 5% del capital fijo que es ISBL + OSBL.
 - Obtener el costo de producción.
 - Obtener el costo de producción variable considerando el costo de materia prima, servicios de agua potable y de electricidad, transporte y envasado del producto final.
 - Obtener el costo de producción fijo se toma en cuenta:
 - Labor operación.
 - Supervisión que es el 25% costo de operación + administración.
 - Gastos salariales que es el 50% costo de operación + administración.
 - Mantenimiento que es 3 – 5 % ISBL.
 - Impuestos sobre la propiedad que es el 1 – 2 % ISBL.
 - Alquiler tierra que es 1 – 2% ISBL + OSBL.
 - Gastos generales que es el 65% costo operación + administración
 - Gastos medio ambientales que es el 1% ISBL + OSBL.
 - Costo por licencias de funcionamiento.
 - Gastos del capital que es el pago de intereses por préstamos.
- f. En primer lugar el **RCB**, relación costo beneficio toma los Ingresos vs. Egresos presentes del proyecto. Si este valor es mayor que 1, el proyecto es ejecutable.

- g. En segundo lugar, la TIR, o tasa interna de retorno, que según la literatura debe

$$RCB = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}} > 1 = \text{Proyecto viable} \quad (1.18)$$

$$RCB = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}} < 1 = \text{Proyecto no es viable} \quad (1.19)$$

ser mayor que la tasa de descuento para definir que el proyecto es factible.

$$TIR > Td \rightarrow \text{Proyecto viable} \quad (1.20)$$

$$TIR < Td \rightarrow \text{Proyecto no es viable} \quad (1.21)$$

- h. En tercer lugar, el VAN, valor actual neto, es un criterio que consiste en actualizar al valor presente los ingresos y egresos del proyecto y expresa la medida de rentabilidad del proyecto en términos de unidades monetarias. Dónde: *Io*: Inversión inicial de capital; *Valor actual*: Ganancia actual; *K*: Tasa de descuento o interés según el banco emisor; *T*: Número de períodos de tiempo.

$$VAN = -Io + \sum_{t=1}^n \frac{\text{Valor actual}}{(1 + K)^t} \quad (1.22)$$

8. Anexo D

8.1 Cálculos II

La unidad de producción se realizó en base al cálculo de caudal diario y al suministro de producto que se debe realizar a la empresa cada mes con una sobreproducción del 20% para los meses de: Diciembre, Enero, Febrero. Según la empresa cosmética ecuatoriana, son meses en donde sus ventas aumentan debido a las festividades y solicitan más producto a sus proveedores.

Tabla 11. Caudal de producción anual a diaria.

Cremas	2.00E+06
Masa crema año	2.00E+08
Licopeno	100 kg/año
Manteca cacao	500 kg/año
Micropartículas	2.5 kg/día
Licopeno/crema	0.05 g
Manteca/crema	0.25
1 gl Unidad producción	400 g
1 galón crema	333 g manteca cacao + 67 g licopeno
1 unidad de crema	0.21 g de partículas de licopeno microencapsulado con manteca de cacao

Se realizan los balances de masa y energía con las siguientes condiciones de diseño:

Tabla 12. Condiciones de diseño

1 Lote	7.5 manteca de cacao + licopeno kg/día
Personal	1 operador
Horario de operación	Inicia a las 8 am con una Temperatura: 8 °C y finaliza a las 5pm a una Temperatura de 22°C
Horas de operación anuales	240 (incluido feriados nacionales)

Se observa en el primer tanque de calentamiento en donde entran dos caudales definidos como: **m1** y **m2**. Se realizó el balance de energía para este primer equipo como se muestra a continuación. En donde **m1** corresponde a masa de licopeno y **m2** a masa de manteca de cacao en kg. Sus concentraciones son **Xl= 0.1675** donde L= licopeno y **Xm= 0.8325**, M= manteca.

Balance de masa Tanque 1

$$E - S + G = A \quad (1.23)$$

$$E = S \quad (1.24)$$

$$m1 = 0.1675 * m3 = 0.1675 * 7.5 \text{ kg} = 1.256 \text{ kg} \quad (1.25)$$

$$m_2 = m_3 - m_1 = 6.244 \text{ kg} \quad (1.26)$$

$$m_3 = 2.5 \frac{\text{kg}}{\text{d}} * \frac{3\text{d}}{1 \text{ lote}} = 7.5 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \quad (1.27)$$

$$X_l = \frac{67}{400} = 0.1675 \quad (1.28)$$

A continuación se muestra el cálculo de la composición de cada materia prima en el T-101.

$$X_m = \frac{333}{400} = 0.8325 \quad (1.29)$$

Para realizar el cálculo del tanque 1, se utiliza el resultado obtenido de la ecuación (1.27)

$$V_{\text{tanque}} = 7.5 \text{ kg} * \frac{1\text{L}}{0.9 \text{ kg}} = 8.33 \text{ L} * 1.20 = 9.996 \text{ l} = \mathbf{10 \text{ Litros}} \quad (10)$$

Se toma de referencia la media de la densidad de la mezcla de licopeno y manteca de cacao, 0.90 kg/L [26] y el factor de sobre diseño de 1.20 según Perry [20] y se obtiene que el volumen del tanque 1 es de 10 litros.

De la misma forma, para el balance de energía en el tanque 1 se tomó una trayectoria hipotética como se muestra a continuación Figura 12 Trayectoria hipotética fundición manteca de cacao

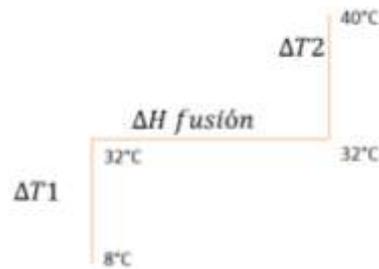


Figura 10. Trayectoria hipotética fundición manteca de cacao

$$Q = M_{manteca} [C_p (s) \Delta T1 + \Delta H_{fusión} + C_p (l) * \Delta T2] \quad (11)$$

$$Q = 6.244 \text{ Kg} [2.01 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} (32 - 8)^\circ\text{C} + 157 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} + 2.09 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} * (40 - 32)^\circ\text{C}] \quad (12)$$

$$Q = 474.93 \text{ KJ} = 47493 \text{ J} \quad (13)$$

$$T_{fusión} = 4 \text{ horas} \quad (14)$$

$$\dot{Q} = \frac{474.93 \text{ KJ}}{(4*3600)\text{s}} = 0.032 \text{ KW} = 33 \text{ W} \quad (15)$$

$$\text{Potencia resistencia de calentamiento} = 33 \text{ W} \quad (16)$$

Debido a que la resistencia más pequeña es de 200 [W] se consideró una según el catálogo [27].

$$t = \frac{Q}{\dot{Q}} = \frac{474930 \text{ J}}{200 \text{ J/s}} = 2374.7 \text{ s} = 40 \text{ min} \quad (17)$$

Dimensionamiento Tanque 1

$$V_{\text{tanque1}} = 7.5 \text{ kg} * \frac{1L}{0.9 \text{ kg}} = 8.33L * 1.20 = 9.996 [L] = 10000 \text{ cm}^3 \quad (18)$$

$$10000 = \frac{\pi}{4} D^2 * 2D = \frac{\pi}{2} D^3 \quad (19)$$

$$D^3 = \sqrt[3]{\frac{2 * 10000}{\pi}} \quad (1.40)$$

$$D = 18.53 \text{ cm} \quad (1.41)$$

$$L = 2 * D = 37.07 \text{ cm} \quad (1.42)$$

$$tw = \frac{Pi * Di}{2SE - 1.2Pi} \quad (1.43)$$

$$tw = \frac{(1.1E6 \frac{N}{m^2}) * (18.53 * \frac{1m}{100cm})}{2(9E5 \frac{N}{m^2})(1) - 1.2(1.1E6 \frac{N}{m^2})} = 2.20 \text{ mm} + 2mm = 4.20 \text{ mm} \quad (1.44)$$

$$m = \pi * D * L * tw * \rho \quad (20)$$

$$m = 3 \text{ kg} \quad (21)$$

Diseño del agitador

Se escogió un agitador *tipo hélice* [20].

$$Da = 0.33 \text{ cm} * 18.53 \text{ cm} \quad (1.47)$$

$$Da = 6.12 \text{ cm} \quad (1.48)$$

Altura del fondo del tanque del agitador

$$E = 0.33Dt = 6.1 \text{ cm} \quad (22)$$

Potencia necesaria del agitador, N factor de agitación obtenido del libro de Perry, 8va Ed.

$$N = \frac{1000 \text{ rpm}}{60} = 16.66 \text{ rps} \quad (1.50)$$

$$Re = \frac{Dd^2\rho}{\mu} = \frac{16.66 * (0.061^2) * 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{0.0423 \text{ Pa} * \text{s}} \quad (1.51)$$

$$Re = 1318 \quad (1.52)$$

Según el gráfico (Pág. 6-35) [20] se obtiene:

$$Np = 2.5 = \frac{P}{\rho N^3 D^5} \quad (1.53)$$

$$P = 2.5\rho N^3 D^5 \quad (1.54)$$

$$P = 2.5 * 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * (8.33)^3 * (0.061)^5 \quad (1.55)$$

$$P = 1.098 \text{ W} \quad (1.56)$$

Balance de masa y energía Tanque 2

La corriente de entrada en tanque 2 es $m_3 = 7.5 \text{ kg}$. Sin embargo, ya que este es un proceso por lotes y se considera que el operario prepara una solución de agua y surfactante Tween 80 al 2% v/v, antes de que ingrese m_3 , es por esto que según los estudios realizados por Ponce y Terán [10] se definió una relación de 6mL de Tween 80 por cada mL de solución. Es decir m_4 . Finalmente, la corriente de salida $m_5 = m_3 + m_4$.

$$V_{\text{tanque2}} = 57.5 \text{ kg} * \frac{1L}{0.9 \text{ kg}} = 57.5 = 60 [L] = 60000 \text{ cm}^3 \quad (1.57)$$

$$60000 = \frac{\pi}{4} D^2 * 2D = \frac{\pi}{2} D^3 \quad (1.58)$$

$$D^3 = \sqrt[3]{\frac{2 * 60000}{\pi}} \quad (1.59)$$

$$D = 33.68 \text{ cm} \quad (1.60)$$

$$L = 2 * D = 67.35 \text{ cm} \quad (1.61)$$

$$tw = \frac{Pi * Di}{2SE - 1.2Pi} \quad (1.62)$$

$$tw = \frac{(1.1E6 \frac{N}{m^2}) * (67.35 * \frac{1m}{100cm})}{2(9E6 \frac{N}{m^2})(1) - 1.2(1.1E6 \frac{N}{m^2})} = 4.42mm + 2mm = 6.42 \quad (1.63)$$

$$m = \pi * D * L * tw * \rho \quad (1.64)$$

$$m = 7 \text{ kg} \quad (1.65)$$

Diseño del agitador

Se escogió un agitador *tipo hélice* [20].

$$Da = 0.33 \text{ cm} * 33.68 \text{ cm} \quad (1.66)$$

$$Da = 11.1 \text{ cm} \quad (1.67)$$

Altura del fondo del tanque del agitador

$$E = 11.1 \text{ cm} \quad (1.68)$$

Potencia necesaria del agitador, N factor de agitación obtenido del libro de Perry, 8va Ed.

$$N = \frac{10000 \text{ rpm}}{60} = 166.66 \text{ rps} \quad (1.69)$$

$$Re = \frac{Dd^2 \rho}{\mu} = \frac{166.66 * (0.1111^2) * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2E - 3 \text{ Pa} * s} \quad (1.70)$$

$$Re = 1.03 E6 \quad (1.71)$$

Según el gráfico (Pág. 6-35) [20] se obtiene, que este fluido se encuentra en un régimen turbulento, por lo cual:

$$P = KT * N^3 * Da * g^5 \rho \quad (1.72)$$

$$P = 0.32 * (166.67)^3 * (0.111)^2 * 1000 \quad (1.73)$$

$$P = 24965 W \quad (1.74)$$

$$P = 25 kW$$

Balance de masa y energía en el tamiz.

Según las condiciones de diseño proporcionadas por datos experimentales de laboratorio, se estima que el tamiz tiene una eficiencia del 80%, en donde existe una corriente de residuo es el caudal volumétrico m_7 , que puede o bien reusarse o desecharse. El tamiz tiene un tamaño de partícula de 50 micrones lo que permite la separación de aquella materia que se microencapsuló de manera satisfactoria, y aquella que no.

$$m_6 = m_5 - m_7 * (0.20) \quad (1.75)$$

$$m_6 = 57.5 - 11.5 \text{ kg} = 46 \text{ kg} \quad (1.76)$$

$$\dot{Q} = \dot{m}_6 = 46 \text{ kg}/2\text{h} \rightarrow \dot{m}_6 = 23 \text{ kg/h} \quad (1.77)$$

El tamiz es un proceso que se realiza en lotes diferentes para asegurar el tamaño de partícula del agente microencapsulado. Es por esto, que el caudal volumétrico de carga en cada proceso será de $\dot{m}_6 = 23 \text{ kg/h}$.

Por otro lado, se revisó diferentes precios, características de tamizado y se eligió este equipo por catálogo, ya que cumple con la capacidad para el caudal volumétrico, y también tiene regulación automatizada de las características vibratorias, lo que permite al operador manipular la velocidad de vibración para precautelar la calidad de las micropartículas.



Figura 11: Tamiz vibratorio

Según el catálogo y sus distintas configuraciones se escogió [28]:

$$P = 1.5 \text{ kw} \quad (1.78)$$

Balance de masa y energía en la centrífuga

De igual manera, en este equipo existe una corriente de salida **m9**, la cual desecha una solución de *Tween 80* al 2% y el factor de humedad según Perry es de 25% para procesos líquidos [20].

$$m8 = m6 - m9 * (0.25) \quad (1.79)$$

$$m6 = 46 \text{ kg} - 11.5 \text{ kg} = 34.75 \text{ kg} \quad (1.80)$$



Figura 12. Unidad de centrifugación para secado de micropartículas.

Se eligió esta unidad ya que cumple con todos los requerimientos necesarios de capacidad y eficiencia de secado, los cuales se ajustan al proceso y son amigables económicamente.

$$P = 0.75 \text{ Kw} \quad (1.81)$$

Balance de masa y energía tanque de refrigeración

$$m8 = m9 \quad (1.82)$$

$$m8 = 34750 \text{ [gramos de partículas microencapsuladas]} \quad (1.83)$$

$$V = 50 \text{ kg} + 34.52 \text{ kg} = 92.95 \text{ kg} = 100 \text{ kg} \quad (1.84)$$

$$100000 \text{ cm}^3 = \frac{\pi}{4} D^2 L \quad (1.85)$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{2 * 100000}{\pi}} = 39.93 \text{ cm} \quad (1.86)$$

Diseño del agitador

(1.87)

Se escogió un agitador *tipo hélice* [20].

$$Da = 0.33 \text{ cm} * 39.93 \text{ cm} \quad (23)$$

$$Da = 13.17 \text{ cm} \quad (24)$$

Altura del fondo del tanque del agitador

$$E = 13.17 \text{ cm} \quad (25)$$

(1.88)

$$L = 2D = 79.86 \text{ cm} \quad (1.89)$$

$$tw = \frac{Pi * Di}{2SE - 1.2Pi} \quad (1.90)$$

$$tw = \frac{(1.1E6 \frac{N}{m^2}) * (78.96 * \frac{1m}{100cm})}{2(9E5 \frac{N}{m^2})(1) - 1.2(1.1E6 \frac{N}{m^2})} = 10mm + 2mm = 12 mm \quad (1.91)$$

$$m = \pi * D * L * tw * \rho \quad (1.92)$$

$$m = 10.60 kg \quad (1.93)$$

Se requerirá un espesor de pared mínimo para garantizar que cualquier recipiente sea lo suficientemente rígido para soportar su propio peso y cualquier carga incidental. El ASME BPV Código Sec. VIII D.1 especifica un espesor de pared mínimo de 1/16 de pulgada (1.5 mm) no incluyendo la capacidad de corrosión, e independientemente de las dimensiones del recipiente y el material de construcción. Como guía general, el grosor de la pared de cualquier recipiente no debe ser menor. Que los siguientes valores; Los valores incluyen un margen de corrosión de 2 mm:

Tabla 13. Grosor mínimo pared

Vessel diameter (m)	Minimum thickness (mm)
1	5
1 to 2	7
2 to 2.5	9
2.5 to 3.0	10
3.0 to 3.5	12

En el balance de energía se tiene una trayectoria hipotética del agua, y el calor que debe ser retirado es:

$$Q = mC_p H_2O \Delta T_1 (l) + mC_p (s)\Delta T_2 \quad (1.94)$$

$$Q = (34.5 * 0.3 + 50)kg * 4.18 \frac{KJ}{Kg \text{ } ^\circ C} (40 - 4) \text{ } ^\circ C + (34.5 * 0.70) \frac{KJ}{Kg \text{ } ^\circ C} \quad (1.95)$$

$$Q = 10337.27 KJ \quad (1.96)$$

Se toma como referencia 1 hora, 3600 segundos de procesamiento, entonces

$$\dot{Q} = \frac{Q}{t} = \frac{10337.2}{3600} = 2.87 \quad (1.97)$$

$$P = 2.9 KW \quad (1.98)$$

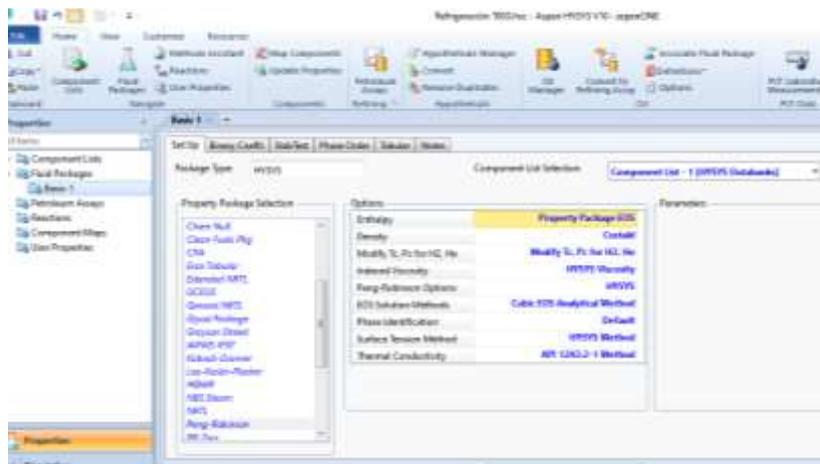


Figura 13. Paquete Peng Robinson y lista de componentes

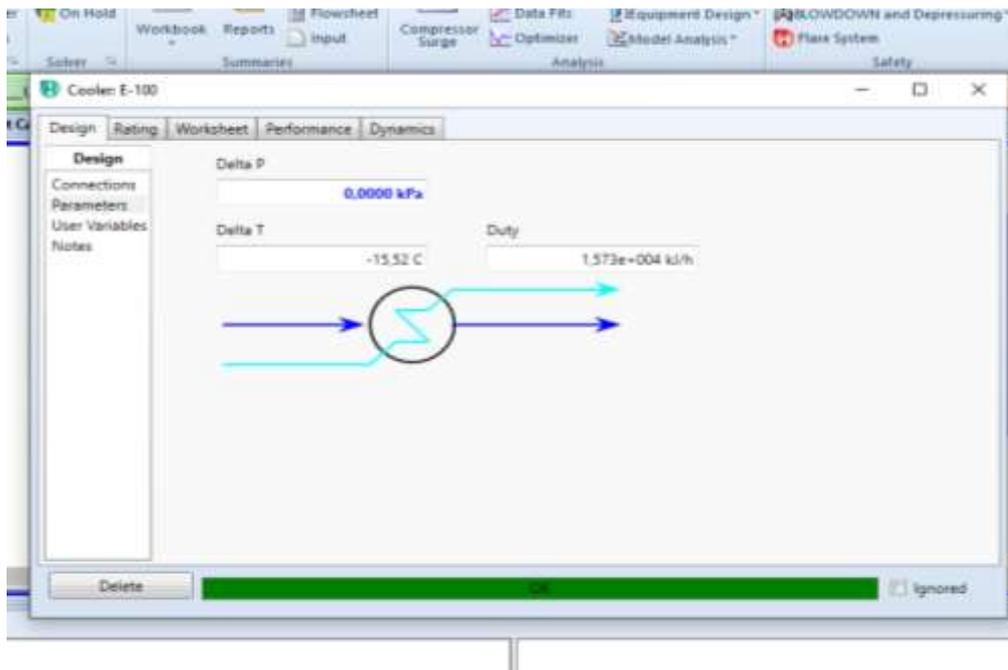


Figura 14. Delta T Cooler.

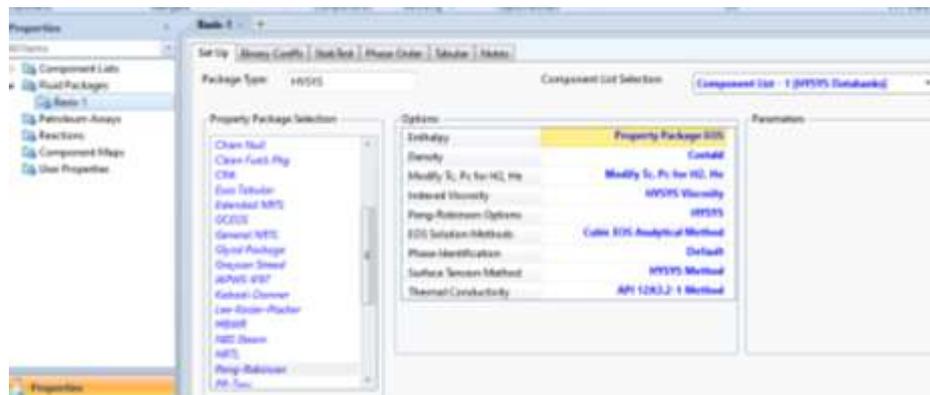


Figura 15. Paquete Peng Robinson y Refrigerante

Cálculos del Análisis Económico

Tabla 14. Inversión de Capital Fijo- Inside Battery Limits ISBL

Equipo	Proveedor	Locación	Costo (USD)	Método Hand (USD)	Detallado (USD)
Tanque 1	Interinox	Quito	525	2866,5	3549
Tanque 2	Interinox	Quito	950	5187	6422
Tamiz	Cnsanwoki Factory Store	México	280,75	1532,895	1347,6
Centrífuga	Zhangjiagang Hengtong Machiner	Jiangsu, China	875,15	4778,319	4025,69

Tanque con refrigeración	Zhangjiagang Hengtong Machiner	Jiangsu, China	1375,25	7508,865	9296,69
Suma			4006,15	21873,579	24640,98
Promedio			23257,28		

Tabla 15. Costos de Ingeniería

Costes de Ingeniería		
Descripción	Costo (USD)	Anual (USD)
1 Ordenador Lenovo 5ta G.	0	0
Software Hysys	75	6,25
Licencias Macros	69	5,75

Tabla 16. Costos Outside Battery Limits

Costos OSBL (Externos)		
Descripción	Monto mensual (USD)	Monto anual (USD)
Renta	800	9600
Agua	50	600
Electricidad	150	1800
Paquete Internet fibra Óptica + teléfono	70	840
1 operario afiliado IESS	480	5760
Equipo de laboratorio calibrado	500	N/A
Alicuota parque industrial	75	900
Gastos equipos oficina	1500	N/A
Suma	3625	19500

Tabla 17. Costo de Materias primas

Materia Prima	Costo kg	Cantidad MP kg	Anual	Mensual	lote 3 días
Manteca de cacao	12,5	500	6250	520,83333	52,08333333
Licopeno	50	100	5000	416,66667	20,83333333
Surfactante	10	700	7000	583,33333	29,16666667

Gastos	Suma (s) 600	18250	1520,8333	102,0833333
	Suma (l) 700			

Tabla 18. Factores típicos para la estimación del coste capital fijo de un proyecto

Factores	Sólido-Fluido
<i>fm acero</i>	1,3
<i>fp tuberia</i>	0,6
<i>fp instalacion equipo</i>	0,5
<i>f eléctrico</i>	0,2
<i>fc civil</i>	0,3
<i>fs estructura</i>	0,2
<i>fl aislamiento</i>	0,1
<i>D&E</i>	0,25
<i>Contingencia</i>	0,1

8.2 Tablas.

Tabla 19. Resultados de potencias de cada equipo tras realizar el balance de Energía. (Ver anexos)

Equipo	Potencia W
<i>Tanque 1</i>	200
<i>Tanque 2</i>	25000
<i>Tamiz</i>	1500
<i>Centrífuga</i>	750
<i>Tanque 3</i>	1000

Tabla 20. Composición manteca de cacao

Composición	Porcentajes %
Triglicéridos (mayormente ácido oleico)	98
Ácidos grasos libres	1
Di glicéridos	0.3-0.5
Mono glicéridos	0.1

Tocoferoles	150-350 ppm
Fosfolípidos	0.05-0.13
Ácido palmítico	24.4-26.7
Esteárico	34.4-35.4
Oleico	(18:1 Oxígeno)

[11].

Tabla 21. Evaluación Económica Proyecto

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>
<i>PERIODO</i>	<i>FECHA</i>	<i>FACTURA</i>	<i>PRODUCCION</i>	<i>INGRESO POR VENTA (USD)</i>	<i>INVERSION (USD)</i>
0	0	0		\$ 0	\$ 47.150
1	2020-05-01	LYC-S001-001	560	\$ 16.800	\$ 0
2	2020-06-01	LYC-S001-002	571	\$ 17.136	\$ 0
3	2020-07-01	LYC-S001-003	583	\$ 17.479	\$ 0
4	2020-08-01	LYC-S001-004	594	\$ 17.828	\$ 0
5	2020-09-01	LYC-S001-005	606	\$ 18.185	\$ 0
6	2020-10-01	LYC-S001-006	618	\$ 18.549	\$ 0
7	2020-11-01	LYC-S001-007	631	\$ 18.920	\$ 0
8	2020-12-01	LYC-S001-008	643	\$ 19.298	\$ 0
9	2021-01-01	LYC-S001-009	656	\$ 19.684	\$ 0
11	2021-02-01	LYC-S001-010	669	\$ 20.078	\$ 0
	TOTAL			\$ 183.955	\$ 47.150

Tabla 22. Flujo Neto de Caja

G	H	I	J
COSTO OPERATIVO (USD)	GASTOS TRANSPORTE/AMORTIZACIONES (USD)	EGRESO TOTAL (USD)	FLUJO NETO DE CAJA (USD)
\$ 0	\$ 0	\$ 0	-\$ 47.150
\$ 3.416	\$ 854	\$ 4.270	\$ 12.810
\$ 3.484	\$ 871	\$ 4.355	\$ 13.066
\$ 3.554	\$ 889	\$ 4.443	\$ 13.328
\$ 3.625	\$ 906	\$ 4.531	\$ 13.594
\$ 3.698	\$ 924	\$ 4.622	\$ 13.866
\$ 3.772	\$ 943	\$ 4.714	\$ 14.143
\$ 3.847	\$ 962	\$ 4.809	\$ 14.426
\$ 3.924	\$ 981	\$ 4.905	\$ 14.715
\$ 4.002	\$ 1.001	\$ 5.003	\$ 15.009
TOTAL= \$ 33.322	\$ 8.330	\$ 41.652	\$ 77.807

Tabla 23. Flujo Neto de Caja Actualizado a una tasa de descuento 2%

K	L	M	N	O	P	Q
Ingreso total actualizado (USD)	Egreso total actualizado (USD)	Flujo de caja actualizado	Sumatoria de flujo de caja actualizado (USD)	RCB	TIR	VAN
\$ 0	\$ 0	-\$ 47.150	-47150	-	#¡NUM!	-\$ 27.776
\$ 16.828	\$ 4.207	\$ 12.621	-34529	4,00	#¡NUM!	-\$ 19.662
\$ 16.910	\$ 4.228	\$ 12.683	-21846	4,00	#¡NUM!	-\$ 11.507
\$ 16.994	\$ 4.248	\$ 12.745	-9101	4,00	#¡NUM!	-\$ 3.313
\$ 17.077	\$ 4.269	\$ 12.808	3707	4,00	-37%	\$ 4.922
\$ 17.162	\$ 4.290	\$ 12.871	16578	4,00	-16%	\$ 13.198
\$ 17.246	\$ 4.312	\$ 12.935	29513	4,00	-4%	\$ 21.514
\$ 17.331	\$ 4.333	\$ 12.998	42511	4,00	5%	\$ 29.871
\$ 17.416	\$ 4.354	\$ 13.062	55574	4,00	10%	\$ 38.270
\$ 17.502	\$ 4.376	\$ 13.127	68700	4,00	10%	\$ 30.533
Total:						
\$ 154.467	\$ 38.617	\$ 68.700	\$ 103.956		10%	\$ 30.533

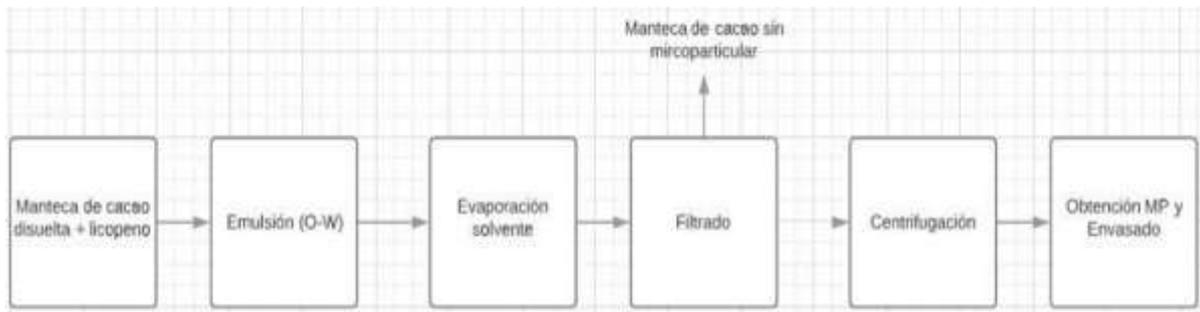


Figura 16. BFD proceso con acetato de etilo como solvente

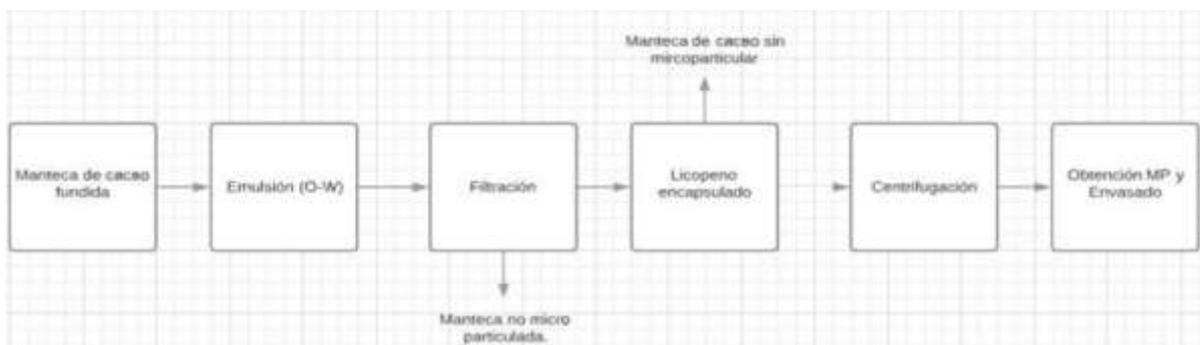


Figura 17. BFD Proceso sin solvente

VALORES DEL COEFICIENTE K EN PÉRDIDAS SINGULARES		
Accidente	K	L/D
Válvula esférica (totalmente abierta)	10	350
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5	175
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2,5	-
Válvula de retención (totalmente abierta)	2	135
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0,2	13
Válvula de compuerta (abierta 3/4)	1,15	35
Válvula de compuerta (abierta 1/2)	5,6	160
Válvula de compuerta (abierta 1/4)	24	900
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-	40
T por salida lateral	1,80	67
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0,90	32
Codo a 90° de radio normal (con bridas)	0,75	27
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0,60	20
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0,45	-
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0,40	-
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0,35	-

Figura 18. Coeficiente K en pérdidas por fricción.

Tabla 1 Características geométricas				
DIAMETRO NOMINAL DN	DIAMETRO INTERIOR (mm.)	TOLERANCIAS (mm.)		EXPESOR DE PARED MÍNIMO RECOMENDADO (mm.)
		DIAMETRO INTERIOR (mm.)	ORTOGONALIDAD DE EXTREMOS	
300	300	±5	10	50
400	400	±5	10	59
500	500	±6	10	67
600	600	±6	12	75
800	800	±7	16	92
1.000	1.000	±8	20	109
1.200	1.200	±9	20	125
1.400	1.400	±10	20	142
1.500	1.500	±11	20	150
1.600	1.600	±11	20	159
1.800	1.800	±12	20	175
2.000	2.000	±13	20	192
2.500	2.500	±15	20	232
3.000	3.000	±15	20	300

Figura 19. Diámetro nominal, interno y espesor de pared.

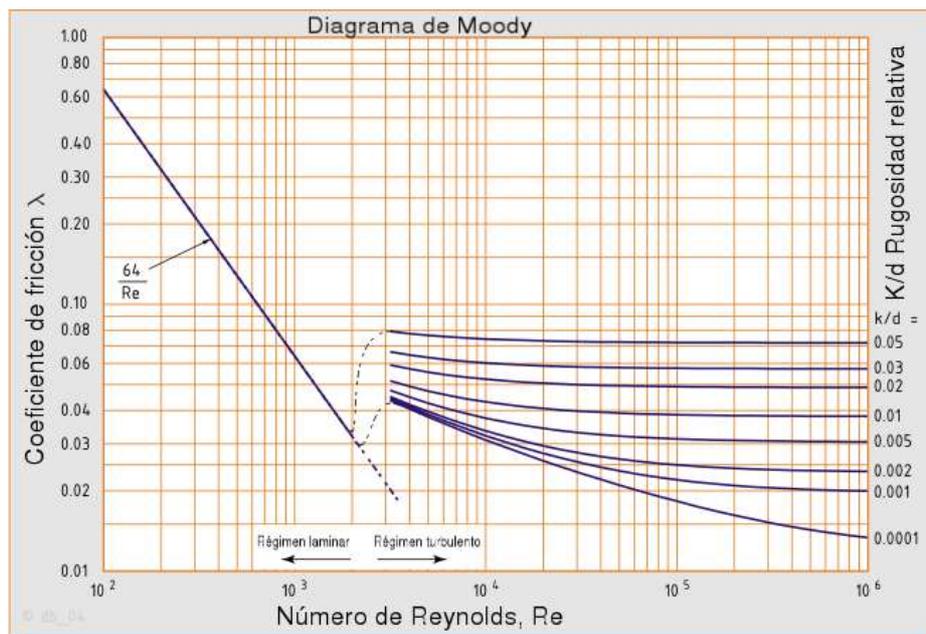


Figura 20. Diagrama de Moody

MATERIAL	RUGOSIDAD K (mm)
Vidrio, cobre	< 0,001
Latón industrial	0,025
Acero nuevo	0,05
Acero soldado oxidado	0,4
Hierro galvanizado	0,15 a 0,20
Cemento bruto	Hasta 3
Hierro dulce nuevo, D = 50 mm	0,042
Hierro dulce, mohoso y viejo, D = 50mm	0,90
Hierro dulce nuevo, D = 75 mm	0,046
Hierro dulce, viejo, D = 75 mm	0,94
Hierro dulce nuevo, D = 100 mm	0,049
Hierro dulce, viejo, D = 100 mm	2,90

Figura 21. Rugosidad absoluta de material.

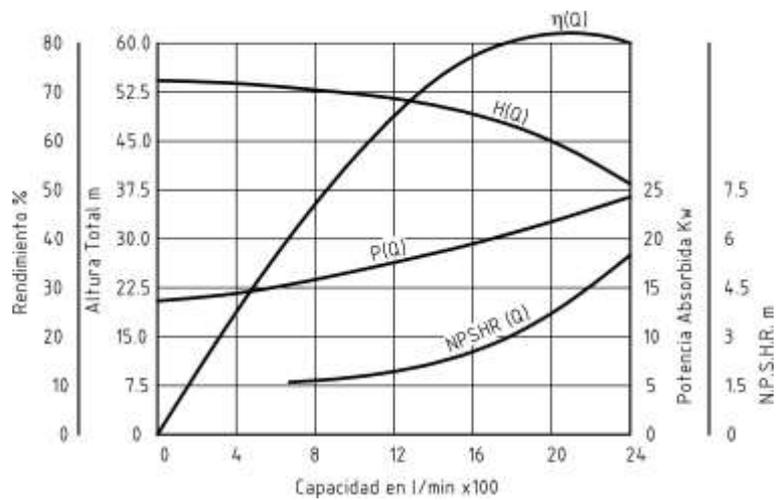


Figura 22. Carga de una bomba.

9. REFERENCIAS

- [1] J. Krutmann *et al.*, “Pollution and skin: From epidemiological and mechanistic studies to clinical implications,” *J. Dermatol. Sci.*, vol. 76, no. 3, pp. 163–168, 2014, doi: 10.1016/j.jdermsci.2014.08.008.
- [2] E. UNIVERSO, “Los ecuatorianos tienen mayor riesgo de sufrir cáncer de piel,” Quito, p. 1, 15-Aug-2019.
- [3] F. Vargas, C. Rivas, A. Nursamaa, and T. Zoltan, “Reacciones de radicales libres con relevancia biológica en la teoría del envejecimiento .,” 2007.
- [4] E. Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas., *Revista cubana de investigaciones biomédicas.*, vol. 14, no. 1. Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas, Ministerio de Salud Pública, 1982.
- [5] A. Svobodová and J. Vostálová, “Solar radiation induced skin damage: Review of protective and preventive options,” *Int. J. Radiat. Biol.*, vol. 86, no. 12, pp. 999–1030, 2010, doi: 10.3109/09553002.2010.501842.
- [6] K. N. Waliszewski and G. Blasco, “Propiedades nutraceuticas del licopeno: [revision]^ies,” *Salud p blica M x*, vol. 52, no. 3, pp. 254–265, 2010.
- [7] G. Hand, “No Title,” 2016. [Online]. Available: /trabajos94/extraccion-del-licopeno-jitomate/extraccion-del-licopeno-jitomate.shtml.
- [8] H. M. C. de Azeredo, “Encapsulação: aplicação à tecnologia de alimentos,” pp. 89–97, 2005.
- [9] A. E. Terán, “Development of microparticles based on cocoa butter and polyvinyl alcohol for ibuprofen controlled delivery.,” *Dev. microparticles based cocoa butter polyvinyl alcohol ibuprofen Control. Deliv.*, vol. I, 2019.

- [10] M. M. Ponce, “Desarrollo de micropartículas de manteca de cacao para la encapsulación y liberación controlada de fármacos Proyecto de investigación María Mercedes Ponce Andrade Resumen,” 2017.
- [11] C. E. Latinoamericano *et al.*, “Manteca De Cacao,” vol. 7, no. 0329–3475, pp. 143–148, 2004.
- [12] J. P. Jamanca Orellana and M. S. Rospigliosi Mendoza, “Análisis comparativo de las estrategias de internacionalización de las empresas Belcorp y Yanbal International en Colombia, México y Estados Unidos en los últimos 5 años y su influencia en el sector femenino,” *Unniversidad Peru. Ciencias Apl.*, p. 64, 2017.
- [13] G. Arias, “Reunión,” 2020.
- [14] A. Landfeld, P. Novotna, J. Strohalm, M. Houska, and K. Kyhos, “Viscosity of cocoa butter,” vol. 2912, 2009, doi: 10.1080/10942910009524623.
- [15] E. Gyedu-akoto, F. Amon-armah, and E. O. K. Oddoye, “Production and Marketing of Cocoa Butter and Shea Butter Based Body Pomadesas A Small Scale Business in Ghana,” no. June 2016, 2015.
- [16] Acofarma, “Ficha de información técnica. Tween.,” p. 4, 2013.
- [17] D. Bp, J. Continental, D. Hydrochloride, G. Simone, and D. Tpo, “Safety data sheet Safety data sheet,” *Carbon N. Y.*, vol. 1173, no. i, pp. 1–8, 2005.
- [18] R. de la ARCSA, “Normativa Sanitaria Para Productos,” no. 706, pp. 1–23, 2018.
- [19] Anon, “Rules for Construction of Pressure Vessels.,” *ASME Boil. Press. Vessel Code*, 1977.
- [20] S. Perry, R. H. Perry, D. W. Green, and J. O. Maloney, *Perry’s chemical engineers’ handbook*, vol. 38, no. 02. 2000.

- [21] G. Towler and R. Sinnott, *Chemical Engineering Design. Principles, practice and economics of plant and process design*. 2008.
- [22] S. y T. A. C. Ltda, “Sytsa S.A,” 2018. [Online]. Available: https://sytsa.com.ec/?page_id=442.
- [23] Banco del Pichincha, “Tarifario Banco de Pichincha,” 2020. [Online]. Available: <https://www.pichincha.com/portal/Informacion/Transparencia/Tasas-de-interes-y-tarifas-por-servicio>.
- [24] J. C. Smith and P. Harriott, “Solutions Manual to accompany Unit Operations of Chemical Engineering Seventh Edition Prepared by,” 2005, doi: 10.1093/jnci/djh106.
- [25] V. A. Atiemo-Obeng and R. V. Calabrese, *Rotor–Stator Mixing Devices*. 2004.
- [26] F. Maleky and A. Marangoni, “Thermal and mechanical properties of Cocoa butter crystallized under an external laminar shear field,” *Cryst. Growth Des.*, vol. 11, no. 6, pp. 2429–2437, 2011, doi: 10.1021/cg200202u.
- [27] Polimex, “Catalogo-de-Resistencias-Electricas-Polimex-2017.pdf.” 2019.
- [28] I. Farmac and I. Qu, “Centrífugas para la Industria Farmacéutica Centrífugas para la Industria Química Centrífugas para la Industria del Almidón,” *ComiCondor*, vol. 1, p. 12, 2017.