



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN
DE DETERGENTE LÍQUIDO BIODEGRADABLE A PARTIR DE LA
SAPONINA DEL CHOLOQUE (*Sapindus mukorossi*)**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar por al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: DANIELA SOFIA PALADINES LARGO

DIRECTORA: ING. MAYRA PAOLA ZAMBRANO VINUEZA, Mgs.

Riobamba-Ecuador

2023

©2023, Daniela Sofía Paladines Largo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, DANIELA SOFIA PALADINES LARGO, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.




Riobamba, 26 de enero del 2023



Daniela Sofía Paladines Largo
C.I. 50088727-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE DETERGENTE LÍQUIDO BIODEGRADABLE A PARTIR DE LA SAPONINA DEL CHOLOQUE** (*Sapindus mukorossi*) de responsabilidad de la señorita **DANIELA SOFÍA PALADINES LARGO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Integración Curricular, quedando autorizada su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Cesar Arturo Puentes Guijarro, PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-01-26
Ing. Mayra Paola Zambrano Vinuesa, Mgs. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-01-26
Ing. Marlene Jacqueline García Veloz, Mgs. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-01-26

DEDICATORIA

A Dios y mi hijo, Josué.

Daniela

AGRADECIMIENTO

Gratitud permanente a Dios y mi hijo Josué, el motivo principal de alcanzar mis metas.

Un agradecimiento especial a la directora de este proyecto, Ing. Mayra Zambrano Vinueza, no sólo por su guía académica, también por el apoyo humano en todo momento. A la Ing. Marlene García Veloz, miembro de este trabajo por su tiempo y valioso aporte para culminar mi trabajo de integración curricular.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y de manera especial a la Facultad de Ciencias la cual me formó como buena profesional y en la que obtuve conocimientos invaluableles.

A la Asociación AMUPAKIN por brindarme la oportunidad de realizar mi trabajo de integración curricular como un aporte a su línea y área de producción que rescata la sabiduría y tradición ancestral de las chakras mamas.

Agradezco a quienes fueron mis docentes durante toda la carrera universitaria, por su compromiso de enseñar con calidad y calidez.

Finalmente agradezco a Yessenia Aucanshala, Judith Hurtado y Erick Ramos con quienes compartí una hermosa amistad, gracias por su lealtad y compañerismo en todo el proceso.

Daniela

Comentado [RISH1]: Coloque como indica la guía

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	11
ÍNDICE DE ANEXOS.....	12
RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
INTRODUCCIÓN.....	15

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.1. Antecedentes.....	16
1.2. Identificación del problema.....	16
1.3. Justificación del proyecto.....	17
1.4. Beneficiarios directos e indirectos.....	17
1.4.1. Beneficios e indirectos.....	17
1.4.2. Beneficiarios indirectos.....	18
1.5. Localización del Proyecto.....	18
1.6. Objetivos.....	19
1.6.1. General.....	19
1.6.2. Específicos.....	19

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. Antecedentes de la investigación.....	20
2.2. Referencia Teóricas.....	23
2.2.1. Choloque (<i>Sapindus mukorossi</i>).....	23
2.2.2. Fruto del árbol del jabón <i>Sapindus mukorossi</i>	24
2.2.3. Taxonomía.....	24
2.2.4. Saponinas.....	24
2.2.5. Características y propiedades de la saponina.....	25
2.2.5.1. Físicas.....	25
2.2.5.2. Químicas.....	25

2.2.5.3. <i>Biológicas</i>	26
2.2.6. <i>Saponinas del choloque</i>	26
2.2.7. <i>Extracción por maceración (sólido – líquido)</i>	27
2.2.8. <i>Detergente biodegradable</i>	27

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO	28
3.1. Tipo de estudio	28
3.2. Metodología	28
3.2.1. Métodos	28
3.2.1.1. <i>Método Inductivo</i>	28
3.2.1.2. <i>Método Deductivo</i>	29
3.2.1.3. <i>Método Experimental</i>	29
3.2.2. Técnicas	29
3.2.2.1. <i>Determinación del pH</i>	30
3.2.2.2. <i>Determinación de la densidad</i>	30
3.2.2.3. <i>Determinación de la viscosidad</i>	31
3.2.2.4. <i>Determinación de los grados °Brix</i>	32
3.2.3. Experimentación a nivel laboratorio	33
3.2.3.1. <i>Materiales de laboratorio</i>	33
3.2.3.2. <i>Descripción del procedimiento para la obtención de saponina</i>	33
3.2.3.3. <i>Descripción del procedimiento para la obtención de detergente líquido biodegradable a partir de saponina de choloque</i>	43
3.2.3.4. <i>Diagrama de elaboración del detergente líquido biodegradable</i>	44
3.2.3.5. <i>Variables del proceso</i>	46
3.3. Cálculos ingenieriles	47
3.3.1. <i>Balances de masa</i>	48
3.3.2. <i>Balance de energía</i>	56
3.3.3. <i>Propuesta de diseño</i>	57

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	94
4.1. Resultados de cálculos del diseño	94
4.2. Validación del proceso y producto	97

4.3. Proceso de rroducción	98
4.3.1 <i>Materia prima e insumos para la obtención de detergente líquido biodegradable ..</i>	98
4.3.2. <i>Diagrama de proceso de obtención de aceite esencial a escala industrial</i>	99
4.3.3. <i>Capacidad de obtención del producto</i>	100
4.4. Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria	100
4.4.1. <i>Requerimientos de equipos</i>	101
4.5. Análisis de costo/beneficio del proyecto	102
4.5.1 <i>Inversión fija</i>	102
4.5.2. <i>Determinación de egresos</i>	104
4.5.3. <i>Financiamiento</i>	106
4.5.4. <i>Determinación de ingresos anuales</i>	106
4.5.5. <i>Cálculo de valor actual neto tasa de retorno interno y periodo de recuperación ...</i>	107
4.5.5.1. <i>Valor actual neto</i>	107
4.5.5.2. <i>Tasa interna de retorno</i>	108
4.5.5.3. <i>Periodo de recuperación de la inversión.....</i>	109
4.6. Análisis y discusión de resultados	111
CONCLUSIONES.....	113
RECOMENDACIONES.....	114
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

Comentado [RISH2]: Aplique la normativa

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Localización geográfica de Archidona	18
Tabla 1-2:	Taxonomía del <i>Sapindus mukorossi</i>	24
Tabla 2-2:	Contenido de saponinas del fruto de choloque	26
Tabla 1-3:	Determinación del PH	30
Tabla 2-3:	Determinación de la densidad	30
Tabla 3-3:	Determinación de viscosidad	31
Tabla 4-3:	Índice de refracción	32
Tabla 5-3:	Principales materiales utilizados en la obtención de la saponina de la fruta “choloque”	33
Tabla 6-3:	Aspecto físicos de la materia prima	34
Tabla 7-3:	Datos de triturado del fruto en las 6 muestras	36
Tabla 8-3:	Extracción de saponina con la aplicación de solvente (Método frío)	38
Tabla 9-3:	Datos de troceado del fruto en las muestras 7 y 8	39
Tabla 10-3:	Filtrado	40
Tabla 11-3:	Datos de extracción de saponina por ebullición con agua	41
Tabla 12-3:	Datos de extracción de saponina	41
Tabla 13-3:	Datos de prueba de la espuma	42
Tabla 14-3:	Formulaciones	44
Tabla 15-3:	VARIABLES DEL PROCESO	47
Tabla 16-3:	Datos para curva de filtración	79
Tabla 17-3:	Anchos de bandas normalizados	91
Tabla 18-3:	Diámetro de rodillos en función del ancho de banda	92
Tabla 1-4:	Dimensionamiento del tanque de lavado y desinfección	94
Tabla 2-4:	Dimensionamiento mesa de escurrimiento	94
Tabla 3-4:	Dimensionamiento del triturador	94
Tabla 4-4:	Dimensionamiento del tanque evaporador	95
Tabla 5-4:	Dimensionamiento del filtro al vacío	96
Tabla 6-4:	Dimensionamiento del homogeneizador	96
Tabla 7-4:	Dimensionamiento del homogeneizador	97
Tabla 8-4:	Resultados organolépticos	97
Tabla 9-4:	Análisis fisicoquímico resultante del detergente líquido biodegradable “Choloque”	98
Tabla 10-4:	Materia prima	98

Tabla 11-4:	Insumos para la producción.....	98
Tabla 12-4:	Equipos requeridos en el proceso.....	101
Tabla 13-4:	Equipos para la línea principal del proceso.....	102
Tabla 14-4:	Equipos para control y seguimiento del proceso.....	103
Tabla 15-3:	Inversiones en la estructura física.....	103
Tabla 16-4:	Recursos humanos para el montaje e instalación del proceso.....	104
Tabla 17-4:	Inversión fija.....	104
Tabla 18-4:	Servicios básicos.....	104
Tabla 19-4:	Recursos humanos para la producción del detergente.....	105
Tabla 20-4:	Costo de elaboración del detergente líquido biodegradable (98 unidades de 1L)	105
Tabla 21-4:	Egresos.....	106
Tabla 22-4:	Costos totales de inversión fija y egresos.....	106
Tabla 23-4:	Ingresos anuales.....	107
Tabla 24-4:	VAN.....	108
Tabla 25-4:	Cálculo de tasa interna de retorno.....	108
Tabla 26-4:	Periodo de Recuperación de la inversión.....	109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1:	Localización de la Asociación AMUPAKIN	18
Ilustración 2-2:	Estructura química de la saponina.....	25
Ilustración 1-3:	Choloque maduro	34
Ilustración 2-3:	Choloque post-maduración	34
Ilustración 3-3:	Lavado de la fruta madura.....	35
Ilustración 4-3:	Lavado de la fruta post-maduración	35
Ilustración 5-3:	Colocación del etanol en las muestras.....	36
Ilustración 6-3:	Filtrado al vacío.....	37
Ilustración 7-3:	Rotavapor	37
Ilustración 8-3:	Muestras de saponina obtenida	38
Ilustración 9-3:	Ebullición del choloque troceado	39
Ilustración 10-3:	Filtrado al vacío.....	40
Ilustración 11-3:	Muestras obtenidas	40
Ilustración 12-3:	Prueba de la espuma en todas muestras.....	42
Ilustración 13-3:	Altura en la prueba de espuma	43
Ilustración 14-3:	Prueba de la espuma en la muestras 7 y 8	43
Ilustración 15-3:	Biodegradabilidad del tensoactivo	44
Ilustración 16-3:	Diagrama de proceso en el laboratorio.....	46
Ilustración 17-3:	Balance de masa desinfección.....	48
Ilustración 18-3:	Balance de masa triturado	50
Ilustración 19-3:	Balance de masa extracción	52
Ilustración 20-3:	Balance de masa filtrado	52
Ilustración 21-3:	Balance de masa homogenizado	54
Ilustración 22-3:	Esquema de rodillos trituradores	61
Ilustración 23-3:	Esquema de tolva considerada	62
Ilustración 24-3:	Esquema del sistema de rodillos	69
Ilustración 25-3:	Ejemplo de serpentín	73
Ilustración 26-3:	Ejemplo de serpentín	75
Ilustración 27-3:	Curva de filtración.....	79
Ilustración 28-3:	Esquema de filtración.....	82
Ilustración 29-3:	Catalogo de bombas al vacío.....	85
Ilustración 1-4:	Proceso de obtención del detergente líquido biodegradable	99
Ilustración 2-4:	Capacidad de producción	100

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL DETERGENTE LÍQUIDO BIODEGRADABLE

ANEXO B: EXTRACCIÓN FRÍA (ETANOL 96%)

ANEXO C: EXTRACCIÓN CALIENTE (EBULLICIÓN CON AGUA)

ANEXO D: PRUEBA DE LA ESPUMA

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue diseñar un proceso industrial para la obtención de detergente líquido biodegradable a partir de la saponina del choloque (*Sapindus mukorossi*). Inicialmente se realizó la extracción de saponina mediante ebullición y se ejecutó el control de calidad respectivo, para formar parte del producto final que se elaboró en el laboratorio de Procesos industriales de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Se efectuó la obtención de saponina por dos métodos, la primera extracción en frío con etanol al 96% y la segunda en caliente mediante ebullición con agua, esta última presentó mayor eficiencia para obtener la saponina, para ello se llevó a cabo un lavado, troceado, evaporado y filtrado del extracto. Se obtuvo las características fisicoquímicas de la saponina obtenida como: Densidad (1,01g/ml); pH (6,18); °Brix (3,03); Índice de refracción y viscosidad (381,5cP). Posteriormente se elaboró el detergente líquido biodegradable en base a la Norma NTE INEN 0847 y presentó los siguientes resultados para su validación: Materia grasa total (3,3%); Materia insoluble en agua (0,67%); P₂O₅ (3,2%); Biodegradabilidad del tensoactivo (98,84%); Viscosidad (381,5 mPas); Densidad (1,01 g/ml) y pH (4,04). Finalmente se realizó el envasado en recipientes de 1L y se determinó que al producir 100kg de choloque diario, en 5 días laborables a la semana el análisis económico indicó que el proyecto es viable con indicadores financieros como el VAN, TIR y el tiempo de recuperación de lo invertido de 1 año y 13 días, con un coste de producción de \$1,94 y un PVP de \$3,88. Se recomienda un estudio botánico en las sus plantaciones para llegar a obtener una materia prima “choloque” de calidad.

Palabras claves: <PRODUCTOS NATURALES>, <CHOLOQUE (*Sapindus mukorossi*)>, <EXTRACCIÓN>, <SAPONINA>, <DETERGENTE LÍQUIDO BIODEGRADABLE>.



ABSTRACT

The objective of this study consisted of designing an industrial process to obtain biodegradable liquid detergent from the saponin of the choloque (*Sapindus mukorossi*). Initially, the extraction of saponin was carried out by boiling and the respective quality control was carried out, to make up a part of the final product that was elaborated in the laboratory of Industrial Processes of the Faculty of Sciences of the Polytechnic School of Chimborazo. Saponin was obtained by two methods, the first extraction in cold with 96% ethanol and the second in hot by boiling with water; the latter presented greater efficiency to obtain the saponin, for which a washing, chopping, evaporation and filtering process of the extract was carried out. The physicochemical characteristics of the saponin obtained were: density (1.01g/ml); pH (6.18); °Brix (3.03); refractive index and viscosity (381.5cP). Subsequently, the biodegradable liquid detergent was prepared based on NTE INEN Standard 0847 and presented the following results for validation: total fatty matter (3.3%); water-insoluble matter (0.67%); P2O5 (3.2%); surfactant biodegradability (98.84%); viscosity (381.5mPas); density (1.01 g/ml) and pH (4.04). Finally, packaging was carried out in 1L containers, and it was determined that by producing 100Kg of choloque daily, in 5 working days a week, the economic analysis indicated that the project is viable with financial indicators such as NPV, IRR and the recovery time of the investment of 1 year and 13 days, with a production cost of \$1.94 and a PVP of \$3.88. A botanical study is recommended in their plantations to obtain a quality raw material "choloque".

Key words: <NATURAL PRODUCTS>, <CHOLOQUE (*Sapindus mukorossi*)>, <EXTRACTION>, <SAPONIN>, <BIODEGRADABLE LIQUID DETERGENT>.



Abg. Ana Gabriela Reinoso Mgs.

Ced: 1103696132

INTRODUCCIÓN

Dentro de la diversidad de plantas naturales que existe en el Ecuador, se encuentra una a la cual no se le ha brindado el interés necesario y con ello no se han aprovechado sus propiedades, esta es la *Sapindus mukorossi* “Choloque” o también se le conoce como bajoncillo o detergente natural. Por lo tanto, es un árbol cuyo fruto al estar en contacto con el agua genera abundante espuma, es por ello por lo que ejerce una acción de limpieza.

Este fruto se puede encontrar en lugares tropicales de América, tradicionalmente son usados los frutos maduros para lavar la ropa, utensilios de cocina, agente de limpieza corporal, entre otros. Mientras que en el caso de la medicina es usado para tratar hongos y aliviar inflamaciones. A comparación con detergentes producidos con formulaciones con compuestos químicos, el detergente de choloque presenta la capacidad de ser biodegradable, por lo que no causa mayores daños a las fuentes de agua, causando un menor impacto en la naturaleza. Además, ser considerado como una opción ecológica, beneficiosa y efectiva, pero con el pasar del tiempo su uso ha ido disminuyendo por lo que se le considera un fruto ancestral, ya que ha sido reemplazado con la producción industrial del detergente industrial y productos similares (Ulloa Cruz y Mori Guardia, 2020).

Ahora bien, la saponina contenida en el fruto se le atribuye la propiedad tensoactiva y hemolítica por ser glicósidos hidrosolubles de naturaleza alifática. Además, están constituidas por azúcares en forma de acetales, que son solubles en agua generando espumabilidad al ser agitadas, su núcleo es lipofílico porque está enlazado a un átomo de carbono anomérico por ende se denomina aglicón, formando una estructura esteroide o triterpenoide, con una o más cadenas de carbohidratos y una parte hidrofílica constituida por unidades de monosacáridos.

En el primer capítulo de este documento se detalla antecedentes, el planteamiento del problema que describe el interés del fruto para la elaboración de detergente líquido biodegradable, la formulación del problema y la justificación que especifica porque es necesario el aprovechamiento del choloque y la producción de un producto para darle un valor agregado.

En el segundo capítulo se expone el marco referencial y teórico donde se detalla características del choloque, así como sus propiedades.

En el tercer capítulo se encuentra la metodología aplicada y los cálculos ingenieriles para el diseño del proceso industrial para la obtención de producto final.

Finalmente, el cuarto capítulo corresponde a los resultados obtenidos en el dimensionamiento de los equipos y resultados fisicoquímicos del detergente líquido biodegradable, así como análisis costo-beneficio del producto.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

El interés por el uso de productos amigables con el medio ambiente cada día está generando un impacto positivo y consiente en la sociedad. Los detergentes son unos de los productos de consumo masivo más vendidos en el mercado, por lo cual la industria está en constante crecimiento, puesto que desea satisfacer directamente las necesidades de sus clientes que demandan productos más baratos, de gran desempeño e incluso con características medioambientales. La inclinación de los consumidores hacia productos con impacto ambiental bajo va creciendo a nivel mundial. Gracias al aumento de conciencia ecológica la demanda de este tipo de productos crecerá e incluso sería superior a la de los productos que no tienen esta característica.

Desde hace mucho tiempo en la provincia de Napo se ha observado que las mujeres kichwas utilizan el fruto del choloque para extraer su semilla (negra y redonda) para elaborar artesanías combinándolas con diferentes semillas, tales piezas son muy cotizadas por los turistas nacionales y extranjeros. Sin embargo, el pericarpio de dicho fruto es desechado, desconociendo el alto contenido de saponina que proviene de este, el cual será aprovechado en la elaboración de detergente líquido biodegradable, característica que le ofrece a nuestro producto un valor agregado, que en la actualidad es muy valorado por el mercado que aprecia el consumo de este tipo de productos. Incentivando a realizar diseños de procesos industriales para la producción y comercialización de detergentes líquidos con bases de origen natural, buscando aportar al desarrollo de la economía de mi país, mejorando el estilo de vida en mi provincia y el cuidado al medio ambiente.

1.2. Identificación del problema

En la industria del lavado existen numerosas formulaciones de jabones químicos que poseen propiedades limpiadoras y blanqueadoras, sin embargo, éstos son muy sensibles a los cationes divalentes, especialmente al calcio (sosa cáustica) el cual produce sales insolubles en el agua, además, se componen de cadenas alquílicas altamente ramificadas haciéndolas resistentes al ataque microbiano por lo que son muy poco biodegradables, provocando contaminación en el agua, la pérdida de fauna y flora en ríos y lagos (Villacrés et al., 2019).

El uso de detergentes y jabones, toman el tercer puesto en agentes contaminantes del agua al contener ciertas sustancias como tensoactivos, colorantes y fosfatos que cumplen funciones de remoción de mugre e ilusión óptica de la prenda (Arias et al., 2019). Tales causas incentivan el interés de crear detergentes biodegradables con sustancias de origen vegetal que no generen un impacto negativo en el ecosistema mientras rescatamos la tradición y cultura de nuestros antepasados en la actividad frecuente del lavado de ropa, mediante el fruto del árbol choloque donde era usado como jabón por su alto contenido de saponina, la cual tienen la capacidad de romper la tensión superficial atrapando la grasa y suciedad.

1.3. Justificación del proyecto

Sustituir los compuestos químicos (tensoactivos) de los detergentes comunes por moléculas orgánicas (saponina) extraídas del fruto del árbol de choloque como materia prima mediante el método de extracción por disolventes y por cocción o infusión, para la obtención de detergente líquido de uso doméstico frecuente, usando la saponina que es biodegradable y que el producto no cause daño a los recursos hídricos, siendo una alternativa ecológica, económica y efectiva, así el agua que se usa en el lavado no contamine y pueda ser utilizada como agua de riego.

El estudio de mejoramiento, innovación y creación de procesos para mitigar la contaminación del medio ambiente, en especial del agua están usando diversas alternativas como materia prima que sean amigables con el medio ambiente, por lo que incentiva al desarrollo del trabajo de integración curricular dentro de la industria del lavado, mediante la elaboración de un líquido biodegradable de origen vegetal, rescatando la tradición de muchos pueblos ancestrales amazónicos ecuatorianos en la actividad diaria del lavado de prendas de vestir y limpieza de vajillas empleando el fruto del árbol de nombre común *Sapindus mukorossi* como jabón por su abundante espuma. Collogo et al. (2008) considera que el choloque es un fruto una gran cantidad de saponina, haciéndolo apto para ser utilizado como materia prima, para la elaboración del detergente biodegradable considerándolo amigable con el medio ambiente y de beneficio económico para la sociedad. Por tal motivo se justifica el diseño de un proceso industrial para la obtención de detergente líquido biodegradable a partir de la saponina del choloque (*Sapindus mukorossi*).

1.4. Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1. Beneficios e indirectos

La Asociación AMUPAKIN, al innovar un producto nuevo 100% biodegradable y que sea amigable con el ambiente.

1.4.2. Beneficiarios indirectos

- El sector agrícola, al incrementar la demanda de un fruto ancestral que antiguamente era usado como detergente.
- Los moradores del sector al tener una oportunidad de comercialización de un producto como es el detergente líquido a base del fruto de un árbol amazónico del sector, dando un valor agregado al mismo.

1.5. Localización del Proyecto

El presente proyecto será efectuado en la Asociación AMUPAKIN que se localiza en el cantón de Archidona, específicamente en la Calle Teniente Hugo Ortiz, Ruta Panamericana/Ecuador 45, en la provincia de Napo.

Tabla 1-1: Localización geográfica de Archidona

Longitud	-77,810550
Latitud	-0,925117
Rango altitudinal	577 m.s.n.m
Clima	Temperatura Promedio 24°C

Fuente: Instituto Nacional de Riego (INAR)
Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.



Ilustración 1-1: Localización de la Asociación AMUPAKIN

Fuente: Google Maps, 2022.

1.6. Objetivos

1.6.1. General

Diseñar un proceso industrial para la obtención de detergente líquido biodegradable a partir de la saponina del choloque (*Sapindus mukorossi*).

1.6.2. Específicos

- Definir el proceso experimental para extraer saponina a partir del choloque, que involucre la caracterización inicial de la saponina obtenida para usarse como materia prima (*Sapindus mukorossi*).
- Obtener datos experimentales a escala de laboratorio para elaborar un detergente líquido biodegradable a partir de la saponina del choloque.
- Identificar las variables, parámetros y operaciones para el diseño del proceso, mediante la obtención de datos experimentales a escala de laboratorio
- Elaborar los cálculos ingenieriles para el diseño del proceso industrial en la obtención del detergente líquido biodegradable.
- Analizar el producto final obtenido en base a la norma NTE INEN 0847: Agentes Tensoactivos. Detergente líquido. Con finalidad de validar el diseño de ingeniería.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Los siguientes estudios están relacionados con la extracción de saponina desde diversas fuentes de origen vegetal como materia prima para la elaboración de detergentes biodegradables, útiles como apoyo dentro de esta investigación.

Obtención de detergente líquido usando saponina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), cabuya (*Sisalana perrine*) y su diseño de producción.

Desde la aparición de la industria, así como obtenemos productos de mejor uso, también experimentamos cambios que perjudican nuestros recursos hídricos. Un ejemplo muy claro de ello es la presencia de tensoactivos en los detergentes, que por su naturaleza forman una capa de grasa en la superficie evitando el paso del oxígeno hacia el interior, provocando la muerte de las especies acuáticas, y sus restos al descomponerse emanan olores fuertes. La industrialización de la quinua se realiza por vía seca que se conoce como escarificación, el polvillo es desechado sin uso alguno. Para el caso del chocho al realizar el lavado se elimina la saponina en su totalidad, en ríos, acequias o alcantarillado. Y en la industrialización de la cabuya en la producción de cuerdas, el zumo con alto contenido de saponina también es desechado sin ninguna utilidad. Por esta razón se diseñó un proceso para obtener un detergente líquido amigable con el medio ambiente, utilizando como materia prima los “desechos” generados en la industrialización de quinua, chocho y cabuya, utilizando su contenido de saponina que es biodegradable. La saponina se obtuvo por extracción simple utilizando como solvente etanol al 96% de pureza. Donde sus propiedades fisicoquímicas fueron: densidad 1,11g/mL; temperatura 20,2°C; pH 6,64; IR 1,372; °Brix 25 y viscosidad 386,8 cP. El detergente obtenido se rigió bajo la Norma NTE INEN 0847 (2009), obteniendo de materia grasa un 3,28% de alcalinidad libre (NaOH) 0%, de materia activa 36,12%, fosfatos 0,08% y biodegradabilidad 94%, lo que indica que es un producto libre de álcalis, silicatos de sodio anticorrosivos, estabilizadores de espuma de amida, carboxi metil celulosa para la formación de suspensiones de partículas de suelo, blanqueadores, suavizantes de tejidos, enzimas, abrillantadores ópticos y sulfato de sodio que son contaminantes, por lo tanto aportaría a la conservación ecológica del planeta, por lo que se puede comercializar, además se realizó los cálculos de los índices financieros dando como resultado un VAN de \$174.074,21 un TIR de 87% con un índice de rentabilidad de 2,82 siendo una muy buena opción para una microempresa por lo que se considera un proyecto totalmente viable (Villacrés et al., 2019).

Obtención de saponina del cormo de gladiolo (*Gladiolus communis Linnaeus*) mediante

extracción por solventes orgánicos

La siguiente investigación consistió en obtener saponina del cormo de *Gladiolus communis Linnaeus* por medio de solventes orgánicos como el acetato de etilo y butanol en las diferentes etapas. Las variables que se controlaron fueron la velocidad de agitación magnética y la concentración del solvente etanol; estas se desarrollaron en un diseño factorial de 16 tratamientos en total, siendo los resultados evaluados en forma cualitativa, usando el reactivo de Liebermann-Burchard y cuantitativo mediante cromatografía en capa fina y uso del espectrofotómetro IR. El procedimiento implicó un previo acondicionamiento de los cormos, para proceder al desengrase de la muestra asignada (10 g) por agitación magnética con el solvente acetato de etilo (1:10p/v), luego se maceró con etanol a diferentes concentraciones, se combinaron los extractos y se evaporó el solvente por completo en baño maría y finalmente se trató con el solvente etanol-butanol (3:1v/v) para ser llevado al rotavapor a fin de concentrar la saponina. Se sembraron la muestra patrón y las muestras en estudio a diferentes concentraciones en las placas HPLC SILICA GEL para la comprobación de la presencia de saponina, el mejor resultado se evidenció en la muestra sometida a 400 rpm de agitación magnética y 70% de concentración en etanol, obteniéndose 0.8515 g de producto final con concentración de saponina del 40% (Figueroa y Díaz, 2016).

Extracción de saponinas del fruto de la *Sapindus saponaria* (Choloque) Y SUS aplicaciones

Según Alarcón (2016). El indiscriminado uso de productos no degradables en el hogar y en las industrias se ha convertido en una de las causas más contaminantes de la fuente de agua, suelo, aire debido a que sus propiedades químicas impiden el equilibrio con la atmósfera y alteran el proceso de eutrofización del agua perturbando sus condiciones naturales. Es por ello que el presente trabajo comprende el estudio diferentes métodos con la finalidad de determinar el más eficiente y viable para la extracción de saponinas del fruto *Sapindus saponaria* (choloque) y su posible utilización en la industria peruana e internacional. La extracción se realizó por el método de Wall (1952). Al final se obtuvo un extracto bruto de saponinas, el cual se hidrolizó dando cristales pardos que por cristalización llegan a color blanco.

Formulación de un jabón líquido a base del extracto acuoso de la cascarilla del *Chenopodium quinoa Willd* “Quinoa”

La presente investigación se realizó con el objetivo de formular un jabón líquido a base del extracto acuoso de la cascarilla del *Chenopodium quinoa Willd* “quinua”. Se desarrolló en el Centro de Desarrollo, Análisis y Control de Calidad de Medicamentos y Fitomedicamentos (CEDACMEF) de la Escuela de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se utilizó muestras recolectadas en el distrito de Huamanguilla, provincia de Huanta de la región Ayacucho. Ubicado a 2750 m.s.n.m. Se desarrolló tres formulaciones de jabón líquido al 30%, 50%, 70% a base del extracto acuoso. Se realizó estudios de detergencia, humectación y poder espumogeno utilizando el método del test correspondiente. El extracto

acuoso de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua” presenta características organolépticas como: color beige, olor característico, sabor dulce y un aspecto de polvo fino homogéneo, muy soluble en agua, soluble en alcohol, no soluble en cloroformo y su pH es de 3.70. Características fisicoquímicas como: humedad 9,60 %, cenizas totales 2,17 % compuesto químico como: saponina triterpénicas. Se elaboraron tres formulaciones de jabón líquido a 30%, 50% y 70%; donde se determinó que la formulación al 70% fue la que más se aproximó al estándar en sus características como detergencia, humectación, poder espumogeno y extensibilidad. Los datos obtenidos en la presente investigación fueron evaluados estadísticamente por el método de ANOVA y DUNCAN para los valores de humectación, detergencia, poder espumogeno e índice de extensibilidad, con un nivel de significancia estadística de 0,05. Por lo cual se concluye que el Jabón líquido a la concentración al 70% tiene buenos atributos de humectación, detergencia y poder espumogeno en comparación con el jabón líquido estándar (Gutierrez, 2018).

Aprovechamiento como tensoactivo de las saponinas del pericarpio de los frutos de *Sapindus saponaria* L. para formar jabones más amigables con la piel

Los efectos negativos que los detergentes iónicos sintéticos ocasionan sobre la piel y el medio ambiente están muy bien establecidos, razón por la cual se buscan nuevas alternativas menos tóxicas y contaminantes. Los frutos de *Sapindus saponaria*, particularmente el pericarpio, ha sido tradicionalmente usado en nuestro país, como un jabón natural por sus propiedades como agente de limpieza y su capacidad para producir espuma. Tomando en consideración esta sugerencia popular y que estos frutos es una rica fuente de saponinas más del 35%, el presente de investigación comparó formulaciones usando polvo de este pericarpio con jabones comerciales de reconocido consumo nacional. Se encontró que estas saponinas como detergente, producen espuma estable igual o mejor que los jabones comerciales y se observó, mediante experimentos. Con piel de cerdo manchadas con mezclas lipofílicas, que la efectividad para limpiar estas manchas es superior a la que producen los jabones comerciales. También, los resultados de las pruebas con piel humana In vivo demostraron un efecto mínimo de las saponinas sobre la pérdida de agua transepidermal, así como un proceso de recuperación de las características eléctricas normales después de la acción de las saponinas, lo que significa que no se provocan alteraciones sobre la capa hidrolipídica de la epidermis y su humectación. Estos resultados, permiten recomendar las saponinas contenidas en el polvo del pericarpio de estos frutos como principios activos para formular jabones aptos para la piel humana y animal y amigable con el ambiente por sus propiedades biodegradables (Angulo, 2017).

2.2. Referencia Teóricas

2.2.1. Choloque (*Sapindus mukorossi*)



Ilustración 1-2: Árbol de la nuez de jabón (*Sapindus mukorossi*)

Realizado por: Paladines, Daniela. 2022.

Conocido como nueces de jabón, es un árbol bastante grande, caducifolio, generalmente de hasta 12 m de altura, a veces alcanza una altura de 20 m y una circunferencia de 1,8 m, con una copa globosa y follaje coriáceo bastante fino (Sindhu, 2011). El choloque así también conocido es un árbol silvestre que tiene la capacidad de acoplarse a distintos tipos de suelos (calizos hasta volcánicos) y no necesita de muchos nutrientes o materia orgánica para su crecimiento y producción (Arias et al., 2019).

El choloque pertenece al tipo forestal esclerófilo, que se caracteriza por la presencia dominante de especies de hojas duras, de dimensiones que se pueden calificar de arbustivas o arborescentes. Esta especie crece en varios sitios desde lugares altos, más o menos secos y con poca vegetación hasta zonas o climas secos y cálidos (Burga y Sangay, 2018).

El fruto de este árbol son empleados como detergente natural y jabón para la higiene corporal. El famoso champú de Ayurveda de India es simplemente el extracto acuoso de la pulpa de este fruto. Además, *Sapindus mukorossi* está incluido en la lista de las plantas con bondades medicinales, conocido en China como “pericarpio que prolonga la vida” y en Japón se denomina “fruta sin enfermedad”. También, esta pulpa se usa para mantener o restaurar el brillo de piezas de oro, plata y demás metales preciosos por parte de los joyeros en India (Angulo Grijalba, 2017).

2.2.2. Fruto del árbol del jabón *Sapindus mukorossi*

El fruto de este árbol es amarillo o naranja-amarillo después de la maduración. Es una drupa globosa de 1-1,5 cm de diámetro, color castaño claro al madurar. Generalmente solitarias o raramente 2 o 3 juntas, contiene en su interior una semilla negra redonda recubierta por una sustancia viscosa, pegajosa de color amarillento, que al frotarlo con el agua produce cantidad de espuma, ocasionada por el alto contenido de saponina (Collogo et al., 2008)

2.2.3. Taxonomía

Tabla 1-2: Taxonomía del *Sapindus mukorossi*

REINO	<i>Plantae</i>
SUB-REINO	<i>Tracheobionta</i>
SUPER DIVISIÓN	<i>Spermatophyta</i>
DIVISIÓN	<i>Magnoliophyta</i>
CLASE	<i>Magnoliopsida</i>
SUBCLASE	<i>Rosidae</i>
ORDEN	<i>Sapindales</i>
FAMILIA	<i>Sapindaceae</i>
GÉNERO	<i>Sapindus L.</i>
ESPECIE	<i>Sapindus mukorossi Geartn</i>

Fuente: Sindhu, 2011.

2.2.4. Saponinas

Las saponinas son metabolitos secundarios que pertenecen al grupo de los glucósidos donde se incluyen a las sustancias constituidas por azúcares en forma de acetales. Contienen un núcleo lipofílico que puede presentar una estructura esteroide o triterpenoide con una o más cadenas de carbohidratos. Al núcleo lipofílico se lo denomina "aglicón" por ser el grupo que está enlazado a un átomo de carbono anomérico que es el átomo de carbono enlazado a dos oxígenos o a un oxígeno y cualquier otro heteroátomo como nitrógeno (Marriffo, 2019).

Las saponinas son glicósidos hidrosolubles, con propiedades tensoactivas y hemolíticas, ambas atribuidas a sus características estructurales de naturaleza anfifílica. Estos metabolitos también pueden ejercer una amplia actividad biológica y farmacológica, destacándose su efecto insecticida, anti-protozoos, anti-inflamatorio, anti-trichomonas, anti-agregante plaquetario, broncolítico, hipo-colesterolémico, así como su actividad citotóxica frente a varias neoplasias (Mena et al., 2015).

Estos metabolitos secundarios, tienen la particularidad de estar constituidos por una parte lipofílica (anillo terpenoico) y cadenas de azúcares como sustituyentes, principalmente en el carbono (C-3), los cuales le confieren propiedad hidrofílica (Angulo, 2017).

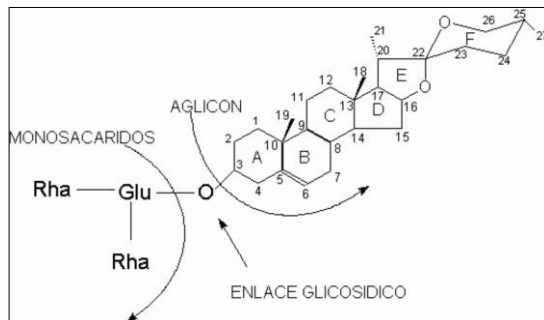


Ilustración 2-2: Estructura química de la saponina

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

2.2.5. Características y propiedades de la saponina

Son solubles en mezclas hidroalcohólicas e insolubles en disolventes orgánicos de media y baja polaridad. Sin embargo, las geninas libres no son solubles en agua y sí en disolventes orgánicos apolares.¹¹ Su principal propiedad es que en solución acuosa son agentes tensioactivos, es decir, son capaces de formar espuma (poder afrógeno) y formar emulsiones difíciles de cristalizar (Gutierrez, 2018).

2.2.5.1. Físicas

- Elevado peso molecular
- Presentan una apaciencia cristalina gomosa
- Son altamente termoestables
- Tienen un sabor amargo

2.2.5.2. Químicas

- Se les confiere propiedades deergentes, ya que su aglicón esterioide o triterpénico es soluble en lípidos y sus azúcares son solubles en agua.
- Son muy solubles en agua y alcohol, por lo que la agitación de sus soluciones acuosas e hidroalcohólicas prodycen la formaci'pon de espumas estable y abundante

- Favorecen la formación de emulsiones

2.2.5.3. *Biológicas*

- Las saponinas son glicósidos hidrosolubles, con propiedades tensoactivas, ambas atribuidas a sus características estructurales de naturaleza anfifílica.
- También pueden actuar como insecticida, antiinflamatorio, broncolítico, anti-agregante, entre otras.

2.2.6. *Saponinas del choloque*

Esta fruta tiene función principalmente como detergente, ya que es muy rica en saponinas, por lo que es usada como espumantes en bebidas, agente himectante en fotografías, emulsificante en alimentos, entre otros. La saponina del choloque son clasificados como biosdesmosidos, es decir, contienen dos mitades de azúcares unidas a un núcleo triterpénico en posición 3 y 28, poseen un núcleo triterpénico, el cual ha sido identificado como ácido quillaico y presenta dos cadenas de azúcares unidas a él. Las que les confiere a un carácter hidrofóbico, mientras que las cadenas de azúcar le confieren un carácter hidrofílico, lo cual las convierte en una molécula anfótera (Burga Santisteban y Sangay Cruzado, 2018).

Tabla 2-2: Contenido de saponinas del fruto de choloque

Fruto seco		Fruto fresco	
Cascara	Almendra	Cascara	Almendra
13,22%	2,1%	21,02%	2,4%

Fuente: Melgarejo Espinoza, 2020.

Algunos usos de la saponina del choloque son

- Dentríficos
- Detergente para industrias textiles
- Reducción del colesterol de los alimentos
- Productor de espumas en bebidas
- Tratamiento de aguas residuales
- Productos cosméticos
- Pesticida orgánico
- Extintores y explivos
- Reducción de malos olores en criaderos de ganado

- Agentes emulsionantes coloidales
- Vacunas para ganado
- Protector de suspensiones coloidales
- Fabricación de revelaads fotográficos

2.2.7. Extracción por maceración (sólido – líquido)

Es una operación unitaria que consiste en la separación de un componente o grupo de componentes de un sólido al ponerse en contacto con un solvente apropiado, en el que es insoluble el resto del sólido (inerte). El mecanismo de la Extracción sólido-líquido depende de la diferencia de solubilidades. Durante la extracción, la concentración de soluto en el solvente aumenta y la velocidad de extracción disminuye progresivamente, esto se debe a la disminución del gradiente de concentración y al aumento de la viscosidad del extracto (Méndez, 2016).

2.2.8. Detergente biodegradable

Los detergentes biodegradables, llamados químicamente alquilsulfonatos lineales (LAS), contienen cadenas lineales de carbono fácilmente descompuestas por los microorganismos que producen enzimas que degradan las cadenas en bloques de dos en dos (Regla et al., 2014).

La facilidad con que un tensoactivo se degrade por acción de organismos presentes en el medio generalmente bacterias y la acción de reincorporarse a la tierra o al agua, este proceso es lo que se conoce como Biodegradabilidad, por lo tanto, es una alternativa ecológica ya que el tiempo de degradación será menor (Manuela y María, 2017).

Según Manuela & María (2017), para que un detergente se considere biodegradable debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Los tensoactivos que formaran parte del detergente deben ser derivados del aceite de coco, saponina, etc.
- Debe tomarse en cuenta principalmente sustancias de origen vegetal.
- No debe contener enzimas.
- Debe contener perfumes y colores naturales.
- Debe utilizarse ingredientes que su composición sea altamente biodegradable.
- Su coste energético debe ser lo más reducido posible.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de estudio

Con finalidad de obtener el detergente líquido biodegradable para su comercialización por parte de la Asociación AMUPAKIN, se ha planteado un diseño industrial mediante la realización del presente proyecto técnico, el cual se va a basar mediante la utilización de tres métodos investigativos como son el inductivo, deductivo y experimental, ya que por medio de estos y las técnicas a aplicar nos permitirá desarrollar el Trabajo de Integración Curricular mediante el cumplimiento de los objetivos planteados en base de reseñas bibliográficas, datos obtenidos, entre otras.

3.2. Metodología

Se consideró al método sistémico, ya que está dirigido a diseñar el objeto de estudio mediante la determinación y caracterización de la materia prima (choloque), para posteriormente lograr aprovechar la extracción de la saponita de dicho fruto mediante diferentes técnicas de extracción, llegando a formar parte fundamental en toma de decisiones que permitan optimizar el proceso y tener mejor rentabilidad en el proyecto.

Ahora bien, cabe recalcar que la aceptabilidad del producto debe ser considerada, donde la calidad del mismo sea adecuada, por lo que se debe caracterizar el producto final. El producto se llevó a cabo en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

3.2.1. Métodos

3.2.1.1. Método Inductivo

En el presente proyecto técnico se estudia la posibilidad de obtener detergente líquido biodegradable, a partir de la recopilación de información sobre la materia prima mediante el muestreo y procesamiento del fruto de la planta de choloque. Para posteriormente partir de un análisis físico-químico de la materia prima, para el debido planteamiento de obtención de la saponina a nivel laboratorio, llegando de esta manera obtener las variables de proceso que

permitan el diseño ingenieril y la obtención del producto final, mismo que debe cumplir con la normativa ecuatoriana Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0847.

3.2.1.2. Método Deductivo

Método que permite el dimensionamiento de los equipos a implementarse para la obtención del detergente líquido biodegradable, para lo cual se debe considerar las características generales del producto que se desea obtener. Por lo tanto, se parte de la recolección de información bibliográfica, para posteriormente llevarlo a nivel de laboratorio, obteniendo datos que permitan realizar los cálculos ingenieriles que vayan acorde a la necesidad de la Asociación AMUPAKIN.

3.2.1.3. Método Experimental

Nos permite aplicar de manera técnica el procedimiento a base experimental con ensayos de laboratorio donde se logrará obtener variables y parámetros necesarios para llegar a obtener las conclusiones del proyecto, mediante la utilización de técnicas de laboratorio, equipos, materiales e insumo que permitan que el proceso de transformación de la materia prima a un detergente líquido biodegradable de calidad para ser comercializado.

3.2.2. Técnicas

La etapa experimental del proyecto se llevó a cabo mediante la aplicación de técnicas que permitan obtener datos, así como de validar el proceso, para que de esta manera llegar a cumplir con los objetivos planteados, bajo la norma NTE INEN 0847 Agentes tensoactivos. Detergente líquido. Requisitos. Las técnicas que se utilizaron son las siguientes:

3.2.2.1. Determinación del pH

Tabla 1-3: Determinación del PH

Fundamento	Materiales reactivos y	Procedimiento
El pH determina el grado de basicidad o acidez de una solución acuosa	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Agua destilada ✓ pH-metro 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Limpiar la sonda del medidor con agua destilada ✓ Sumergir la sonda en la solución patrón esperar que el medidor se estabilice, para que en la lectura dé pH 7. ✓ Sumergir una vez más la sonda y sumergir la sonda en la solución patrón esperar que el medidor se estabilice, para que en la lectura dé pH 4. ✓ Colocar la sonda en el líquido de muestra. Esperar que el medidor se estabilice. ✓ Leer el pH de la muestra. ✓ Limpiar la sonda del medidor con agua destilada y colocarla en la solución de almacenamiento,

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

3.2.2.2. Determinación de la densidad

Tabla 2-3: Determinación de la densidad

Fundamento	Materiales reactivos y	Procedimiento	Cálculo
Determinación de la relación de masa de un volumen de la muestra	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Agua destilada ✓ Picnómetro ✓ Termómetro ✓ Balanza analítica ✓ Muestra 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Limpiar el picnómetro, enjuagar con etanol o acetona, secar mediante corriente de aire seco. ✓ Secar el exterior con una tela seca o papel de filtro ✓ Pesar el picnómetro vacío con su tapa ✓ Llenar el picnómetro con agua destilada, secar el exterior y pesar. ✓ Vaciar el picnómetro y secarlo, proceder a colocar la muestra y pesar el picnómetro. 	$\frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}$ <p> m_0: masa del picnómetro vacío m_1: masa del picnómetro con agua m_2: masa del picnómetro con aceite esencial </p>

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

3.2.2.3. *Determinación de la viscosidad*

Tabla 3-3: Determinación de viscosidad

Fundamento	Materiales y reactivos	Procedimiento
<p>La viscosidad en un fluido indica su resistencia a una deformación gradual originada por tensiones de tracción o cortante</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Viscosímetro digital de rotación ✓ Vaso de precipitación de 100ml 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Colocar la muestra en el vaso de precipitación. ✓ Comprobar que el equipo este nivelado ✓ Seleccionar e instalar el usillo en el tornillo de unión ✓ Encender el equipo y escogerla velocidad de rotación ✓ Descender el husillo del viscosímetro girando el mando de soporte. La superficie del líquido tiene que encajar con la marca del nivel del husillo. ✓ Presionar el botón de inicio del viscosímetro, el cual hará que el husillo inicie a girar. Esperar que se estabilice en indique un valor. ✓ Apretar el botón de parada del viscosímetro para iniciar la limpieza. ✓ Apagar el equipo y guardar el usillo limpio.

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

3.2.2.4. Determinación de los grados °Brix

Tabla 4-3: Índice de refracción

Fundamento	Materiales y reactivos	Procedimiento
Permite conocer la concentración de sólidos solubles presentes en un jugo o disolución expresados en porcentaje de sacarosa.	<ul style="list-style-type: none">✓ Refractómetro✓ Pipeta Pasteur✓ Piseta✓ Agua destilada	<ul style="list-style-type: none">✓ Agregar al prisma del refractómetro una gota de muestra de la saponina utilizando la pipeta✓ Apuntar el refractómetro a un fuerte foco de luz✓ Ajustar el ocular enfocable hasta que sea visible la escala del refractómetro, en grados °Brix✓ Lavar el prisma en el agua destilada mediante la ayuda de la Piseta y secar

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Comentado [RISH3]: no puede quedar en una hoja independiente

3.2.3. Experimentación a nivel laboratorio

3.2.3.1. Materiales de laboratorio

Los materiales usados en el laboratorio para la obtención de saponina obtenida de la fruta de choloque y la prueba de espuma deben ser adecuados para la realización del proceso, cuya finalidad de llegar a obtener el mayor rendimiento, los materiales son los siguientes.

Tabla 5-3: Principales materiales utilizados en la obtención de la saponina de la fruta “choloque”

MATERIALES	USO
Vasos de precipitación	
Balanza analítica	Usado para medir pequeñas masas
Reverbero	Generar calor mediante la aplicación de corriente eléctrica
Erlenmeyer	Contenedor de líquidos, soportando altas temperaturas
Picnómetro	Se usa para determinar la densidad del aceite esencial
Rotavapor R-300	Sirve para la eliminación o recuperación de solventes a baja presión por evaporación.
Termómetro	Medir la temperatura
Embudo Buschner	Es un embudo de tipo especial utilizado para filtración al vacío o filtración a presión asistida.
Papel filtro	Se usa como tamiz para filtrar
Bomba de vacío	Se usa en el laboratorio para la filtración de líquidos
Probeta	Permite medir un determinado volumen
Tubos de ensayo	Contenedor de líquidos y sólidos cuales van a ser sometidos a reacciones químicas u otras pruebas

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

3.2.3.2. Descripción del procedimiento para la obtención de saponina

Para la elaboración del detergente líquido biodegradable se partió con la obtención de la saponina del fruto denominado choloque teniendo dos variantes, la cual es cuando la fruta está en la etapa de maduración y posteriormente al ser sometida a post-maduración tal como se puede observar a continuación



Ilustración 1-3: Choloque maduro

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.



Ilustración 2-3: Choloque post-maduración

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Tabla 6-3: Aspecto físicos de la materia prima

Aspecto	Descripción
Presentación	Natural, uniforme sin daños o insectos presentes.
Olor	Característico, libre de olores extraños.
Color	Característico del choloque

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

En primer lugar, en ambos procedimientos, se hace un lavado de la fruta con agua, tanto en etapa de maduración y post-maduración, con la finalidad de retirar materiales extraños que no vayan acordes al proceso.



Ilustración 3-3: Lavado de la fruta madura

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.



Ilustración 4-3: Lavado de la fruta post-maduración

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Para la obtención se llevó a cabo dos procedimientos diferentes para la extracción de la saponina, las cuales son:

- **Extracción fría de saponina mediante la aplicación de solvente**
- ✓ Se realiza un troceado de la fruta para lograr una mayor superficie de contacto con el solvente.

Comentado [RISH4]: tiene que estar junto a la ilustración

Tabla 7-3: Datos de triturado del fruto en las 6 muestras

No. Muestra	Tipo	Alimentación (g)	Cantidad de fruta triturada (g)	Pérdidas (g)	Tiempo de triturado (min)
Extracción fría de saponina mediante la aplicación de solvente					
1	Maduración	500	486	14	1,12
2	Post-maduración	500	485	15	1,25
3	Maduración	500	485,4	14,6	1,22
4	Post-maduración	500	487,1	12,9	1,18
5	Maduración	500	486,1	13,9	1,09
6	Post-maduración	500	485,5	14,5	1,26

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

- ✓ Se pesa la cantidad de 500g de materia prima a procesar por cada muestra (6 muestras: 3 de fruta en etapa de maduración y 3 en etapa de post-maduración), misma que se coloca en 6 botellas color ámbar respectivamente, las cuales se encuentra debidamente etiquetadas y a cada una de ellas se le añadió 850ml de alcohol potable.



Ilustración 5-3: Colocación del etanol en las muestras

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

- ✓ La maceración se realizó en con tanto para la etapa de maduración y post-maduración, teniendo como variable el tiempo, donde las 2 primeras muestras se macero 24h, las muestras 3 y 4 se macero en un tiempo de 48h y finalmente la muestra etiquetada como 5 y 6 tuvo un tiempo de maceración de 72h.
- ✓ Se filtra al vacío por 4 veces cada muestra de macerado.



Ilustración 6-3: Filtrado al vacío

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

- ✓ El líquido obtenido de la filtración se somete a destilar en rotavapor R-300 para recuperar el etanol y dejar libre a la saponina obtenida del mismo.



Ilustración 7-3: Rotavapor

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

- ✓ Las muestras obtenidas son almacenadas y etiquetadas para su caracterización y análisis.



Ilustración 8-3: Muestras de saponina obtenida

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

El procedimiento mencionado anteriormente se resume a continuación, donde se muestra los resultados obtenidos.

Tabla 8-3: Extracción de saponina con la aplicación de solvente (Método frío)

Muestras	Estado	Tiempo de Maceración (h)	Fruta Troceada (g)	Alcohol Potable (ml)	Filtrado Final (ml)	Destilado (ml)	Coloración
1	Maduración	24	480	850	770	68	Amarillento
2	Post maduración	24	480	850	775	47	Verdoso
3	Maduración	48	480	850	785	47	Anaranjado
4	Post maduración	48	480	850	720	58	Verde oscuro
5	Maduración	72	480	850	790	63	Amarillento
6	Post maduración	72	480	850	740	63	Verdoso

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Como se puede observar en la Tabla 8-3, la muestra con mayor volumen de extracción de saponina es el número 1, la cual pertenece a la fruta en estado de maduración con un tiempo de maceración de 24 horas, presentando una coloración amarillenta.

- **Procedimiento de extracción caliente de saponina por cocción**

Como en el proceso anterior, se lava y se lleva al triturador donde se reduce el tamaño del fruto mediante el uso de un molino de rodillos por un tiempo de 1,52 minutos

Tabla 9-3: Datos de troceado del fruto en las muestras 7 y 8

No. Muestra	Tipo	Alimentación (g)	Cantidad de fruta triturada (g)	Pérdidas (g)	Tiempo de trituración (min)
Procedimiento de extracción caliente de saponina por cocción					
7	Maduración	500	485	15	1,18
8	Post-maduración	500	487,2	12,8	1,15

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

- ✓ Se coloca en un vaso de precipitación de 1000ml los 500g de choloque de en etapa de maduración, la misma cantidad de coloca en otro vaso con la fruta en etapa de post-maduración, en ambos casos se añade la cantidad de 700ml de agua destilada.
- ✓ Se lleva al reverbero a ebullición a una temperatura de 85-90 °C por 7 a 10 minutos.



Ilustración 92-3: Ebullición del choloque troceado

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

- ✓ Se deja reposar y se filtra al vacío por 4 veces a cada muestra



Ilustración 30-3: Filtrado al vacío

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Tabla 10-3: Filtrado

Muestras	Estado	Tiempo de Filtrado (min)	Fruta (g)	Filtrado Final (ml)	Peso de la torta (g)	Peso del filtrado (g)
7	Maduración	1,15	500	500	498,21	505
8	Post-maduración	1,23	500	478	495,79	450

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

- ✓ Se almacena y se etiqueta las muestras obtenidas para su caracterización y análisis.



Ilustración 11-3: Muestras obtenidas

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

El procedimiento mencionado anteriormente se resume a continuación, donde se muestra los resultados obtenidos.

Tabla 11-3: Datos de extracción de saponina por ebullición con agua

Muestras	Estado	Fruta (g)	Ebullición			Filtrado				Coloración
			Tiempo de Ebullición (min)	Temperatura (°C)	Agua Destilada (ml)	Tiempo de filtrado (min)	Filtrado Final (ml)	Peso del filtrado (g)	Peso de la torta (g)	
7	Maduración	500	10	88	700	1,15	500	505	495,47	Amarillo oscuro
8	Post maduración	500	10	86	700	1,23	450	450	495,79	Amarillo claro

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Como se puede observar en la Tabla 11-3, la muestra con mayor volumen de extracción de saponina por el proceso de extracción caliente es la etiquetada con el número 7, la que corresponde a la fruta en estado de maduración donde se llegó a tener 500ml de saponina, presentando una coloración amarillenta oscura.

- **La caracterización de las muestras de saponina obtenidas**

Mediante la aplicación de los procesos de extracción de saponina que fueron 8 muestras en total, donde el 50% como materia prima se usó donde 6 de ellas se realizó con frío, al aplicar una maceración con alcohol etílico y las 2 muestras restantes se obtuvieron mediante aplicación de calor mediante la ebullición de la fruta en agua. De estas muestras se realizó una caracterización las cuales se muestran a continuación:

Tabla 12-3: Datos de extracción de saponina

Muestras	Estado	Densidad	pH	°Brix	Índice de Refracción	Viscosidad
Con solvente (etanol 96%)						
1	Maduración	0,98	5,07	30,59	1,382	298,7
2	Post maduración	0,98	6,67	42,86	1,405	298,6
3	Maduración	1,02	4,93	34,24	1,388	381,8
4	Post maduración	0,98	6,63	42,28	1,404	298,7
5	Maduración	1	4,97	33,88	1,388	381,2
6	Post maduración	0,97	6,79	42,67	1,405	298,1
Ebullición con agua destilada						
7	Maduración	1,01	6,18	3,03	1,337	381,5
8	Post maduración	1	7,67	2,48	1,336	381,2

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

- **Prueba de la espuma en las muestras de saponinas obtenidas**

La saponina al ser glicósidos hidrosolubles, poseen la propiedad de ser tensoactivas y hemolíticas. Es por ello por lo que se aplicó un ensayo de formación de espuma, al ser una método sencillo y rápido para detectar la presencia de saponinas en un extracto.

Para lo cual se aplicó el siguiente procedimiento:

- ✓ En 8 tubos de ensayo se colocó una cantidad de 10ml de cada una de las muestras obtenidas de los procesos de extracción de la saponina expuestos anteriormente.
- ✓ Se colocó el cronometro y se sacude vigorosamente por 5 minutos.
- ✓ Se deja en reposo el tubo por 30 minutos más, luego se sacude nuevamente por 5 minutos.
- ✓ Dejar reposar durante 30 minutos, luego se sacude por 5 minutos siendo esta la última.
- ✓ Se deja reposar por 5 minutos, para posteriormente medir la altura de la espuma mediante la utilización de una regla con una sensibilidad de 0,1cm.



Ilustración 42-3: Prueba de la espuma en todas muestras

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Tabla 13-3: Datos de prueba de la espuma

Muestras	Estado	Tiempo de Agitación (min)	Altura de la Espuma
1	Maduración	15	0,5 cm
2	Post maduración	15	1 cm
3	Maduración	15	0,5 cm
4	Post maduración	15	1 cm
5	Maduración	15	0,5 cm
6	Post maduración	15	1 cm
7	Maduración	15	8 cm
8	Post maduración	15	7 cm

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.



Ilustración 13-3: Altura en la prueba de espuma

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Como se puede notar en el Gráfica, las pruebas que tiene mejor resultado en la prueba de espuma son la 7 y la 8, siendo la primera de ellas quien presenta una altura mayor, misma que se puede observar a continuación:



Ilustración 54-3: Prueba de la espuma en la muestra 7 y 8

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

3.2.3.3. Descripción del procedimiento para la obtención de detergente líquido biodegradable a partir de saponina de choloque

Se desarrolló 3 pruebas para determinar la formulación adecuada, en base al pH, viscosidad y la biodegradabilidad del tensoactivo. Para lo cual se varió el volumen de concentrado de saponina, vinagre, ácido fosfórico y conservante (Citrato de sodio, además actúa como regulador de pH)

Tabla 14-3: Formulaciones

No.	Formulación	pH	Viscosidad	Biodegradabilidad del tensoactivo
1	Concentrado de saponina: 95,0% Vinagre: 3% Ácido fosfórico: 1% Conservante: 1%	3,2	323,2	88,45
2	Concentrado de saponina: 97,5% Vinagre: 2% Conservante: 0,5%	4,04	381,5	98,84
3	Concentrado de saponina: 94,0% Vinagre:5% Conservante: 1%	3,65	355,6	89,67

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

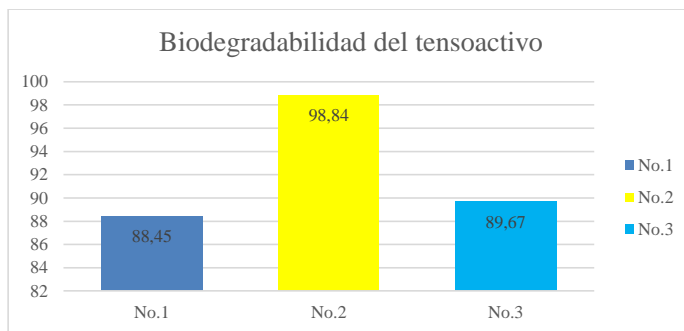


Ilustración 15-3: Biodegradabilidad del tensoactivo

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Como se puede observar en la Tabla 14-3 y la ilustración 15-3, la formulación con mayor biodegradabilidad es la No.2, para la cual se siguió el siguiente procedimiento.

- ✓ En un vaso de precipitación de 1000ml se coloca 480ml de concentrado de saponina.
- ✓ Se añade 9,15ml de vinagre.
- ✓ Se agita por 15 minutos con ayuda de varilla de agitación.
- ✓ Se añade la cantidad de 1,89ml de conservante.
- ✓ Posteriormente se envaso y se envió a análisis fisicoquímico en un laboratorio acreditado.

3.2.3.4. Diagrama de elaboración del detergente líquido biodegradable

La producción del detergente líquido biodegradable, tal como se muestra en la experimentación de laboratorio muestra que cuenta con una mejor eficiencia mediante el proceso de extracción de saponina en calor, es decir, por ebullición con agua tanto en la muestra etiquetada como 7 y 8. Al

aplicar la prueba de espuma en las mencionadas muestras, se tiene que el número 7 cuenta con mayor altura de espuma, siendo la escogida para poder llevar a cabo la obtención del producto buscado. Para lo cual se aplicó el siguiente diagrama de bloques del proceso en el laboratorio.

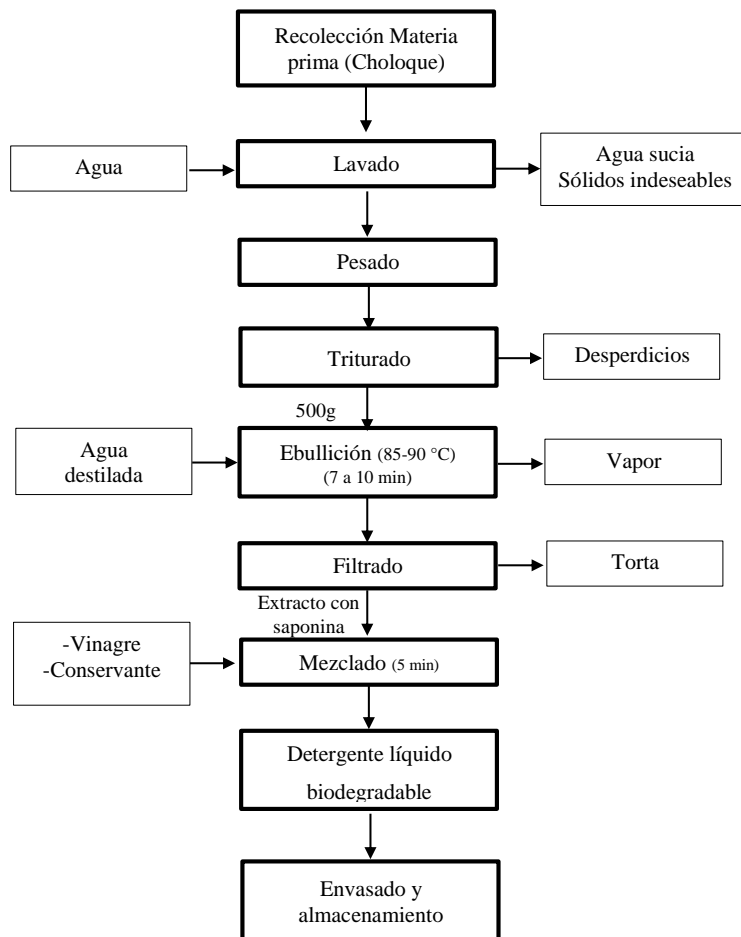


Ilustración 16-3: Diagrama de proceso en el laboratorio

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

3.2.3.5. Variables del proceso

A continuación, se da a conocer las variables implícitas en el proceso para obtener el detergente líquido biodegradable.

Tabla 15-3: Variables del proceso

Detergente líquido biodegradable		
Operación	Descripción	Variable o Parámetro
Triturado	Reducción del tamaño del choloque	Tiempo
		Tamaño
Evaporación	Separación de una mezcla líquida por ebullición	Masa total
		Tiempo de extracción
		Temperatura
		Flujo de vapor
Filtrado	Separación de los sólidos que se encuentran suspendidos en un líquido	Tiempo
		Volumen
Mezclado	Combinación de uno o más compuestos	Velocidad de agitación
		Volumen
		Tiempo

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

3.3. Cálculos ingenieriles

En base a la simulación llevada desde escala de laboratorio, y mediante las pruebas realizadas tanto en extracción en frío o caliente, en ambas etapas de maduración y post-maduración del fruto, se ha considerado una capacidad de producción para 500 kg/semana del fruto en lotes de 100 kg/día en 5 días laborales. Esta decisión se basa en la amplia disponibilidad del fruto de *Sapindus mukorossi* en la zona al igual que la necesidad de la Asociación AMUPAKIN.

El método de extracción de la saponina de *Sapindus mukorossi* elegido; según el rendimiento obtenido en la simulación a escala de laboratorio, corresponde al método de extracción del fruto maduro en caliente, en el que se obtuvo un mayor rendimiento y en el que; además, se utiliza agua como medio de extracción correspondiendo a la línea de detergente biodegradable.

Tomando en cuenta que los equipos del laboratorio de Procesos industriales no son de gran capacidad, se tomó como muestra 500g para realizar las diferentes simulaciones hasta la obtención de la saponina y hacer la formulación final del detergente.

3.3.1. Balances de masa

➤ Lavado y desinfección

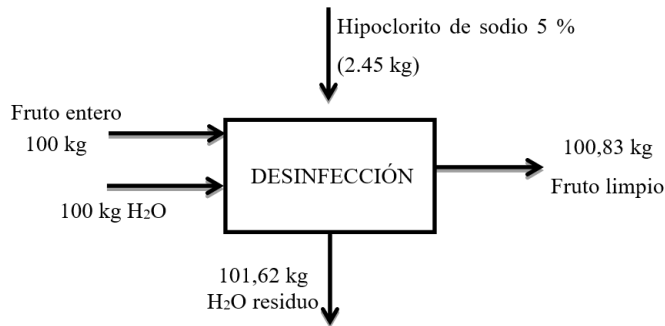


Ilustración 17-3: Balance de masa desinfección

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

La muestra utilizada es de 500g en la simulación, considerando una relación 1:1 de agua para la desinfección, procurando que se cubra totalmente. Entonces, a nivel industrial para el proceso de 100 kg de fruto, se utilizará 100 kg de agua (0,1m³ de agua).

$$\delta = \frac{m}{V}$$

Donde:

δ = densidad del agua (1000 Kg/m³)

m= masa

V= volumen

$$V = \frac{m}{\delta}$$
$$V = \frac{100 \text{ kg}}{1000 \text{ Kg/m}^3}$$

$$V = 0,1 \text{ m}^3 \text{ de agua}$$

Considerando que la acción desinfectante de frutos para el hipoclorito de sodio es adecuada en concentración de 0,1 %, se administra un 2,45 kg de la solución de hipoclorito de sodio al 5 % al agua de desinfección.

Según lo especificado para obtener la cantidad de solución de hipoclorito de sodio al 5% se debe añadir 20 ml de éste a 980 ml de agua. Con base a esto se realizan los cálculos para la obtención de la cantidad de solución de hipoclorito de sodio al 5 % a utilizarse en el proceso.

$$\begin{array}{l} 0,98 \text{ L agua} \rightarrow 0,02 \text{ L solución hipoclorito (5 \%)} \\ 100 \text{ L agua} \rightarrow X \end{array}$$

X= 2,04 L solución de hipoclorito de sodio (5 %)

$$\delta = \frac{m}{V}$$

Donde:

δ = densidad de la solución de hipoclorito de sodio 5 % (1,2 Kg/L)

m= masa

V= volumen

$$m = \delta * V$$

$$m = 1,2 \text{ kg/L} * 2,04 \text{ L}$$

$$m = 2,45 \text{ Kg de solución de hipoclorito de sodio al 5 \%}$$

➤ Triturador

El proceso de trituración del fruto se realiza con la finalidad de aumentar el espacio de contacto entre el fruto y el agua para la extracción en caliente que se realizará más adelante.

En base a los datos de la simulación, se obtiene el volumen promedio de los frutos:

$$\emptyset \text{ promedio del fruto} = 1,97 \text{ cm}$$

$$r = 0,99 \text{ cm}$$

$$\delta_{\text{fruto}} = \frac{m}{V}$$

Donde:

δ_{fruto} = Densidad del choloque

m= masa del choloque promedio

V= volumen del choloque

Tomando en cuenta que el fruto del choloque es una esfera, se obtiene el volumen en base a la aplicación de la siguiente formula:

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$V = \frac{4}{3}\pi 0,99 \text{ cm}^3$$

$$V = 4,06 \text{ cm}^3$$

El peso promedio de las muestras del fruto del cholocho es de 1 g, reemplazando estos valores en la formula se obtiene la densidad de 246 g/cm³.

$$\delta_{\text{fruto}} = \frac{1 \text{ g}}{4,06 \text{ cm}^3}$$

$$\delta_{\text{fruto}} = 0,246 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\delta_{\text{fruto}} = 0,246 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{(100 \text{ cm})^3}{1 \text{ m}^3} = 246 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Gracias a este valor, podemos obtener el volumen a ocuparse a nivel industrial en 99,92 Kg de fruto de cholocho, que es la salida de la operación de lavado y desinfección:

$$V = \frac{m}{\delta_{\text{fruto}}}$$

$$V = \frac{99,92 \text{ Kg}}{246 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V = 0,41 \text{ m}^3$$

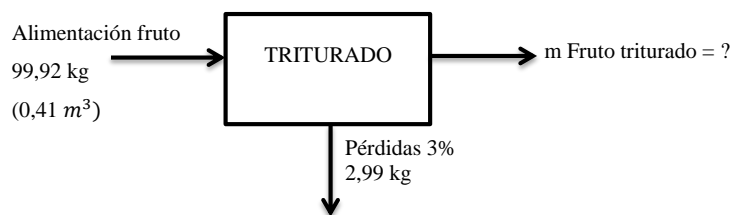


Ilustración 18-3: Balance de masa triturado

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

99,92 kg de alimentación → 100 %

$$X \rightarrow 3 \%$$

$$X = 2,99 \text{ kg de pérdidas}$$

$$E - S = A$$

E= entrada kg

S= Salida kg

A= Acumulación kg

$$E - A = S$$

$$S = 99,92 \text{ kg} - 2,99 \text{ kg}$$

$$S = 96,93 \text{ kg del fruto triturado}$$

➤ Extracción (caliente)

En la simulación se utilizó una masa de 500 g del fruto de choloque triturado con un volumen de 700 ml de agua para la ebullición por un tiempo de 10 min, dando lugar a una pérdida de agua en forma de vapor de 200 ml. En base a estos datos se obtiene los datos para su balance de masa a nivel industrial:

$$0,5 \text{ kg Fruta} \rightarrow 0,7 \text{ L agua destilada}$$

$$96,93 \text{ Kg fruto a nivel industrial} \rightarrow x$$

$$x = 135,70 \text{ L agua} \times \frac{1 \text{ m}^3}{100 \text{ L}} = 0,136 \text{ m}^3 \text{ de agua a nivel industrial}$$

Para la salida de la operación se toma en consideración el flujo superior y el flujo inferior, los mismos que se refieren a la mezcla y el vapor de agua eliminado.

$$0,5 \text{ kg fruto} \rightarrow 0,7 \text{ L agua}$$

$$96,93 \text{ kg a nivel industrial} \leftarrow x$$

$$x = 135,70 \text{ L} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 0,136 \text{ m}^3$$

En la experimentación con 0,5 Kg de fruto triturado para el proceso de extracción en caliente se evaporó un volumen de 0,2 L de agua (28,57 %), entonces para los 136 Kg de agua que se utiliza en primer lugar, se pierde un equivalente a 0,04 m³ de vapor de agua:

$$0,136 \text{ m}^3 \rightarrow 100 \%$$

$$x \leftarrow 28,57 \%$$

$$x = 0,04 \text{ m}^3 \text{ de vapor de agua}$$

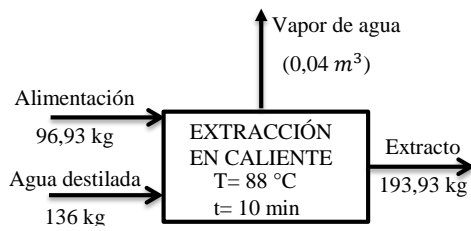


Ilustración 19-3: Balance de masa extracción

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

➤ Filtrado

Para la operación de filtrado se considera realizar a nivel industrial una filtración al vacío, pues fue la forma en la que se pudo simular a nivel de laboratorio.

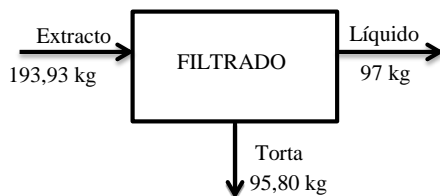


Ilustración 20-3: Balance de masa filtrado

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Si observamos los datos de simulación, el peso promedio de la torta que se obtiene al final de la filtración es de 495,47 g= 0,495 kg, además; se conoce que se obtiene un promedio de 506,82 g de extracto y el peso luego de la extracción en caliente es de 1002,29 g.

En base a estos valores se puede obtener el porcentaje que representa la torta y por ende obtener a nivel industrial:

$$1,002 \text{ kg totales} \rightarrow 100 \%$$

$$0,495 \text{ kg torta} \rightarrow x$$

$$x = 49,40 \% \text{ de torta}$$

Entonces a nivel industrial:

$$193,93 \text{ kg extracto} \rightarrow 100 \%$$

$$x \rightarrow 49,40 \%$$

$$x = 95,80 \text{ kg de torta}$$

Realizando un balance de masa general tomando en cuenta la alimentación, el líquido filtrado y la cantidad de torta obtenida como acumulación:

$$E - S = A$$

Reemplazando se tiene:

$$193,93 \text{ kg} - 97 \text{ kg} = 95,80 \text{ kg}$$

$$96,93 \text{ kg} = 95,80 \text{ kg}$$

$$x = \frac{95,80 \text{ Kg}}{96,93 \text{ Kg}}$$

$$x = 0,99$$

Se obtiene una fracción de filtrado del 0,99 (99%) de la alimentación que proviene del macerado, esto gracias a que la trituration no se realiza hasta un tamaño de partícula muy pequeño, dando lugar a la filtración más efectiva.

➤ Homogeneizado

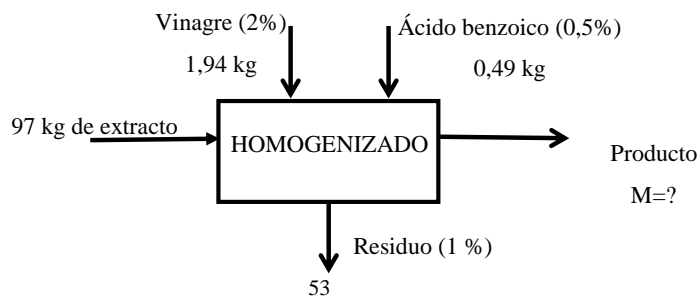


Ilustración 21-3: Balance de masa homogenizado

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

La cantidad de conservante (Acido benzoico) se basa en la recomendación de la bibliografía para una óptima conservación (0,5 %), misma que debe complementarse con un pH de menos de 5, por lo que se considera añadir en la formulación el 2 % de vinagre, siendo éste la cantidad adecuada para bajar el pH a lo necesario.

$$\begin{aligned} 97 \text{ kg extracto} &\rightarrow 100 \% \\ X &\rightarrow 0,5 \% \text{ conservante} \end{aligned}$$

$$x = 0,49 \text{ kg de ácido benzoico como conservante}$$

$$\begin{aligned} 97 \text{ kg extracto} &\rightarrow 100 \% \\ X &\rightarrow 2 \% \text{ vinagre} \end{aligned}$$

$$x = 1,94 \text{ kg de vinagre}$$

En volumen la cantidad de vinagre a añadirse en la formulación a nivel industrial corresponde a $1,85 \times 10^{-3} \text{ m}^3$:

$$m = 1,94 \text{ kg}$$

$$\delta_{\text{vinagre}} = 1,05 \frac{\text{g}}{\text{ml}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}} * \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 1050 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\delta_{\text{vinagre}} = \frac{m}{V}$$

$$V = \frac{m}{\delta_{\text{vinagre}}}$$

$$V = \frac{1,94 \text{ kg}}{1050 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V = 1,85 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Con los datos obtenidos se puede obtener la masa y volumen del producto final con la aplicación de un balance de masa general, asumiendo que los residuos generados en la operación son del 1 %:

$$\begin{aligned}
 &99,43 \text{ kg que ingresan} \rightarrow 100 \% \\
 &x \rightarrow 1 \% \text{ residuo} \\
 &x = 0,99 \text{ kg de residuos}
 \end{aligned}$$

Reemplazando en el balance general de masa:

$$E - S = A$$

E= entrada kg

S= Salida kg

A= Acumulación kg

$$E - A = S$$

$$S = 99,43 \text{ kg} - 0,99 \text{ kg}$$

$$S = 98,44 \text{ kg de producto final}$$

Según los datos obtenidos en la simulación, la densidad del producto final es de 1010 kg/m³, dando como resultado un volumen de 0,097 m³.

$$\delta_{\text{producto}} = \frac{m}{V}$$

$$V = \frac{m}{\delta_{\text{producto}}}$$

$$V = \frac{98,44 \text{ kg}}{1010 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V = 0,097 \text{ m}^3 \text{ de producto final}$$

En base a esto, se puede obtener el rendimiento de todo el proceso de la elaboración de detergente líquido biodegradable a partir de la saponina del choloque (*Sapindus mukorossi*):

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Cantidad Obtenida}}{\text{Cantida que Ingresa}} \times 100$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{98,44 \text{ kg}}{100 \text{ kg}} \times 100 \\
 &= 98,44 \%
 \end{aligned}$$

3.3.2. Balance de energía

➤ Evaporador

Para el evaporador es necesario calcular la masa del vapor que debe ingresar al serpentín para que el fluido pueda llegar al punto de ebullición y generar el vapor.

Datos del fluido y la mezcla:

$$T^{\circ}_{\text{entrada}} = 20^{\circ}\text{C}$$

$$T^{\circ}_{\text{salida}} = 88^{\circ}\text{C} \cong 90^{\circ}\text{C}$$

$$m_{\text{mezcla}} = 232,93 \text{ kg}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 136 \text{ kg}$$

$$m_{\text{fruto}} = 96,93 \text{ kg}$$

$$Cp_{\text{H}_2\text{O}} = (20^{\circ}\text{C}) = 4,182 \frac{\text{KJ}}{^{\circ}\text{K} \cdot \text{kg}}$$

$$Cp_{\text{fruto}} = (20^{\circ}\text{C}) = 3,97 \times 10^{-3} \frac{\text{KJ}}{^{\circ}\text{K} \cdot \text{kg}}$$

$$Cp_{\text{mezcla}} = \frac{mCp_{\text{H}_2\text{O}}}{m_{\text{total}}} + \frac{mCp_{\text{fruto}}}{m_{\text{total}}}$$

$$Cp_{\text{mezcla}} = \frac{136 \text{ Kg} \times 4,182 \frac{\text{KJ}}{^{\circ}\text{K} \cdot \text{kg}}}{232,93 \text{ kg}} + \frac{96,93 \text{ Kg} \times 3,97 \times 10^{-3} \frac{\text{KJ}}{^{\circ}\text{K} \cdot \text{kg}}}{232,93 \text{ kg}}$$

$$Cp_{\text{mezcla}} = (2,44 + 1,65 \times 10^{-3}) \frac{\text{KJ}}{^{\circ}\text{K} \cdot \text{kg}}$$

$$Cp_{\text{mezcla}} = 2,44 \frac{\text{KJ}}{^{\circ}\text{K} \cdot \text{kg}}$$

$$Q_w = Q_s$$

Dónde:

$Q_w = Q$ añadido por el vapor

$Q_s = Q$ ganado por la solución

$$W\lambda_w = mC_p\Delta T$$

Dónde:

W = flujo másico de vapor ($5 \frac{kg}{h}$)

λ_w = calor latente del vapor de agua ($2260 \times 10^3 \frac{J}{kg}$) $\times \frac{1 KJ}{1000 J} = 2260 \frac{KJ}{kg}$

m = masa de vapor que debe ingresar

C_p = capacidad calorífica de la solución

$\Delta T = (293,15^\circ K) 20^\circ C \rightarrow (363,15^\circ K) 90^\circ C$

$$m = \frac{W\lambda_w}{C_p\Delta T}$$

$$m = \frac{\left(5 \frac{kg}{h}\right) \left(2260 \frac{KJ}{kg}\right)}{2,44 \frac{KJ}{^\circ K * kg} (363,15^\circ K - 293,15^\circ K)}$$
$$m = 66,16 \frac{kg}{h}$$

La masa del vapor necesario para calentar la solución contenida en el evaporador es de 66,16 Kg por cada hora de operación.

3.3.3. Propuesta de diseño

➤ Diseño del tanque de lavado y desinfección

Para diseñar el tanque en el que se realizará el lavado y desinfección se debe considerar el volumen de agua, el volumen del fruto y el volumen del desinfectante, mismo que en este caso se ha elegido el Hipoclorito de sodio al 5 %.

$$V_{H_2O} = 0,1 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{fruto}} = 0,41 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{desinfectante}} = 2,04 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_{\text{tanque}} = V_{H_2O} + V_{\text{Fruto}} + V_{\text{Desinfectante}}$$

$$V_{tanque} = 0,1 m^3 + 0,41 m^3 + 2,04 \times 10^{-3} m^3$$

$$V_{tanque} = 0,51 m^3$$

Tomando en cuenta un factor de seguridad del 15 %, el volumen del tanque total es de 0,59 m³.

$$x = V_{tanque} * 0,15$$

$$x = 0,51 m^3 * 0,15$$

$$x = 0,08 m^3$$

$$V_{total tanque} = x + V_{tanque}$$

$$V_{total tanque} = 0,08 m^3 + 0,51 m^3$$

$$V_{total tanque} = 0,59 m^3$$

En base al volumen total del tanque se asume un diámetro de 0,86 m para éste en función del espacio predispuesto para la implementación del proyecto si fuera el caso.

- **Cálculo del diámetro del tanque**

$$\theta = \sqrt[3]{\frac{4 * V}{1,2 * \pi}}$$

$$\theta = \sqrt[3]{\frac{4 * 0,59 m^3}{1,2 * \pi}}$$

$$\theta = 0,86 m$$

Obteniendo el radio:

$$r = \frac{\theta}{2}$$

$$r = \frac{0,86 m}{2}$$

$$r = 0,43 m$$

- **Cálculo de la altura del tanque**

$$h = \frac{V}{\pi r^2}$$

Donde:

V= Volumen del tanque (m³)

r= radio del tanque (m)

$$h = \frac{0,59 \text{ m}^3}{\pi (0,43)^2 \text{ m}^2}$$
$$h = 1,02 \text{ m}$$

Considerando un factor de seguridad del 15 %

$$x = h * 0,15$$
$$x = 1,02 \text{ m} * 0,15$$
$$x = 0,153 \text{ m}$$

Entonces, la altura total del tanque:

$$h_{total} = h + x$$
$$h_{total} = 1,02 \text{ m} + 0,153 \text{ m}$$
$$h_{total} = 1,17 \text{ m}$$

➤ Diseño de la mesa de escurrimiento

Posterior a la operación de lavado y desinfección, se procede a escurrir la materia prima con la finalidad de eliminar el exceso de agua en el siguiente paso, por lo que se diseña una mesa de escurrimiento de forma rectangular con longitud y ancho de 2 y 1,5 m respectivamente:

$$m_{fruto} = 100,83 \text{ kg}$$

$$V_{fruto} = 0,41 \text{ m}^3$$

$$L = 2 \text{ m}$$

$$a = 1,5 \text{ m}$$

$$h_{cajon} = ?$$

$$V = L * a * h$$

$$h = \frac{V}{L * a}$$

$$h = \frac{0,41 \text{ m}^3}{2 * 1,5}$$

$$h = 0,14 \text{ m}$$

En el diseño de la mesa escurridora se considera la implementación de una rejilla con diámetro de malla menor a 1 cm, tomando en cuenta que el diámetro de los frutos tiene como promedio 2 cm. Para colocar esta rejilla, se aumenta 1 cm a la altura del cajón para poner con dicha separación entre el fondo y la rejilla con la finalidad de la eliminación del agua.

$$h_{total\ del\ cajón} = h + 0,01\ m$$

$$h_{total\ del\ cajón} = 0,14\ m + 0,01\ m$$

$$h_{total\ del\ cajón} = 0,15\ m$$

En base al volumen del fruto se obtiene la capacidad en kg que soportará la mesa y; aunque el tamaño se ha diseñado para el volumen total, se sugiere la construcción de dos mesas para escurrir con la finalidad de aumentar la eficiencia del proceso al contar con menos volumen en cada una de ellas.

$$V = \frac{0,41\ m^3}{2}$$

$$V = 0,205\ m^3$$

Con el dato de la mitad del volumen se obtiene una capacidad de 50,43 kg para cada una de las mesas.

$$\delta = \frac{m}{V}$$

$$\delta * V = m$$

$$m = 246 \frac{kg}{m^3} * 0,205\ m^3$$

$$m = 50,43\ kg\ c/u$$

➤ Triturador de rodillos

El prototipo por diseñarse se trata de un triturador de rodillos moleteados de acero inoxidable que giran en direcciones contrarias entre sí. El objetivo en el que se basa la decisión de diseño de dicho equipo es para triturar sin llegar a un tamaño específico sin ser muy pequeño, en el que atrapa los frutos y los arrastra entre los rodillos someténdolos a una fuerza de compresión que logra triturarlos.

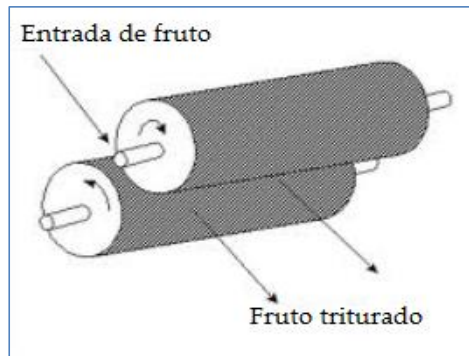


Ilustración 22-3: Esquema de rodillos trituradores

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

- **Carga de alimentación para el triturador**

En la simulación se tomaron como peso de prueba 500 g de fruto a 190 rpm para medir el tiempo que demora en la operación dando como resultado un tiempo promedio de 1,18 minutos. Tal como se puede observar en los datos obtenidos en la experimentación en la Tabla 9-3. Por lo tanto, se tiene que:

$$\frac{0,5 \text{ kg}}{1,18 \text{ min}} = 0,42 \frac{\text{kg}}{\text{min}}$$

$$100 \text{ kg} * \frac{1 \text{ min}}{0,42 \text{ kg}} = 238,1 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 3,97 \text{ h} \cong 4 \text{ horas}$$

El tiempo aproximado de trituración de la carga de 100 kg en el día es de 4 horas. Entonces la alimentación de carga corresponde a 25,2 kg/h.

$$0,42 \frac{\text{kg}}{\text{min}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 25,2 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

- **Diseño de la tolva de alimentación**

$$V_{tolva} = \frac{m \text{ cap}}{\delta \text{ aparente}}$$

Donde:

m_{cap}= masa de alimentación de carga (25,2 kg/h.)

δ_{aparente}= densidad aparente del fruto (246 kg/m³)

$$V_{tolva} = \frac{25,2 \text{ kg/h}}{246 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_{tolva} = 0,10 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

- **Dimensiones de la tolva de alimentación**

Para el diseño de la tolva dimensionada se considera una tolva de tipo polígono trapezoidal con un ángulo de 60° para evitar obstrucciones al momento de la alimentación.

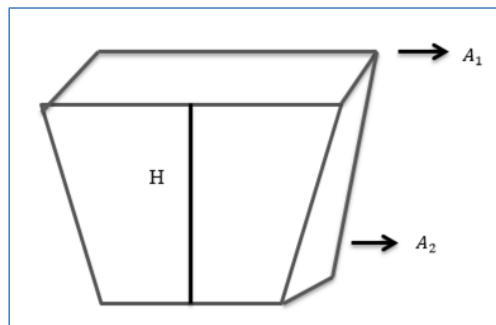


Ilustración 23-3: Esquema de tolva considerada

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Con el volumen requerido para la tolva se determinan las dimensiones de esta, con la ecuación para una forma trapezoidal interpolando:

$$V_{tolva} = \frac{H}{3} \times (A_1 + A_2) + \sqrt{A_1 \times A_2}$$

H= Altura de la tolva (0,20 m)

A₁= área superior (0,30 m)

A₂= área inferior (0,1 m)

Interpolando:

$$V_{\text{tolva}} = \frac{0,20}{3} \times (0,30 + 0,1) + (0,3 \times 0,1)^{1/2}$$

$$V_{\text{tolva}} = 0,2 \text{ m}^3 \text{ por cada carga}$$

Diseño de la cámara de trituración

Se ha considerado que la cámara de trituración sea horizontal bajo la línea de los rodillos que forman parte de ésta. Para su diseño se utiliza la fórmula siguiente:

$$V = \pi r^2 \times H$$

Donde:

V= Volumen que ingresa (0,10 m³/h)

H= Valores asumidos de altura entre 0.50 m y 1.30 m (Asumidos en función del espacio)

r= Radio de la cámara

$$r^2 = \frac{V}{\pi \times H}$$

$$r = \sqrt{\frac{V}{\pi \times H}}$$

Se escoge una longitud de 0,8 m ya que la capacidad productiva no es muy grande.

$$r = \sqrt{\frac{0,10 \text{ m}^3}{\pi \times 1 \text{ m}}}$$

$$r = 0,18 \text{ m}$$

Con el radio se obtiene el diámetro de la cámara:

$$r = 0,18 \text{ m}$$

$$\phi = r \times 2$$

$$\phi = 0,18 \text{ m} \times 2$$

$$\phi = 0,36 \text{ m}$$

- **Características del fruto a triturar**

Según la bibliografía y la simulación llevada a cabo a escala de laboratorio contamos con los siguientes datos de las características del fruto *Sapindus mukorossi*:

Dureza= 48 kg
Volumen = 0,41 m³
 $r_{\text{fruto}} = 0,99 \text{ cm}$
Área del fruto = 12,32 cm²

$$A = 4\pi r^2$$
$$A = 4\pi(0,99 \text{ cm})^2$$
$$A = 12,32 \text{ cm}^2$$

- **Cálculo de la resistencia de la compresión**

Para calcular la resistencia de la compresión se utiliza la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Donde:

σ = Esfuerzo de compresión (kg/cm²)

F= Fuerza a la compresión (Kgf)

A= Área del fruto (12,32 cm²)

Reemplazando los datos preestablecidos en la ecuación anterior se obtiene el esfuerzo que se necesita para triturar el fruto.

$$\sigma = \frac{48 \text{ kg}}{12,32 \text{ cm}^2}$$
$$\sigma = 3,89 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

- **Coefficiente de fricción**

El coeficiente de fricción o rozamiento es un coeficiente que se representa con la letra griega μ (mu), misma que enuncia la oposición al movimiento entre dos superficies en contacto. Según la bibliografía se toma en cuenta el coeficiente de fricción teórico para la semilla de nuez junto al acero inoxidable, el cual es de 0,4360.

En base a ello, se efectúan los demás cálculos con respecto al ángulo de separación entre los rodillos que forman parte del mecanismo de trituración.

- **Cálculo del ángulo de separación entre los rodillos**

El diseño de la posición de los rodillos para lograr la trituración en el grado requerido se basa en el diámetro de los rodillos y su ángulo de separación, para lo cual se aplica la siguiente fórmula:

$$A = 2 * \tan^{-1} \mu$$

Donde:

A= ángulo de separación entre los rodillos

μ = coeficiente de fricción entre materiales (0,4360)

$$A = 2 * \tan^{-1} * 0,4360$$

$$A = 47,11^\circ$$

- **Cálculo del diámetro de los rodillos**

Para lograr una eficiencia en la operación de triturado los rodillos pueden tener estrías, bordes rompedores o dientes. En el caso del presente proyecto se considera la elección de los rodillos con bordes rompedores para lograr el agarre efectivo del fruto y pasarlo entre los rodillos y triturarlos.

Para calcular el diámetro mínimo requerido de los rodillos se aplica la siguiente ecuación:

$$D_r = \frac{D_t * \cos\left(\frac{A}{2}\right) - D_f}{1 - \cos\left(\frac{A}{2}\right)}$$

Donde:

A= ángulo de separación.

D_t = diámetro medio de las partículas añadidas (1,97 cm)

D_f = diámetro medio de las partículas finales (0,99 cm)

D_r = diámetro de los rodillos

Utilizando un diámetro medio de las partículas finales de 0,99 cm y un diámetro promedio de las partículas en la alimentación de 1,97 cm y reemplazando el valor del ángulo de separación ($A = 47.11^\circ$) se calcula el diámetro de los rodillos:

$$D_r = \frac{1,97 \text{ cm} * \cos\left(\frac{47,11}{2}\right) - 0,99 \text{ cm}}{1 - \cos\left(\frac{47,11}{2}\right)}$$

$$D_r = 9,88 \text{ cm}$$

- **Cálculo de la longitud de contacto**

Con el objetivo de establecer la longitud de contacto entre los rodillos y el fruto se aplica la siguiente formula:

$$l = \frac{D_r * A}{4}$$

Donde:

l = longitud de arco de contacto entre el maíz y los rodillos

D_r = diámetro de rodillo (9,88 cm)

A = ángulo de contacto en radianes (0,769 rad)

$$l = \frac{9,88 \text{ cm} * 0,769 \text{ rad}}{4}$$

$$l = 1,89 \text{ cm}$$

- **Cálculo de la longitud de los rodillos**

La longitud que deben tener los rodillos para el triturador se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$Q = 60\pi * N * D_r * D_f * l$$

Donde:

Q = caudal másico a triturar (m³/h)

N =revoluciones por minuto del molino (rpm)

D_f = diámetro medio de las partículas finales (m)

D_r = diámetro de los rodillos (m)

Para aplicar la fórmula es necesario obtener el caudal másico de entrada mediante la ecuación:

$$Q = \frac{m}{\delta}$$

Donde:

Q = caudal másico (m³/h)

δ = densidad del fruto (246 Kg/m³)

m = masa a triturar por hora (25,2 kg/h)

Reemplazando los datos en la ecuación establecida se obtiene:

$$Q = \frac{25,2 \text{ kg/h}}{246 \text{ kg/m}^3}$$
$$Q = 0,10 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

De igual manera, necesitamos obtener las revoluciones por minuto para reemplazar en la fórmula, tomando en cuenta los datos obtenidos en la simulación a escala de laboratorio en la que se trituró 0,5 kg en un tiempo 1,18 min y sabiendo que la capacidad a la que se diseña el 0,10 m³ por cada carga, se realizan los siguientes cálculos para obtener el número de unidades que se trituran en los aproximadamente 2 min:

$$\delta_{fruto} = \frac{m}{V}$$

V_{fruto unitario} = 4,06 x 10⁻⁶ m³

Despejando se tiene

$$m = V * \delta_{fruto}$$

$$m = 4,06 \times 10^{-6} \text{ m}^3 * 246 \text{ kg/m}^3$$

$$m = 9,99 \times 10^{-4} \text{ kg} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 0,99 \text{ g cada fruto}$$

Dividendo el peso utilizado en la simulación por la masa de cada uno de los frutos, obtenemos el número de unidades trituradas en el tiempo de 1 min:

$$\frac{500 \text{ g}}{0,99 \text{ g}} = 505 \text{ unidades triturados en 2 min}$$

Por lo tanto, las revoluciones por minuto necesarias para triturar los 500 g son 2 rpm.

Con estos datos podemos reemplazar en la ecuación correspondiente para determinar la longitud de los rodillos, despejando la misma:

$$l = \frac{Q}{60\pi * N * D_r * D_f}$$
$$l = \frac{0,10 \frac{m^3}{h}}{60\pi * 2 \text{ rpm} * 0,099 \text{ m} * 9,9 \times 10^{-3} \text{ m}}$$

$$l = 0,27 \text{ m} \cong 0,30 \text{ m}$$

Para facilitar la construcción se establece una longitud de 0,30 m como longitud de los rodillos.

- **Cálculo de la potencia de los rodillos según la carga a triturar**

Para calcular la potencia necesaria en los rodillos de acuerdo con la carga a triturar se empieza por el momento de inercia de la masa total aplicando la siguiente ecuación:

$$I_g = \frac{\pi * d^4 * \delta * l}{32}$$

Donde:

I_g = Inercia de masa total (Kg m²)

d = Diámetro del eje (9,88 cm = 0,099 m)

δ = densidad del acero inoxidable (8100 Kg/m³)

l = Longitud del eje a calcular (m)

La mayoría de los datos se tienen, sin embargo; se debe tomar en cuenta la longitud del eje a calcular, mismo en el que se debe incluir la longitud del rodillo (0,27 m), la longitud de la espiga (0,15 m) y la longitud de los separadores (0,10 m), resultando un valor de 0,52 m como se observa en la Ilustración 24-3.

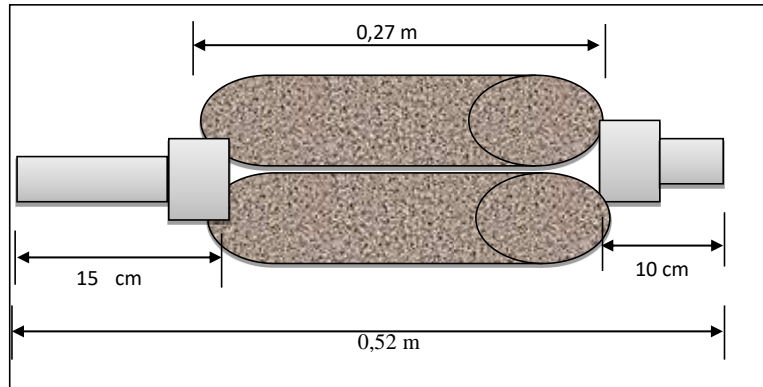


Ilustración 6-3: Esquema del sistema de rodillos

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Reemplazando en la fórmula, se tiene:

$$I_g = \frac{\pi * (0,099 \text{ m})^4 * 8100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,52 \text{ m}}{32}$$

$$I_g = 0,04 \text{ kg m}^2$$

Determinado el valor de la inercia en todo el eje, se procede a calcular la potencia requerida para vencer dicha inercia, aplicando la siguiente ecuación:

$$P = T * \omega$$

Donde:

P = potencia del rodillo (watts)

T = Torque en el rodillo (Nm)

ω = Velocidad angular del rodillo (rad/s) = 0,733 rad/s

Y para obtener el torque del rodillo se utiliza la siguiente ecuación:

$$T = I_g * \alpha$$

Donde:

Ig = Inercia en el rodillo debido a la carga (Kg m²) = 0,04 kg m²

α = aceleración angular (rad/s²) = 0,733 rad/s

Reemplazando en las ecuaciones correspondientes tenemos:

$$T = 0,04 \text{ kg m}^2 * 0,733 \text{ rad/s}$$

$$T = 0,03 \text{ N}$$

$$P = 0,03 \text{ N} * 0,733 \text{ rad/s}$$

$$P = 0,022 \text{ watts}$$

La potencia necesaria en los rodillos de acuerdo con la carga a triturar es de 0,022 watts según los cálculos realizados, con ellos se procede a calcular la potencia requerida para triturar el fruto

- **Cálculo de la potencia requerida para triturar el fruto**

Para calcular la potencia requerida para la trituración se aplica la misma fórmula, pero variando el cálculo del torque en donde interviene la carga unitaria y la longitud de contacto entre el fruto y el rodillo, para lo cual aplicamos la siguiente ecuación:

$$T = \mu * qc * l * r$$

Donde:

T = torque (Nm)

μ = Coeficiente de rozamiento (adimensional) = 0,436

qc = Carga unitaria (kg/cm)

l = Longitud de contacto entre el fruto y el rodillo (m) = 1,89 cm

r = Radio del rodillo (m) = 9,88 cm

La carga unitaria se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$qc = \theta_t * l$$

Donde:

qc = carga unitaria

θ_t = resistencia de ruptura (3,89 kg/cm²)

l = longitud del rodillo (30 cm)

Reemplazando los datos se obtiene una carga unitaria de 116,7 kg/cm y un torque de 950,11 Nm, tal como se muestra a continuación:

$$qc = 3,89 \frac{kg}{cm^2} * 30 cm$$

$$qc = 116,7 kg/cm$$

$$T = 0,436 * 116,7 \frac{kg}{cm^2} * 9,88 cm * 1,89 cm$$

$$T = 950,11 Nm$$

Reemplazando en la ecuación para obtener la potencia:

$$P = T * \omega$$

$$P = 950,11 Nm * 0,733 rad/s$$

$$P = 696,43 watts$$

Con los datos de la potencia de los rodillos y la potencia para triturar el fruto se calcula la potencia requerida total:

$$P_t = 0,022 watts + 696,43 watts$$

$$P = 696,46 watts = 0,93 hp \cong 1 hp$$

Acorde al diseño del proyecto y las características de producción diaria se elige un motor con potencia mínima de 1 hp.

➤ **Diseño del evaporador para extracción en caliente**

El método de extracción elegido para obtener la saponina es en caliente, por lo que se decide diseñar un tanque evaporador de acuerdo con el volumen total que ingresa entre el agua y el fruto obtenido en el balance de masa (0,53 m³).

▪ **Cálculo del volumen de entrada**

$$Vol_{total} = Vol_{fruto} + Vol_{agua}$$

$$\text{Vol}_{\text{total}} = 0,39 \text{ m}^3 + 0,136 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol}_{\text{total}} = 0,53 \text{ m}^3$$

- **Cálculo del radio del tanque**

El diámetro asumido para el diseño del tanque evaporador se basa en ocupar un espacio adecuado sin que las medidas próximas a calcular sean desproporcionadas:

$$\emptyset = 1 \text{ m}$$

$$r = \frac{\emptyset}{2}$$

$$r = \frac{1 \text{ m}}{2}$$

$$r = 0,5 \text{ m}$$

- **Cálculo de la altura del tanque**

$$V_{\text{tanque}} = \pi r^2 h$$

$$h = \frac{V_{\text{tanque}}}{\pi r^2}$$

$$h = \frac{0,53 \text{ m}^3}{\pi (0,5)^2 \text{ m}^2}$$

$$h = 0,67 \text{ m}$$

Aplicando el factor de seguridad del 40 % ya que se trata de una operación en la que existe la ebullición se tiene una altura total de 0,94 m.

$$x = h * 0,40$$

$$x = 0,67 \text{ m} * 0,40$$

$$x = 0,27 \text{ m}$$

$$h_{\text{total}} = h + x$$

$$h_{\text{total}} = 0,67 \text{ m} + 0,27 \text{ m}$$

$$h_{\text{total}} = 0,94 \text{ m}$$

- **Cálculo de la altura del serpentín**



Ilustración 257-3: Ejemplo de serpentín

Fuente: (elisaferioli, n.d.)

Se considera 1/3 de la altura de evaporador

$$h_{\text{ser}} = \frac{1}{3} h_t$$

Dónde:

h_{ser} = Altura del serpentín (m)

h_t = Altura que ocupa la mezcla en el evaporador (m)

$$h_{\text{ser}} = \frac{1}{3} \times 0,94 \text{ m}$$

$$h_{\text{ser}} = 0,31 \text{ m}$$

- **Cálculo del diámetro interno del serpentín**

Se ocupa la siguiente formula:

$$\varnothing_{\text{ext}} = \varnothing_{\text{int}} + 2e$$

Dónde:

$e =$ espesor del serpentín (m) = 0,1142 mm (0,0045") ($1,14 \times 10^{-4}$ m)

ϕ_{int} = diámetro del serpentín (m)

ϕ_{ext} = sacado de catálogo para una superficie de intercambio 33,7 mm \rightarrow 1,33" \rightarrow 0,0337 m

Los datos anteriormente expuestos fueron obtenidos en base a catálogos de serpentines utilizados normalmente y adecuados a las necesidades del diseño.

$$\begin{aligned}\phi_{\text{int}} &= \phi_{\text{ext}} - 2e \\ \phi_{\text{int}} &= 0,0337 \text{ m} - 2(1,14 \times 10^{-4} \text{ m}) \\ \phi_{\text{int}} &= 0,0335 \text{ m}\end{aligned}$$

▪ **Cálculo de la longitud del serpentín**

$$L_{\text{ser}} = L_{\text{anillos}} + L_{\text{entrada de vapor}} + L_{\text{salida condensador}}$$

Dónde:

L_{anillos} = longitud de anillo (m)

$L_{\text{entrada de vapor}}$ = longitud de entrada del evaporador (m)

$L_{\text{salida condensador}}$ = longitud de salida al condensador (m)

Espacio entre anillos \rightarrow 3,175 cm CATÁLOGO

Si el diámetro exterior es 3,37 cm para 31 cm de espacio que ocupara el serpentín

Espacio que ocupa = Espacio entre anillos + diámetro exterior del serpentín

Espacio que ocupa = 3,175 + 3,37 = 6,545 cm

$$\begin{aligned}\#_{\text{vueltas}} &= \frac{h_{\text{serpentin}}}{\text{espacio que ocupa}} \\ \#_{\text{vueltas}} &= \frac{0,31 \text{ cm}}{6,545 \text{ cm}} \\ \#_{\text{vueltas}} &= 0,05 \cong 1\end{aligned}$$

Asumido

$L_{\text{entrada}} = 10 \text{ cm}$

$L_{\text{salida}} = 10 \text{ cm}$

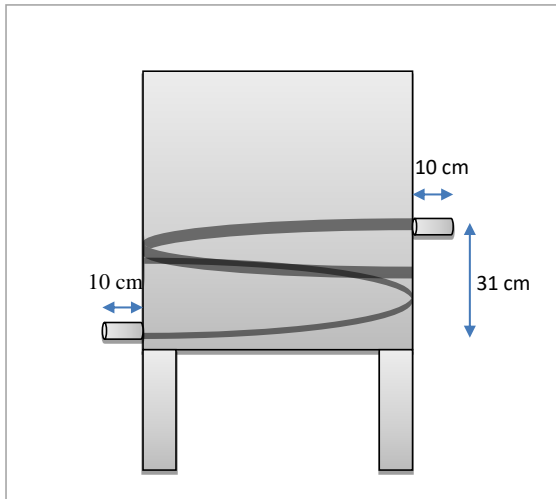


Ilustración 8-3: Ejemplo de serpentín

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

- **Cálculo de la longitud de anillos**

$$L_a = \pi \times d$$

Dónde:

L_a = Longitud de anillos (m)

d = diámetro del evaporador = 0,02 m = (1-0,02) m = 0,98 m

$$L_a = \pi \times (0,98 \text{ m})$$

$$L_a = 3,08 \text{ m}$$

- **Cálculo de la longitud del serpentín**

$$L_S = L_a \times \# \text{vuelatas}$$

Dónde:

L_S = Longitud del serpentín (m)

L_a = Longitud de anillo (m)

$\#_{\text{vuelatas}}$ = Número de vuelatas

$$L_S = 3,08 \text{ m} \times 1$$

$$L_S = 3,08 \text{ m}$$

▪ **Cálculo de la longitud del serpentín**

$$L_{\text{ser}} = L_{\text{anillos}} + L_{\text{entrada de vapor}} + L_{\text{salida condensador}}$$

Dónde:

L_{anillos} = Longitud de anillos (m)

$L_{\text{entrada de vapor}}$ = Longitud de entrada de vapor (m) = 0,10 m

$L_{\text{salida condensador}}$ = Longitud de salida de condensado (m) = 0,10 m

Los valores de salida del condensado y entrada del vapor se asumió a 0,10 m.

$$L_{\text{ser}} = (3,08 + 0,10 + 0,10)\text{m}$$

$$L_{\text{ser}} = 3,28 \text{ m}$$

➤ **Diseño del filtro al vacío**

Los datos para llevar a cabo el diseño del filtro se consideraron los obtenidos mediante experimentación en el laboratorio como se puede observar en la Tabla 11-3.

▪ **Cálculo del caudal (Q)**

En la simulación se filtró 2508,20 ml de solución en 1,15 min:

$$Q = \frac{2508,20 \text{ ml}}{1,15 \text{ min}} = 2181,04 \frac{\text{ml}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}$$

$$Q = 3,64 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

▪ **Cálculo del área filtrante**

Tomando como referencia el área utilizada en la simulación para la operación de la filtración:

$\emptyset = 0,15 \text{ m}$

$$A = \pi r^2$$

76

Dónde:

A= Área filtrante (m²)

r= Radio del filtro (m)

$$A = \pi (0,08\text{m})^2$$

$$A = 0,02 \text{ m}^2$$

En base a los datos obtenidos en la simulación a escala de laboratorio los datos del volumen filtrado recogido corresponden a 0,097 m³ a nivel industrial. Además, los datos de las masas serían las siguientes:

Según los datos y los cálculos realizados en el balance de masa a nivel industrial se obtiene:

Masa para filtrar = 193,93 kg

Masa torta = 96,93 kg

Masa de la solución filtrada= 97 kg

Concentración solución → [] = $\frac{0,5 \text{ Kg}}{0,7 \text{ L}} = 0,71 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}$

▪ **Relación M_{solucion} y M_{torta}**

$$\frac{M_{\text{solucion}}}{M_{\text{torta}}} = \frac{0,506 \text{ Kg}}{0,495 \text{ Kg}}$$

$$\frac{M_{\text{solucion}}}{M_{\text{torta}}} = 1,02$$

▪ **Masa de agua retenida**

$$M_{\text{solucion}} = M_t + y'$$

Dónde:

M_{solucion} = masa de la solución (Kg)

M_t = masa de la torta (Kg)

y' = Relación de solución antes de filtrar

$$y' = M_{\text{solucion}} - M_t$$

$$y' = (1 - 0,495) \text{ Kg}$$

$$y' = 0,505 \text{ Kg}$$

Se utiliza la siguiente fórmula para calcular la solución retenida en la torta:

$$y = \frac{y'}{\rho}$$

Dónde:

y = Masa de solución retenida en la torta (Kg)

ρ = Densidad del filtrado ($1,01 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$)

$$\rho = 1,01 \frac{\text{g}}{\text{ml}} \times \frac{1\text{Kg}}{1000\text{g}} \times \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 1010 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$y = \frac{0,505 \text{ Kg}}{1010 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$$

$$y = 5 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 0,5 \text{ L}$$

▪ **Volumen filtrado teórico**

El volumen filtrado teórico se calcula aplicando el cociente entre el agua retenida y el volumen de solución:

$$V_F = X - Y$$

Dónde:

X = Volumen de solución en base a la concentración (L)

Y = Masa de agua retenida (kg)

V_F = Volumen filtrado teórico (L)

$[]$ = concentración del solido en la solución (kg/L)

M_t = Masa de la torta (kg)

$$X = \frac{M_t}{[]}$$

$$X = \frac{0,495 \text{ Kg}}{0,71 \frac{\text{kg}}{\text{L}}}$$

$$X = 0,69 \text{ L}$$

Reemplazando se tiene:

$$V_F = (0,69 - 0,5) L$$

$$V_F = 0,19 L$$

Tomando en cuenta el volumen teórico y real, se grafica para obtener la pendiente y por ende las constantes utilizadas más adelante.

Tabla 16-3: Datos para curva de filtración

V_F (L)	$\frac{dV_F}{dt}$ (L/min)	$\frac{dt}{dV_F}$ (min/L)
0,5	0,43	2,3
0,19	0,16	6,05

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

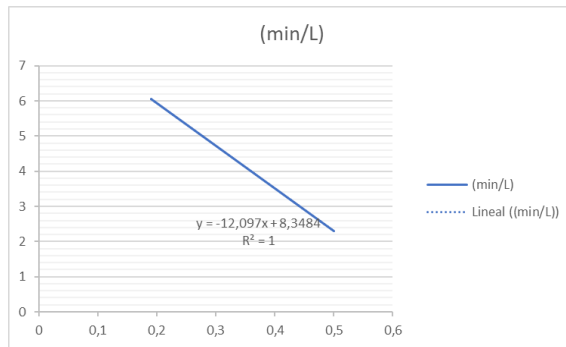


Ilustración 97-3: Curva de filtración

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

$$t = 1,15 \text{ min}$$

$$y = -12,097x + 8,3484$$

$$K_1 = 12,097$$

$$K_2 = 8,3484$$

Se reemplaza en la siguiente fórmula para calcular el volumen óptimo de filtrado:

$$V_F = \left(2 \times \frac{\Sigma t_m}{K_1} \right)^{0,5}$$

Dónde:

Σt_m = Tiempo de filtrado (min)

$$V_F = \left(2 \times \frac{1,15 \text{ min}}{12,097}\right)^{0,5}$$

$$V_F = 0,44 \text{ L}$$

- **Tiempo de filtrado por ciclo (t_F)**

El tiempo de filtrado por cada ciclo se obtiene con la siguiente formula:

$$t_F = \left(\frac{K_1}{2}\right)(V_F)^2 + K_2 \times V_F$$

Dónde:

t_F = Tiempo óptimo de filtrado por ciclo

Reemplazando se tiene un tiempo óptimo de filtrado de 4,84 min.

$$t_F = \left(\frac{12,097}{2}\right)(0,44)^2 L^2 + 8,3484 \times (0,44)$$

$$t_F = 4,84 \text{ minutos}$$

- **Capacidad máxima de filtración (C)**

La capacidad máxima de filtración del filtro en la simulación se conoce por la fórmula:

$$C = \frac{V_F}{(t_F + \Sigma t_m)}$$

$$C = \frac{0,44 \text{ L}}{(4,84 + 1,15) \text{ min}}$$

$$C = 0,07 \frac{\text{L}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}} = 0,10 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

Ahora se calcula el área de filtrado para el volumen que se va a filtrar a nivel industrial, aplicando la fórmula:

$$A_F = A_C \times \frac{C_F}{C}$$

80

Dónde:

A_C = Área utilizada en simulación (m^2)

C_F = Capacidad de filtración a nivel industrial ($\frac{L}{min}$)

C = Capacidad máxima de filtración ($\frac{L}{min}$)

Área de filtrado para $C_F = 2181,04 \frac{ml}{min} \times \frac{1L}{1000 ml} = 2,18 \frac{L}{min}$

$$A_F = 0,02m^2 \times \frac{2,18 \frac{L}{min}}{0,07 \frac{L}{min}}$$

$$A_F = 0,62 m^2$$

▪ **Cálculo del radio del filtro**

$$A = \pi * r^2$$

Despejando:

$$r^2 = \frac{A}{\pi}$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{0,62 m^2}{\pi}}$$

$$r = 0,44 m$$

▪ **Cálculo de la altura del filtro**

$$V = h * \pi * r^2$$

Dónde:

V = volumen a filtrarse (m^3)

r = radio del filtro (m)

h = altura del filtro (m)

$$h = \frac{V}{\pi r^2}$$

$$h = \frac{0,41 \text{ m}^3}{\pi (0,44\text{m})^2}$$

$$h = 0,67 \text{ m}$$

$$\varnothing = r \times 2$$

$$\varnothing = 0,44 \times 2$$

$$\varnothing = 0,88 \text{ m}$$

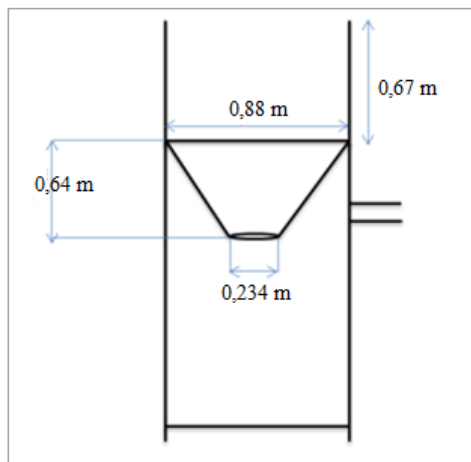


Ilustración 28-3: Esquema de filtración

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

- **Dimensionamiento del cono de salida del líquido filtrado**

El cono se dimensiona tomando como base 1/10 del volumen que ingresa en la operación de filtrado, pues su función es la de dirigir el líquido filtrado y no contenerlo.

$$V = \frac{1}{10} * V_F$$

$$V = \frac{1}{10} * 0,097 \text{ m}^3$$

$$V = 9,7 \times 10^{-3} \text{ m}^{-3}$$

- **Cálculo del diámetro del cono**

Para determinar el diámetro del cono se utiliza la siguiente formula:

$$D_M = \sqrt[3]{\frac{4 V_{\text{cono}}}{\pi}}$$

Dónde:

D_M = Diámetro del cono (m)

V_{cono} = Volumen (m^3)

$$D_M = \sqrt[3]{\frac{4 (9,7 \times 10^{-3} m^3)}{\pi}}$$

$$D_M = 0,23 \text{ m}$$

▪ **Cálculo de la altura del cono**

$$V_{\text{cono}} = \frac{1}{3} \pi r^2 h_{\text{cono}}$$

Donde:

V_{cono} = Volumen (m^3)

h_{cono} = Altura del cono (m)

r = radio del cono (m)

$$h_{\text{cono}} = \frac{3 V_{\text{cono}}}{\pi r^2}$$

$$r = \frac{\varnothing}{2}$$

$$r = \frac{0,23}{2}$$

$$r = 0,12 \text{ m}$$

$$h_{\text{cono}} = \frac{3 (9,7 \times 10^{-3} m^3)}{\pi (0,12 m)^2}$$

$$h_{\text{cono}} = 0,64 \text{ m} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 64 \text{ cm}$$

- **Diseño del contenedor del líquido filtrado**

Volumen del tanque

Tomando como base los datos de la simulación en la filtración y según los resultados a nivel industrial, el volumen filtrado es de 0,097 m³:

El factor de seguridad (x) utilizado para el tanque es de 15 %

$$x = V \times 0,15$$

$$x = 0,097 \text{ m}^3 \times 0,15$$

$$x = 0,014 \text{ m}^3$$

Cálculo del volumen total

$$V_{\text{total}} = V + x$$

$$V_{\text{total}} = 0,097 \text{ m}^3 + 0,014 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{total}} = 0,11 \text{ m}^3$$

Cálculo del radio del tanque

$$\phi = \phi_{\text{filtro}} = 0,88 \text{ m}$$

$$r = \frac{\phi}{2}$$

$$r = \frac{0,88 \text{ m}}{2}$$

$$r = 0,44 \text{ m}$$

Cálculo de la altura del tanque

$$h = \frac{V}{\pi r^2}$$

$$h = \frac{0,11 \text{ m}^3}{\pi (0,44 \text{ m})^2}$$

$$h = 0,18 \text{ m}$$

Factor de seguridad del 15% para la altura

$$x = h * 0,15$$

$$x = 0,18 \text{ m} * 0,15$$

$$x = 0,03 \text{ m}$$

Y sumando la altura del factor de seguridad y la altura del cono que va conteniendo el recipiente:

$$h_{\text{total}} = h + x + h_{\text{cono}}$$

$$h_{\text{total}} = 0,18 \text{ m} + 0,03 \text{ m} + 0,64 \text{ m}$$

$$V_{\text{total}} = 0,85 \text{ m} \cong 0,9 \text{ m}$$

▪ **Potencia de la bomba**

La bomba utilizada en la simulación es de 1/3 hp, sin embargo; se considera el caudal de entrada para la elección de la bomba a nivel industrial, mismo que es de 0,13 m³/h. Entonces se necesita 1 bomba de potencia menor que en este caso corresponde a la potencia menor de 4 KW (5,4 Hp) como se muestra en el catálogo:

Modelo	Caudal aspirado 50 hz m3/h	Caudal aspirado 60 hz m3/h	Vacío 50 Hz mbars	Vacío 60 Hz mbars	Potencia trifásica 50 hz Kw	Potencia trifásica 60 hz Kw	Nivel sonoro 50 hz dba	Nivel sonoro 60 hz dba	Peso kg
PVLA030160	165	192	997	997	4	4.8	71	74	129
PVLA040160	165	192	999.5	999.5	4	4.8	71	74	129
PVLA040190	184	221	999.5	999.5	5.5	6.4	73	76	163
PVLA030190	184	221	997	997	5.5	6.4	73	76	163
PVLA040250	240	274	999.5	999.5	7.8	9.3	73	76	178
PVLA030250	240	274	997	997	7.8	9.3	73	76	178

Referencia	a	b	c	d1	d2	e	g1	g2	i	k	k1	kM	Øs2
PVLA030160P000	302.5	356.5	0.0	G2	G 1 1/2		261.5	133.5	17.5	528	372	900	
PVLA040160P000	302.5	356.5	0.0	G2	G 1 1/2		261.5	133.5	17.5	528	372	900	
PVLA040184P000	362.5	356.5	0.0	G2	G 1 1/2		261.5	133.5	53.5	624	374	998	
PVLA030184P000	362.5	356.5	0.0	G2	G 1 1/2		261.5	133.5	53.5	624	374	998	
PVLA040250P000	422	355	120	G2	G 1 1/2		260	136	37	667	417	1084	
PVLA030250P000	422	355	120	G2	G 1 1/2		260	136	37	667	417	1084	

Ilustración 109-3: Catalogo de bombas al vacío

Fuente: (APELEM, 2008)

La bomba que se propone para el sistema es la modelo PVLA030160 de 4 KW, ya que el caudal aspirado es menor a lo expuesto en el catálogo, siendo necesario elegir la de menor potencia.

➤ **Diseño del homogeneizador**

▪ **Volumen de diseño**

En el homogeneizador está diseñado para el volumen de acuerdo con la cantidad de extracto de saponina obtenida desde la operación de extracción en caliente, y tomando en cuenta la formulación del detergente:

Datos de formulación final:

- Concentrado de saponina = 97,5 %
- Vinagre = 2 %
- Conservante = 0,5 %

Entonces a nivel industrial y en base al balance de masa realizado previamente, el volumen de cada uno de los elementos corresponde a:

Concentrado de saponina = $0,096 \text{ m}^3$

Vinagre = $1,83 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

Conservante = $3,78 \times 10^{-4} \text{ m}^3$

Entonces el volumen del producto final para el cual se diseñará el tanque homogeneizador es de $0,098 \text{ m}^3$:

$$\text{Volumen tanque} = V_{\text{extracto}} + V_{\text{vinagre}} + V_{\text{conservante}}$$

$$\text{Volumen tanque} = 0,096 \text{ m}^3 + 1,83 \times 10^{-3} \text{ m}^3 + 3,78 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen tanque} = 0,098 \text{ m}^3$$

Tomando un factor de seguridad (0,20)

$$V_{\text{fs}} = V \times 0,20$$

$$V_{\text{fs}} = 0,098 \text{ m}^3 \times 0,20$$

$$V_{fs} = 0,02 \text{ m}^3$$

Volumen total

$$V_t = V_{fs} + V$$
$$V_t = (0,02 + 0,098) \text{ m}^3$$
$$V_t = 0,12 \text{ m}^3$$

▪ **Radio del homogeneizador**

$\emptyset = 0,50 \text{ m} \rightarrow$ asumido

$$r = \frac{\emptyset}{2}$$
$$r = \frac{0,50 \text{ m}}{2}$$
$$r = 0,25 \text{ m}$$

▪ **Altura del homogeneizador**

$$h = \frac{V}{\pi r^2}$$
$$h = \frac{0,12 \text{ m}^3}{\pi (0,25 \text{ m})^2}$$
$$h = 0,61 \text{ m}$$

Tomando 20 % como factor de seguridad.

$$x = h \times 0,20$$
$$x = 0,61 \times 0,20$$
$$x = 0,12 \text{ m}$$

$$h_t = h + x$$
$$h_t = (0,61 + 0,12) \text{ m}$$
$$h_t = 0,73 \text{ m}$$

▪ **Diseño del sistema de agitación**

-Longitud del brazo

$$L_{\text{brazo}} = \frac{5}{8} \times \emptyset$$

$$L_{\text{brazo}} = \frac{5}{8} \times 0,50 \text{ m}$$

$$L_{\text{brazo}} = 0,31 \text{ m}$$

-Espesor del agitador

$$E_r = \frac{1}{10} \times L_{\text{brazo}}$$

$$E_r = \frac{1}{10} \times 0,31 \text{ m}$$

$$E_r = 0,031 \text{ m}$$

-Diámetro del rodete

$$\emptyset_r = \frac{3}{4} \times \emptyset$$

$$\emptyset_r = \frac{3}{4} \times 0,50 \text{ m}$$

$$\emptyset_r = 0,375 \text{ m}$$

-Diseño entre el fondo del tanque y el rodete

$$x = h_t - L_{\text{brazo}}$$

$$x = 0,73 - 0,31$$

$$x = 0,42 \text{ m}$$

-Altura de la paleta

$$A_p = \frac{1}{3} \times L_{\text{brazo}}$$

$$A_p = \frac{1}{3} \times 0,31 \text{ m}$$

$$A_p = 0,062 \text{ m}$$

▪ **Cálculo de la potencia**

-Número de Reynolds

Para obtener el número de revoluciones por segundo (N) se debe basar en la experimentación a escala de laboratorio; sin embargo, el equipo de homogeneización disponible en el laboratorio en el que se realizó la simulación cuenta con una capacidad demasiado alta con respecto a los datos manejados, por lo que se considera utilizar datos bibliográficos de fluidos similares en los que se maneja un N de 0,8 rps:

$$NR_e = \frac{\phi^2 \times N \times \rho}{\mu}$$

Dónde:

ϕ^2 = Diámetro del tanque (m)

ρ = Densidad del producto ($1010 \frac{Kg}{m^3}$)

μ = Viscosidad de la solución

$\mu_{solucion} = 0,015 \text{ Pa} \cdot \text{s}$

$N = 0,8 \text{ rps}$

Reemplazando se tiene:

$$NR_e = \frac{(0,5 \text{ m})^2 \times 0,8 \text{ rps} \times 1010 \frac{Kg}{m^3}}{0,015 \text{ Pa} \cdot \text{s}}$$

$$NR_e = 13466,7 \rightarrow 1,34 \times 10^4$$

Con el número de Reynolds en el diagrama se obtiene N_{po} para calcular la potencia del motor.

$$N_{po} = 5,2$$

$$P = \frac{N_{po}}{gc} \times \rho \times N^3 \times \theta_r^5$$

Dónde:

gc = factor gravitacional de conservación = $9.8 \text{ kg m / kg f s}^2$

→ 1 Kg / Ns² → porque 1Kg fuerza es igual a 9.8 N

Reemplazando se tiene:

$$P = \frac{5,2}{1 \frac{Kg f}{s^2}} \times 1010 \frac{Kg}{m^3} \times (0,8)^3 \times (0,375 m)^5$$

$$P = 19,94 w \times \frac{1 hp}{746 w} = 0,03 hp$$

Motor con potencia de ¼ hp

Cálculo de una envasadora

- Longitud del cilindro de carga y descarga del detergente

$$L = \frac{V}{\pi r^2}$$

Donde:

L: Longitud del cilindro

V: Volumen del detergente (cm³)

r: Radio del cilindro (cm)

$$L = \frac{1000m^3}{\pi(3cm)^2}$$

$$L = 36cm$$

Cálculo de la banda a transportadora

Por motivos de la comodidad se diseña que la descarga se realice para 4 envases de 1L.

- Masa a soportar para envases de 1L

$$m_1 = \rho * V$$

Dónde.

m₁: Masa a la cual va a estar sujeta la banda transportadora

ρ: Densidad del detergente (g/cm³); 1,01

V: Volumen del detergente (cm³); 1000

$$m_1 = 1,01 \frac{g}{cm^3} * 1000cm^3$$

$$m_1 = 4040g = 4,04kg$$

- **Cálculo del área de la banda transportadora**

$$A = \pi * r^2$$

Dónde.

A: Área de la banda transportadora (m²)

ρ : Radio del envase de 1L (m); 0,03cm

$$A = \pi * (0,03m)^2$$

$$A = 0,0028m^2$$

Se escoge el ancho de la banda según la tabla de anchos normalizados para bandas transportadoras

Tabla 17-3: Anchos de bandas normalizados

Anchos de bandas normalizados												
400	500	600	650	800	1000	1200	1200	1400	1600	1800	2000	2200

Fuente: (Perry, 2015)

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

$$B_b = 400mm = 0,4m$$

$$A_0 = 0,0028m^2 * 98 \text{ envases}$$

$$A_0 = 0,27m^2$$

Se calcula la longitud de banda según la siguiente relación

$$A_0 = A_b = \frac{L_b * B_b}{2}$$

Dónde

A₀: Área de la banda transportadora (m²)

L_b: Longitud de banda (m)

B_b: Ancho estandarizado de la banda (m)

$$L_b = \frac{A_0 * 2}{B_b}$$

$$L_b = \frac{0,27m^2 * 2}{0,4m}$$

$$L_b = 1,35m$$

Se aplica el factor de seguridad del 10%

$$L_b = 1,35m(1,1)$$

$$L_b = 1,49m$$

- **Cálculo de la velocidad de la banda transportadora**

$$V_b = \frac{L_b}{t_{seg}}$$

Dónde:

V_b : Velocidad de la banda transportadora (m/s)

L_b : Longitud de la banda (m)

t_{seg} : Tiempo equivalente a 1 minuto (s)

$$V_b = \frac{1,49m}{60s}$$

$$V_b = 0,025 \frac{m}{s}$$

Para seleccionar el diámetro del rodillo, espesor se aplica la siguiente tabla de valores estandarizados

Tabla 18-3: Diámetro de rodillos en función del ancho de banda

Banda Ø (mm)	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
63,5	X	X	X							
70		X	X	X						
76		X	X	X	X					
89		X	X	X	X					

Fuente: (Santacruz y Suárez, p.81)

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Según el ancho normalizado de 400mm se escoge el diámetro de rodillo de 63,5cm

Por otra parte, para el cálculo de la masa de la banda se tiene los siguientes datos

Tipo de material: nylon industrial

Espesor: 0,07mm

Peso de la banda: 0,7 kg/m²

Partes móviles: 24kg/m

La masa de la banda:

$$\begin{aligned}m_b &= A_0 * P_m \\m_b &= 0,27m^2 * 24 \frac{kg}{m^2} \\m_b &= 0,19kg\end{aligned}$$

- **Potencia del motor de la banda transportadora**

Por efecto de diseño se requiere un motor de 0,25HP, la cual es necesaria para poder realizar el movimiento de la banda transportadora.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados de cálculos del diseño

Los resultados obtenidos en cada uno de los parámetros de diseño de los equipos que intervienen en el proceso de elaboración del detergente líquido biodegradable a partir del fruto del choloque se evidencian a continuación:

Tabla 1-4: Dimensionamiento del tanque de lavado y desinfección

TANQUE DE LAVADO Y DESINFECCIÓN		
Descripción	Valor	Unidades
Volumen	0,59	m ³
Diámetro	0,86	m
Altura	1,17	m
Material de construcción	Acero inoxidable	

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Tabla 2-4: Dimensionamiento mesa de escurrimiento

MESA DE ESCURRIMIENTO		
Descripción	Valor	Unidades
Volumen	0,41	m ³
Longitud	2	m
Ancho	1	m
Altura cajón	0,15	m
Espacio entre el fondo y rejilla	1	cm
Tamaño de malla de rejilla	< 1	cm
Capacidad de cada mesa	50,43	kg
Material de construcción	Acero inoxidable	

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Tabla 3-4: Dimensionamiento del triturador

TRITURADOR		
Descripción	Valor	Unidades
Alimentación de carga	25,2	kg/h

Potencia del motor	1	Hp
Material de construcción	Acero inoxidable	
Tolva de alimentación		
Volumen	0,10	m ³ /h
Altura	0,20	m
Área superior	0,30	m
Área inferior	0,10	m
Cámara de trituración		
Diámetro	0,36	m
Ángulo de separación entre rodillos	47,11	°
Diámetro de los rodillos	9,88	cm
Longitud de los rodillos	30	cm

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Como se explicó anteriormente, se elige el método de extracción en caliente por ebullición por lo que se diseña un tanque evaporador con serpentín sumergido para facilitar la operación:

Tabla 4-4: Dimensionamiento del tanque evaporador

EVAPORADOR		
Descripción	Valor	Unidades
Volumen	0,53	m³
Diámetro	1	M
Atura	0,94	M
Serpentín		
Diámetro externo	0,0337	M
Diámetro interno	0,0335	M
Espesor del serpentín	$1,14 \times 10^{-4}$	m
Longitud	3,28	m
# de vueltas	1	--

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Los resultados para el filtro al vacío diseñado en base a los datos resultantes de la simulación a escala de laboratorio se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5-4: Dimensionamiento del filtro al vacío

FILTRO AL VACÍO		
Descripción	Valor	Unidades
Medidas del filtro		
Caudal	$3,64 \times 10^{-5}$	m ³ /s
Diámetro del área filtrante	0,88	m
Altura del filtro	0,67	m
Diámetro de cono	0,23	m
Altura de cono	0,64	m
Sistema de recolección de líquido filtrado		
Volumen del tanque	0,11	m ³
Diámetro del tanque	0,88	m
Altura del tanque	0,90	m
Sistema de filtración		
Tiempo de filtrado	4,84	min
Potencia de bomba	5,4	Hp

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Para finalizar el proceso de obtención del detergente líquido biodegradable se diseñó un homogeneizador en el que los componentes de la formulación se homogeneizan para envasar el producto final, los resultados para éste se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6-4: Dimensionamiento del homogeneizador

TANQUE HOMOGENEIZADOR		
Descripción	Valor	Unidades
Volumen	0,12	m ³
Diámetro	0,50	m
Altura	0,73	m
Sistema de agitación		
Longitud del brazo	0,31	m
Espesor del agitador	0,031	m
Altura de la paleta	0,062	m
Potencia del agitador	0,03≈1/4	Hp

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Tabla 7-4: Dimensionamiento del homogeneizador

ENVASADORA		
Descripción	Valor	Unidades
Envase de 1L		
Longitud del cilindro de carga y descarga	0,36	m
Radio del cilindro	0,3	m
Banda transportadora		
Sistema de agitación		
Masa soporta la banda por carga de envases de 1L	4,04	kg
Tiempo trayectoria	031	S
Ancho de la banda	1,49	m
Longitud de la banda	0,4	m
Potencia del motor	0,25	HP

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

4.2. Validación del proceso y producto

Posterior a la simulación y diseño del proceso y todos sus componentes en base a la capacidad de 100 kg de fruto al día, se realizó los análisis respectivos con el propósito de validar el proceso diseñado para la obtención del detergente líquido biodegradable, el cual debe cumplir con la exigencia de la NORMA NTE INEN 0847: Agentes Tensoactivos. Detergente líquido.

Los requerimientos de la norma antes mencionada especifican solamente parámetros fisicoquímicos como pH, materia grasa, entre otros; sin embargo, al tratarse de un producto altamente biodegradable en el que se ha tratado de mantener lo más posible la naturalidad de su fuente, se ha decidido realizar un análisis microbiológico adicional.

Los resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico realizado al detergente líquido biodegradable fueron realizados en el laboratorio Inspectorate de la ciudad de Guayaquil y se muestran a continuación:

Tabla 8-4: Resultados organolépticos

Parámetro	Condición
Estado	Líquido a temperatura ambiente
Color	Amarillento
Olor	Alcanforado

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Tabla 9-4: Análisis fisicoquímico resultante del detergente líquido biodegradable “Choloque”

Resultados Fisicoquímicos				
Parámetro	Resultado	Norma INEN 875		Unidad
		min.	máx.	
Materia grasa total	3,3	----	----	%
Materia insoluble en agua	0,67	----	1,5	%
P ₂ O ₅	3,2	----	10	%
Biodegradabilidad del tensoactivo	98,84	90	---	%
Viscosidad	381,5	----	---	mPas
Densidad	1,01	----	---	g/ml
pH	4,04	----	11	---

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

4.3. Proceso de producción

Mediante la experimentación realizada en laboratorio, y la necesidad de la empresa se tiene la cantidad de materia prima a procesar, donde la producción del producto final será de 98 litros por día, teniendo en cuenta que la semana cuenta con 5 días laborables, para obtener el mencionado volumen de detergente se necesita las siguientes cantidades de materia prima e insumos.

4.3.1 Materia prima e insumos para la obtención de detergente líquido biodegradable

Tabla 10-4: Materia prima

Materia prima	Cantidad	Unidad
Choloque	100	kg

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Tabla 11-4: Insumos para la producción

Insumos	Cantidad	Unidad
Vinagre	1,94	kg
Agua destilada	135	L
Conservante	0,49	kg

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

4.3.2. Diagrama de proceso de obtención de aceite esencial a escala industrial

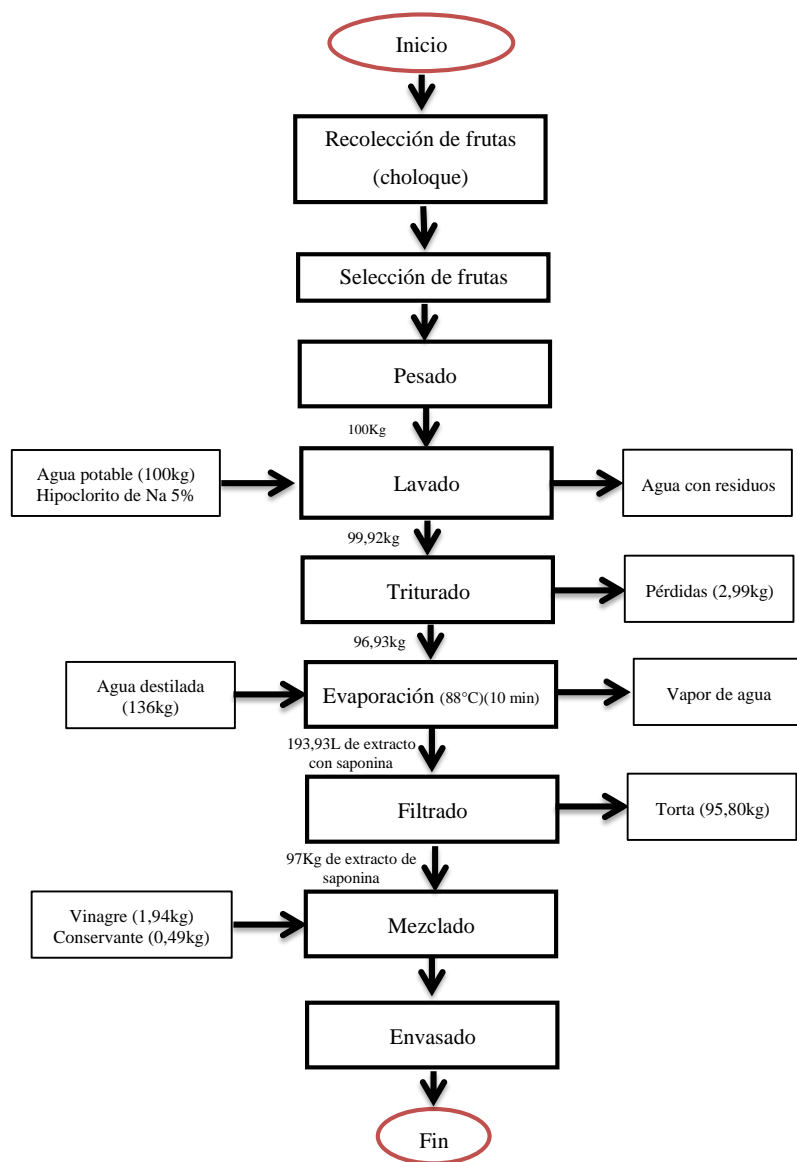


Ilustración11-4: Proceso de obtención del detergente líquido
Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

4.3.3. Capacidad de obtención del producto

La capacidad de obtención del detergente líquido biodegradable de manera industrial, partiendo de 100Kg de fruto se llega a obtener 98L diarios, volumen que será envasado en frascos de 1L. Además, se debe tener en consideración que la producción se llevará a cabo de lunes a viernes.

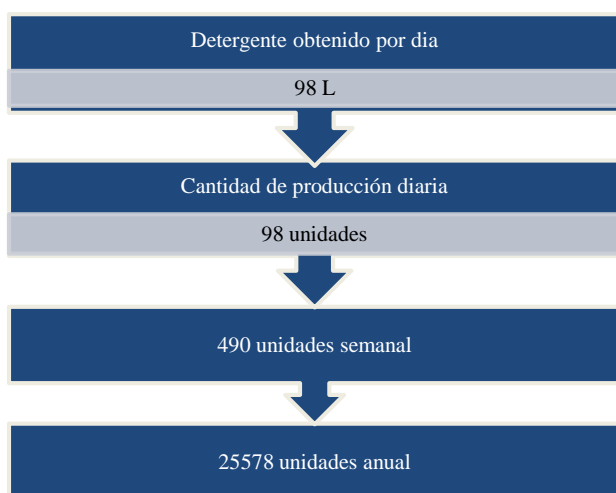


Ilustración 2-4: Capacidad de producción

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

4.4. Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria

Para la obtención del detergente líquido biodegradable a base del fruto del choloque se necesita considerar la implementación del proceso antes diseñado junto a los equipos y maquinaria necesarios, mismos que se especifican en la siguiente tabla:

4.4.1. Requerimientos de equipos

Tabla 12-4: Equipos requeridos en el proceso

SISTEMA / COMPONENTE	TECNOLOGÍA /EQUIPO /MAQUINARIA	DESCRIPCIÓN
Lavado y desinfección	Tanque de lavado y desinfección	El tanque de lavado y desinfección tienen la función de albergar los frutos cosechados del choloque mediante la inmersión con agua y desinfectante para eliminar las impurezas que pueden contener y asegurar la calidad del producto final desde el inicio de la operación. Este tanque es de acero inoxidable, material indicado para el contacto con agua y otras sustancias que pueden dañar o corroer el mismo.
Escurrimiento	Mesa rectangular con rejilla	Se prevé el uso de dos mesas de escurrimiento con rejillas para traspasar el fruto lavado y desinfectado de la operación anterior con la finalidad de eliminar el agua por acción de la gravedad. Esta parte del proceso ayuda a generarse la trituración de forma adecuada.
Triturado	Triturador de rodillos	El triturador ha sido diseñado con dos rodillos de un diámetro adecuado, separados entre sí para lograr la trituración a la mitad de los frutos aprovechando y generando mayor eficiencia en la operación de extracción en caliente.
Extracción en caliente	Evaporador	Esta operación es una de las más importantes del proceso, pues la extracción en caliente favorece la obtención del concentrado de la saponina desde el fruto del choloque. El tanque evaporador se diseñó con un serpentín circular sumergido para facilitar la ebullición y por ende reducir el tiempo de operación.
Filtrado al vacío	Sistema de filtración al vacío	El sistema de filtración al vacío se diseñó en base al equipo utilizado en la simulación a escala de laboratorio en el que se compone de un filtro circular con malla adecuada, un embudo y un contenedor del líquido filtrado. La filtración al vacío se compone también de una bomba para la succión del líquido permitiendo una eficiencia mayor.
Homogeneizado	Homogeneizador	El homogeneizador consta de un tanque de acero inoxidable equipado de un sistema de agitación que permite la mezcla de las materias primas e insumos necesarios dentro de la formulación del detergente líquido biodegradable.
Envasado y etiquetado	Envasadora y etiquetadora automática	Este equipo es necesario para la dosificación de manera automática, aprovechando tiempo y recursos. La presentación del producto considerado para el presente proyecto es de 1000 ml de volumen.

Pesaje materia prima	Balanza mecánica	La balanza en este proceso es fundamental para poder realizar el pesaje adecuado de cada uno de los componentes necesarios en la formulación del producto final.
-----------------------------	------------------	--

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

4.5. Análisis de costo/beneficio del proyecto

4.5.1 Inversión fija

Costes para la adquisición para equipos, materiales para poder llevar a cabo el proceso de producción del detergente líquido biodegradable, sumado a ello la preparación de las instalaciones de la planta, es decir, la infraestructura.

Para lo cual, se ha tomado en consideración los equipos para la línea principal del proceso, como se puede ver a continuación:

Tabla 13-4: Equipos para la línea principal del proceso

Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Triturador de rodillos	1	950	950
Filtro	1	1050	1050
Mesa de escurrido	1	170	170
Tanque de lavado y desinfección	1	650	650
Motor de 1HP trifásico	1	226,5	226,5
Evaporador	1	980	980
Bomba de vacío	2	180	360
Banda transportadora	1	950	950
Envasadora	1	1250	1250
Mezclador	1	900	900
Subtotal			7486,5

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Además, para que se lleve una producción de calidad es necesario la adquisición de material de laboratorio para poder hacer análisis físicos de la materia prima y del producto final que ayude a cumplir con esta meta, tal como se puede ver a continuación:

Tabla 14-4: Equipos para control y seguimiento del proceso

Descripción	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Termómetro	3	20,00	60,00
pH-metro	1	35,00	35,00
Probeta 25ml	6	5,00	30,00
Balón aforado de 100ml	6	9,00	54,00
Piseta	3	5,00	15,00
Matraz 100ml	5	4,60	23,00
Refractómetro	1	125,00	125,00
Vasos de precipitación	5	4,00	20,00
Pipeta	8	2,50	20,00
Balanza digital	1	60,00	60,00
Picnómetro	3	9,50	28,50
Reverbero	1	30,00	30,00
Probeta de 1000ml	2	8,00	16,00
Subtotal			516,50

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Por otra parte, se debe contar con una estructura física a sus adecuaciones para poder llevar a cabo el proceso de producción del detergente, misma que debe contar con una inversión como se especifica a continuación:

Tabla 15-3: Inversiones en la estructura física

Inversión	Costo (\$)
Acondicionamiento de la planta (agua potable, tendido eléctrica, diseño y modificación estructural)	10999,12
Creación de un área de control de calidad (laboratorio)	6600,00
Imprevistos y contingencias	500,00
Subtotal	18099,12

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

El recurso humano también es costo fijo, ya que se necesita de la misma para poder montar la planta de producción, así como la realización de asesorías y capacitaciones de uso de las instalaciones y equipos, teniendo un costo siguiente:

Tabla 16-4: Recursos humanos para el montaje e instalación del proceso

Denominación	costo (\$)
Mano de obra para el montaje e instalación de equipos	6000,00
Mano de obra para adecuación de la planta	3000,00
Asesoría y capacitación a operarios y socios	2000,00
Subtotal	11000,00

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Por lo tanto, a continuación, se presenta un resumen de la inversión fija necesaria para llevar a cabo el proyecto

Tabla 17-4: Inversión fija

Detalles	Costo (\$)
Equipos para la línea principal del proceso	7486,50
Equipos para control y seguimiento del proceso	516,50
Inversiones en la planta de procesamiento	18099,12
Recursos humanos para el montaje e instalación del proceso	11000,00
TOTAL	37102,12

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

4.5.2. Determinación de egresos

Este tipo de costes se basan en los gastos en materia prima e insumos para la producción del producto netamente, así el recurso necesario para que el proceso se lleve a cabo, ya sea esta de profesionales y operarios. Sumado a ello, se consideró los gastos energéticos y recurso hídrico, así como de oficina necesarios.

Tabla 18-4: Servicios básicos

Servicio	Costo mensual (\$)
Agua potable	90,00
Energía eléctrica	110,00
Teléfono	20,00
Internet	60,00
Subtotal	280,00
Costo anual	3360,00

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Tabla 19-4: Recursos humanos para la producción del detergente

Personal	Cantidad	Tiempo de trabajo (h)	Salario/ mes (\$)	Costo anual (\$)
Supervisor de producción	1	160	1000,00	12000,00
Operario de producción y envasado	1	160	375,00	4500,00
Operario de desinfección y limpieza	1	160	375,00	4500,00
Mano de obra indirecta	3	40	60	2160,00
Subtotal				23160,00

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Los costos de producción se consideran los de mayor importancia, para estos costes se ha considerado que se va a trabajar en la semana los 5 días laborables, si bien el fruto de choloque no es comercializado, se ha generado la propuesta de compra a personas que cuenten con este fruto próximo a la planta de producción, teniendo en consideración la producción necesaria y recomendada por la Asociación AMUPAKIN, para producir 100kg de choloque diario, tal como se especifica a continuación

Tabla 20-4: Costo de elaboración del detergente líquido biodegradable (98 unidades de 1L)

Materiales, insumos y suministros	Valor por presentación	Valor unitario (\$)	Cantidad requerida	Unidad	Valor total (\$)
Choloque	-	0,3	100	kg	30,00
Vinagre	\$35/20L	1,75	1,83	L	3,20
Conservante	\$10/kg	10	0,49	kg	4,90
Agua destilada	\$3/20L	0,15	138	L	20,40
Envase plástico de 1L	\$15/100unidades	0,15	98	Unidad	14,70
Etiquetas	\$200 /5000 etiquetas	0,06	98	Unidad	3,92
Cofia	\$ 6/100 unidades	0,005	4	Unidad	0,24
Mascarillas	\$5,00/ (50u)	0,1	4	Unidad	0,40
Guantes	\$8,50/caja (50 pares)	0,17	2	Unidad	0,34
Subtotal					78,10
Costo anual					20306

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Por consiguiente, se tiene el total de egresos

Tabla 21-4: Egresos

Detalles	Costo (\$)
Servicios básicos	3360,00
Recursos humanos para el proceso de manufactura	23160,00
Costo de elaboración del producto (98L diarios)	20306,00
TOTAL	46826,00

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

4.5.3. *Financiamiento*

El financiamiento inicial por parte de la Asociación AMUPAKIN mediante una inversión fija de 12000 dólares, mientras que el dinero restante para llevar a cabo el proyecto se pretende buscar una fuente externa de financiamiento la cual se basa en buscar ayuda mediante gestión con el Ministerio de Inclusión Económica y Social, en busca de un apoyo económico que no solo beneficiará a la empresa, sino a la población aledaña al darle un valor al fruto que muchas de las ocasiones no es aprovechado por sus propiedades tensoactivas, y solo se usa como material de artesanías. Además, se ha considerado prudente tener en cuenta un 6% al costo de la inversión fija y egresos, como se puede ver a continuación

Tabla 22-4: Costos totales de inversión fija y egresos

Descripción	Valor (\$)
Inversión fija	37102,12
Improvistos (6%)	39328,25
Egresos anuales (costos de producción)	46826,00
Improvistos (6%)	49470,89

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

4.5.4. *Determinación de ingresos anuales*

Los ingresos anuales están direccionados a la posible venta del producto y las regalías que este produce, para lo cual se ha considerado el costo de producción por unidad de 1 litro, como todo negocio se busca que la rentabilidad del mismo sea en lo posible del 50% por ello se ha tomado este porcentaje como ganancia, para poder obtener el precio de venta al público como se muestra a continuación en la siguiente ecuación:

$$PVP = CP \left(\frac{100}{100 - U} \right)$$

Dónde:

PVP: Precio de venta al público

CP: Costo de producción; \$1,94

U: Utilidad deseada; 50%

$$PVP = \$1,94 \left(\frac{100}{100 - 50} \right)$$

$$PVP = \$3,88$$

El PVP es de \$3,88; un valor por debajo de productos ya existentes en el mercado, los ingresos anuales por la venta del producto son:

Tabla 23-4: Ingresos anuales

Unidades producidas/lote	Costo de producción anual	Costo de producción por unidad (\$)	PVP (\$)	Ingresos anuales (\$)
98	49470,89	1,94	3,88	98941,78

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

4.5.5. Cálculo de valor actual neto, tasa de retorno interno y periodo de recuperación

La fiabilidad del proyecto se ve enmarcado mediante la aplicación de cálculos estadísticos como el valor actual neto (VAN), la tasa de retorno interno (TIR) y periodo de recuperación (PDR), los cuales brindan una pauta para conocer si el proyecto es viable o no.

4.5.5.1. Valor actual neto

Es un criterio de inversión en función del tiempo, que refleja el valor actual de los cobros menos el valor actualizado de los pagos. Para poder tomar una decisión se debe considerar las siguientes interpretaciones del VAN.

El Van se puede interpretar de la siguiente manera:

VAN>0; Que el proyecto o la empresa está generando beneficios.

VAN=0; No existe una ganancia o pérdida, pero se pierde el tiempo,

VAN<0; Existe pérdidas en la empresa, además de pérdida de tiempo, por lo que debe ser rechazado.

Tabla 24-4: VAN

Periodo inicial	Inversión inicial (Inv): \$12000,00			
0				
Periodos (años) j	Ingreso (\$)	Egreso (\$)	Flujo de caja (\$) Fj	Fj/(1+i)^j
1	98941,78	49470,89	49470,89	44973,54
2	98941,78	49470,89	49470,89	40885,03
3	98941,78	49470,89	49470,89	37168,21
4	98941,78	49470,89	49470,89	33789,28
5	98941,78	49470,89	49470,89	30717,53
Tasa de descuento	i=10%	$VAN = -Inv + \sum_{j=1}^n \frac{Fj}{(1+i)^j}$		177533,59

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

4.5.5.2. Tasa interna de retorno

Es la más alta tasa de actualización que se puede exigir al proyecto. O también es el tipo de retorno de actualización que igual a “0” el VAN. A continuación, se presenta los criterios de selección de la tasa de actualización donde “i” es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

TIR > i; El proyecto de inversión será aceptado.

TIR = i; La inversión podrá llevarse a cabo si se mejora la posición competitiva de la empresa.

TIR < i; El proyecto debe ser rechazado.

$$VAN = 0 = -Inv + \sum_{j=1}^n \frac{Fj}{(1+i)^j}$$

Mediante la realización de una hoja de cálculo en Excel se tiene los valores de TIR como se puede ver a continuación:

Tabla 25-4: Cálculo de tasa interna de retorno

Tasa de descuento (%)	VAN
0	
10	175533,59
20	135948,94
30	108489,80

40	88681,37
50	73912,41
60	62588,30
99	36369,38
En la tasa interna de retorno es viable con un porcentaje de tasa de 10%, haciendo que sea viable el proyecto, más aún al usar una fruta que no le han dado un valor agregado	

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

Los cálculos realizados sobre la estimación del Valor Actual Neto (VAN) y sobre la Tasa Interna de Retorno (TIR) nos revelan la rentabilidad del proyecto es viable.

4.5.5.3. Periodo de recuperación de la inversión

Se determina el tiempo en el cual se va a recuperar lo invertido inicialmente, y posteriormente en que tiempo se verá las ganancias. Para lo cual se tiene los siguientes datos:

Tabla 26-4: Periodo de Recuperación de la inversión

Periodos (años)	Flujo de caja (\$)	Flujo acumulado (\$)
0	-51328,25	-51328,25
1	49470,89	-1857,36
2	49470,89	47613,53
3	49470,89	97084,42
4	49470,89	146555,31
5	49470,89	196026,20

Realizado por: Paladines, Daniela, 2022.

La cual se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$PDR = \text{periodo último acumulado negativo} + \frac{|\text{último flujo acumulado negativo}|}{\text{flujo de caja del año siguiente}}$$

$$PDR = 1 + \frac{|-1857,36|}{49470,89}$$

$$PDR = 1,04 \text{ años}$$

$$PDR = 1 \text{ año } 0 \text{ meses } 13 \text{ días}$$

El tiempo de recuperación del dinero invertido para el proyecto es de 1 año, 0 meses y 13 días, mediante la producción de 98 litros de detergente líquido biodegradable a partir de choloque, el producto se va a comercializar en frascos de 1 litro, por lo tanto la producción diaria es de 98 unidades, para dicho producto el costo de producción es de teniendo en cuenta que el costo de producción por unidad es de 1,94 dólares y el costo de precio de venta es de 3,88 dólares, teniendo una ganancia por unidad del 50%.

4.6. Análisis y discusión de resultados

En el proyecto se llevó a cabo la extracción de saponina de fruto “choloque” mediante la aplicación de dos métodos, el primero consistió una extracción fría, es decir, mediante la aplicación de un disolvente, el cual fue el etanol (96%) y posteriormente una destilación en rotavapor para recuperar el solvente y obtener la saponina del fruto. Mientras que el segundo método se realizó con una extracción caliente, mediante la aplicación de agua destilada a 88°C. Llegando a obtener como resultado que el método que contó con mayor eficacia en la obtención de saponina es por evaporación, por lo que el primer método se descartó por tener un menor porcentaje de saponina extraída, a más que su costo de producción es menor al no tener que recuperar el solvente, por lo tanto, los gastos energéticos serán menores.

En el proceso seleccionado de extracción de saponina del choloque a escala de laboratorio al obtener 500ml de saponina, a comparación de extracción por solvente donde se obtuvo un volumen de 63ml, en ambos métodos se partió de 500g de fruta, a más de ello en la extracción con el método caliente posee una ventaja al tener un extracto que aprovecha el agua añadida y con ello los costes de producción disminuyen, es así que a partir de los 500g de fruta se tiene un extracto de saponina-agua de 500ml posterior al filtrado. Si comparamos el volumen de extracción de otros autores, que, si bien lo realizan en otros frutos y mediante la aplicación de una extracción aplicando disolventes, permiten consolidar un porcentaje de saponina a extraer, es así que según Guaman y Cauja (2017) en la quinua de 120g de materia prima obtiene un volumen de 16,9ml de saponina, mientras que del chocho de 83g se obtiene 13,58ml y de la cabuya de ml se obtiene 31,52ml de saponina. Haciendo mención a otros autores que considera el choloque como punto de partida para la obtención de saponina se tiene que (Melgarejo Espinoza (2020) en su estudio de obtención de jabón líquido con sustitución parcial de extractos naturales de choloque y gladiolo menciona que a partir de 14kg de choloque obtiene un extracto de 3kg de saponina mientras que Burga Santisteban y Sangay Cruzado (2018) en su estudio de comparación de la concentración de saponina entre quinua y choloque menciona que este último posee mayor concentración de saponinas que la quinua al practicar una prueba de espuma.

Ahora bien, la saponina no cuenta con una norma con cual poderla comparar, pero se ha considerado llevar a cabo un análisis fisicoquímico a la saponina obteniendo los siguientes resultados: densidad (1,01g/ml); pH (6,16); °Brix (3,03); índice de refracción (1,337) y la viscosidad (381,5 mPas).

Por otra parte, se llevó a cabo la caracterización del producto final, que en este caso es el detergente líquido biodegradable, basada en la norma NTE INEN 0847, misma que permite validar el diseño ingenieril teniendo resultados tales como: Materia grasa total (3,3%); Materia insoluble en agua (0,67%); P₂O₅ (3,2%); Biodegradabilidad del tensoactivo (98,84%); Viscosidad

(381,5 mPas); Densidad (1,01 g/ml) y pH (4,04). Si se hace una comparación con lo mencionado por Guaman y Cauja (2017) el cual obtuvo como resultados en el detergente líquido biodegradable a base de quinua, chocho y cabuya en el cual se tiene valores como: Materia grasa (3,28%); Alcalinidad libre (0%); pH (1,34); Materia activa (36,12%); Fosfatos (0,08%) y Biodegradabilidad (94%). Si tenemos en consideración el porcentaje de biodegradabilidad del detergente producido en el proceso propuesto, así como del Guaman y Cauja (2017) están dentro de la norma al tener mayor porcentaje del 90%, teniendo un mejor porcentaje en el proceso propuesto, esto ya que como insumos se usa vinagre y un estabilizante, haciendo que su biodegradación sea mayor. En todo caso, la saponina es parte fundamental en el detergente debido a sus propiedades tensoactivas. Para llegar a la obtención del producto en la fase experimental se varió el extracto de saponina para obtener la mejor formulación, al presentar mayor biodegradabilidad.

Se debe tener en cuenta que de los estudios posteriormente mencionados, la mayoría son realizados en el Perú, donde el choloque tiene un mayor uso a comparación del Ecuador, es así que en nuestro país la fruta es usada para la realización de artesanías, por lo que no es aprovechado sus propiedades tensoactivas, cabe recalcar que el fruto no es comercializado como materia prima para la obtención de productos industrializados, es por ello que productos similares no existen en el país, ya que no se le da un valor agregado.

Se realizó un análisis financiero con finalidad de verificar si el proyecto es viable, para lo cual se aplicó un cálculo de indicadores financieros, teniendo un VAN /Valor Actual Neto) favorable al ser \$177533,59; mientras que el TIR (Tasa Interna de Retorno) del proyecto se puede llevar a cabo de 10%, si bien este puede variar, ya que como el fruto no es comercializado, el costo de obtención como materia prima es bajo. En cuanto se refiere al precio de producción por envase de 1L es de \$1,94; del cual se busca tener una ganancia del 50% teniendo un costo de venta al público de \$3,88. Estos costos a comparación de detergentes biodegradables comercializados en el mercado es competitivo, ya que su costo se encuentra en un aproximado de \$5,00. Por otra parte, el tiempo de recuperación del dinero invertido es de 1 año con 13 días, por lo que el proyecto planteado es financieramente viable.

CONCLUSIONES

- EL proceso de extracción de la saponina del choloque (*Sapindus mukorossi*) se definió por la aplicación del método caliente, es decir, mediante ebullición con agua destilada durante 10 minutos a una temperatura de 88°C. Por lo tanto, se efectuó la caracterización inicial de la saponina obtenida para actuar como materia prima en la elaboración de detergente líquido biodegradable. Al no contar con una normativa vigente que mencione las características fisicoquímicas de las saponinas se consideró los siguientes parámetros, que brindaron información necesaria para la obtención del producto final: Densidad (1,01g/ml); pH (6,18); °Brix (3,03); Índice de refracción (1,337) y Viscosidad (381,5mPas).
- A nivel de laboratorio se obtuvo los datos experimentales del proceso de producción del detergente líquido biodegradable a partir de saponina de choloque en etapa de maduración, para lo cual se consideró una alimentación de 500g de fruta, a la cual se aplicó un triturado, para posteriormente ser sometido a un proceso de ebullición con agua destilada a 88°C, se filtró retirando la parte sólida y obteniendo el extracto saponina-agua para ser usado como base para el producto buscado.
- Una vez realizado la experimentación se determinó las variables de proceso, las cuales a controlar son: para el triturado el tamaño y tiempo, en la evaporación la masa total que entra al equipo, el tiempo de extracción, temperatura y flujo de vapor para llevar a cabo todo el proceso, mientras que para el filtrado se controla el volumen y tiempo, finalmente en el mezclado se controla volumen, cantidad de insumos, tiempo y la velocidad de agitación.
- Una vez realizado el proceso a nivel de laboratorio se realizó los cálculos ingenieriles según el requerimiento expresado por la Asociación AMUPAKIN, la cual es de producir 100kg de choloque diario, en los 5 días laborables a la semana, se aplicó una metodología que se basa en la realización de los cálculos técnicos para verificar si el proyecto planteado es viable, considerando indicadores financieros como el VAN (\$177533,59) y el TIR (10%), muestra que es rentable, más aún al tener un tiempo de recuperación de lo invertido de 1 año y 13 días, teniendo un coste de producción de \$1,94 y un costo de venta de \$3,88.
- La caracterización y análisis del detergente líquido biodegradable a partir de la saponina del choloque, se basa en la norma NTE INEN 0847, con finalidad de validar el diseño del proceso propuesto, obteniendo los siguientes valores: Materia grasa total (3,3%); Materia insoluble en agua (0,67%); P₂O₅ (3,2%); Viscosidad (381,5mPas); Densidad (1,01 g/ml) y pH (4,04) y Biodegradabilidad del tensoactivo (98,84%).

RECOMENDACIONES

- Para llegar a obtener una materia prima “choloque” de calidad, es necesario que se considere en aplicar un estudio botánico en las plantaciones, ya que al no haberle dado un valor agregado no se le ha brindado la importancia necesaria.
- Es necesario que se aplique charlas técnicas a los habitantes al cercanos a la Asociación AMUPAKIN, con la finalidad de dar a conocer que el choloque que no tenía un costo comercial, pueden comercializarlo directamente con la planta.
- La fuente de calor debe ser la adecuada para poder mantener el flujo de calor hacia el evaporador, logrando de esta manera mantener la temperatura de 80-90°C necesarios para la extracción.
- Previo a su venta, es necesario que se aplique un estudio de mercado, para lograr conocer los puntos de venta más fuertes, así como los costos de productos similares en que se comercializan.

BIBLIOGRAFÍA

ACÁN, F.; & PILATAXI, J. Diseño y Construcción de un equipo extractor de Aceites Esenciales por arrastre de vapor para Berro, Espinaca, Zanahoria [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba-Ecuador. 2014. pp. 1-156. [Consulta 22 noviembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3874/1/96T00279%20UDCTFC.pdf>

ALARCÓN, M.; et al. “Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Minthostachys mollis*”. *Universidad de los Llanos* [En línea], 2016, 20(1), pp. 69-79. [Consulta 22 noviembre 2022]. ISSN 0121-3709. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v20n1/v20n1a08.pdf>

ANDREA, M.; et al. “Extracción de aceite esencial de eucalipto y su aplicación como agente antifúngico en un envase activo para conservación de frambuesa”. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 16, no. 2 (2015), pp. 228-233. ISSN 1665-0204.

APELEM. *Bombas vacío*. 2008.

BERMUDO CRESPO, G.S. *Parámetros óptimos de operación en la extracción de aceite esencial de eucalipto (Eucalyptus globulus) con el equipo modular de extracción de aceites esenciales*. Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. 2019.

BURGA SANTISTEBAN, W.; & SANGAY CRUZADO, C. P. *Comparación de la concentración de saponinas entre Chenopodium quinoa “quinua” y Quillaja saponina “choloque”*. Perú: Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo. 2018.

CASADO VILLAVEVERDE, I. *Optimización de la extracción de aceites esenciales por destilación en corriente de vapor* [En línea]. España: Universidad Politécnica de Madrid. 2018. [Consulta 22 noviembre 2022]. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2012/02/13/Rodas-Melisa.pdf>.

CERÓN-SALAZAR, I.; & CARDONA-ALZATE, C. “Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de la cáscara de naranja”. *Ingeniería y Ciencia* [En línea], 2011, 7(13). 2011. pp. 65-86. [Consulta 22 noviembre 2022]. Disponible en: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/view/401>.

DEL VALLE, H.; & ZAMBRANO, J. *Extracción de Aceites Esenciales de Plantas Autóctonas Menta (Mentha Piperita L.), Palo Santo (Bursera Graveolens), Hierba Luisa (Cimbopongón Citratus) de la provincia de Manabí, con potenciales de Industrialización* [En línea]. Ecuador: Universidad Técnica de Manabí. 2015. [Consulta 22 noviembre 2022]. Disponible en: [http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/100/1/TRABAJO DE TITULACION FINAL REPOSITORIO DEL VALLE-ZAMBRANO.pdf](http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/100/1/TRABAJO_DE_TITULACION_FINAL_REPOSITORIO_DEL_VALLE-ZAMBRANO.pdf).

ELISAFERIOLI. SERPENTINES DE ACERO INOXIDABLE AISI 304 Y AISI 316L. *FAR* [En línea]. 2018. [Consulta 22 noviembre 2022]. Disponible en: <http://www.far-italy.com/wp-content/uploads/2014/07/Serpentini-in-acciaio-inox.pdf>

ERA ZUÑIGA, J.F. Propuesta para el desarrollo de una práctica para el laboratorio de operaciones de separación III, utilizando el equipo de extracción multifuncional en la obtención del aceite esencial de eucalipto (instalado en el laboratorio de operaciones unitarias) [En línea].(Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Instituto Politécnico Nacional. 2010. Pp. 1-114. [Consulta 22 noviembre 2022]. Disponible en: [https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/25109/Propuesta para el desarrollo de una práctica para el laboratorio de operaciones de separación III%252C utilizando el equipo de extracción multifuncional en la obtención del aceite esencial de eucalipto %25](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/25109/Propuesta%20para%20el%20desarrollo%20de%20una%20pr%C3%A1ctica%20para%20el%20laboratorio%20de%20operaciones%20de%20separaci%C3%B3n%20III%252C%20utilizando%20el%20equipo%20de%20extracci%C3%B3n%20multifuncional%20en%20la%20obtenci%C3%B3n%20del%20aceite%20esencial%20de%20eucalipto%2525).

GONZÁLEZ-GUÍÑEZ, R.; et al. “Aceite esencial de *eucalyptus globulus Labill* y *Eucalyptus nitens* H. Deane & Maiden (MYRTACEAE) PARA EL CONTROL DE *Sitophilus zeamais* Motschulsky”. *Chilean journal of agricultural & animal sciences* [En línea]. 2016, 32(2). [Consulta: 22 noviembre 2022]. ISSN 0719-3890. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-38902016000300005

GUAMAN, T. M., & CAUJA, L. M. Diseño de un proceso para la obtención de detergente líquido mediante la extracción de saponina extraída de quinua (*chenopodium quinoa willd*), chocho (*lupinus mutabilis sweet*) y cabuya (*sisalana perrine*) [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Maestría). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba-Ecuador. 2017. pp. 1-146. [Consulta 22 noviembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6586/1/20T00839.pdf>

GUTIÉRREZ GALICIA, R.I. *Extracción del aceite de copal y su aplicación en productos cosméticos*. Ecuador: Instituto Politécnico Nacional. 2013.

LEÓN, A.; & ROBLES, A. Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta extractora de aceites esenciales [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Maestría). Universidad Técnica del Norte. Ibarra-Ecuador. 2009. [Consulta 22 noviembre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/1739/1/T-ULVR-1536.pdf>.

MELGAREJO ESPINOZA, C. N. Obtención de Jabón con sustitución parcial de extractos naturales de CHOLOQUE (*Sapindus saponaria L*) Y GLADIOLO (*Gladiolus sp.*) y su evaluación antimicrobiana [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco. Perú. 2020. pp. 1-95. [Consulta 22 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/6148/TAI00171M41.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

MENDOZA, B.S.V.; et al. Obtención de aceite esencial de romero con fines cosméticos. *Revista Prisma Tecnológico*, 2009, 10(1), pp. 28–32. [Consulta 22 noviembre 2022]. ISSN 2312-637X. Disponible en: <https://doi.org/10.33412/PRI.V10.1, vol. 10, no. 1, pp. 28-32>.

MORENO, J.; et al. “Modeling and optimization of extraction process of eucalyptus essential oil (*Eucalyptus globulus*)”. *Scientia agropecuaria* [En línea]. 2010, 1(1), pp. 147-154. [Consulta 22 noviembre 2022]. ISSN 20779917. Disponible en: DOI 10.17268/sci.agropecu.2010.02.05.

NOLAZCO, D.; et al. “Extraction and chemical characterization of essential oil from Eucalyptus obtained by microwave and ultrasound”. *Alto andino*. vol. 22, no. 3 (2020), pp. 274-284.

PAREDES, D.; & QUINATO, F. Desarrollo de un sistema de extracción de aceites esenciales [En línea]. Riobamba-Ecuador.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2010. [Consulta 22 noviembre 2022]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/1710/1/15T00453.pdf>.

PERRY, R. *Manual del Ingeniero Químico*. 6 ed. S.l.: Syria Studies. 2015. pp.37–72.

RODAS CEBALLOS, M.A. Análisis de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de un aceite esencial de romero obtenido por medio de la destilación por arrastre de vapor [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Rafael Landívar. Guatemala. 2012. pp.

1-143. [Consulta 22 noviembre 2022]. Disponible en:
<http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2012/02/13/Rodas-Melisa.pdf>.

RUIZ GALÁN, J. *Ingeniería Básica de una Planta de Extracción de Aceite Esencial de “Mentha arvensis L.” por Destilación de Arrastre con Vapor*. Madrid: Universidad de Sevilla. 2019.

SEVILLANO, R.; et al. “Optimization of the extraction by steam extraction of rosemary essential oil (*Rosmarinus officinalis*) using sequential designs”. *Manglar*, vol. 16, no. 1 (2019), pp. 53-61. ISSN 1816-7667.

SITTE, H.; & ZIEGLES, P. *Principio Activo del Aceite del Eucalipto*. 2001. pp. 1-9.

ULLOA CRUZ, A. J.; & MORI GUARDIA, D. A. *Sapindus Saponaria L. REVISIÓN DEL FRUTO DE UNA SAPINDACEAE DE INTERÉS FARMACÉUTICO*. s.l: UMA. 2020,



ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL DETERGENTE LÍQUIDO BIODEGRADABLE



Informe de ensayo					
Guayaquil DL N°: 74594/1					
datos del cliente					
cliente:	Daniela Sofia Paladines Largo				
dirección:	Riobamba - Ecuador				
solicitado por:	Sra. Daniela Sofia Paladines Largo	fecha:	N/A	hora:	N/A
muestreo realizado por:	El cliente	lugar:	n/a		
fecha de recepción:	13/03/2022	fecha de análisis:	13/03/2022	reporte final:	21/03/2022
<p>NOTA: Los resultados reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibida(s) en el laboratorio, la identificación de las muestras es la responsabilidad del cliente. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita del laboratorio. Preguntas o comentarios comuníquese al: 042-399192, Ext. 107-110 o 120</p> <p>Laboratorio de Ensayo Acreditado por AZLA con certificado No. 2185.01 y 2185.02 Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE con acreditación No. CAE LC 07-006</p>					
datos de la muestra					
tipo:	Detergente líquido	cantidad:	una	envase:	cerrado, lleno,
identificación de la muestra:	D1 - Producto: Detergente líquido biodegradable				
Resultados de Microbiología					
Parámetros	Métodos	AZLA	SAE	Unidad	Resultados
Mohos y Levaduras	AOAC 20th 997.02	✓	✓	UP/g	<10
E.Coli	INSP-LAB-SOP-017 / Bam Cap 4 Literal F	✓		UFC/ml	<10
Enterobacterias	INSP-LAB-SOP-017 / Bam Cap 4 Literal F	✓		UFC/ml	<10
Staphylococcus Aureus	INSP-LAB-SOP-017 / Bam Cap 4 Literal F	✓		UFC/ml	Ausencia
Aerobios Mesofílos	INSP-LAB-SOP-024A / AOAC 20 th 990.12	✓	✓	UFC/ml	<10
Resultados Píscicoquímicos					
Parámetros	Métodos	AZLA	SAE	Unidad	Resultados
Materia grasa total	INSP-LAB-SOP-035/Standard Methods Ed. 22,2012 5520B		✓	%	3,3
Materia insoluble en agua	INSP-LAB-SOP-035/Standard Methods Ed. 22,2012 5520B			%	0,67
P205	INSP-LAB-SOP-017 / Bam Cap 4 Literal F			%	3,2
Biodegradabilidad del tensioactivo	INSP-LAB-SOP-017 / AOAC, Ed. 19 2012 954.01			%	99,84*
Viscosidad	INSP-LAB-SOP-124 / ASTM D445-12	✓		mPa s	301,5
Densidad	INSP-LAB-SOP-017 / Bam Cap 4 Literal F	✓		g/ml	1,01
pH	AOAC 20th 991.12	✓		-	4,04

Las opiniones / interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE y AZLA.
 Notas:
 *3 Significa ausencia de tubos positivos, *10 Significa ausencia en una dilución de 1/10.
 *1 Significa ausencia en una muestra directa, *1.1 significa ausencia de tubos positivos
 (*) Degradación al vigésimo séptimo día
 (*) Por fuera de rango de validación del método.
 (*) Parámetros Subcategorizados



Digitally signed by MARTHA VANESSA NAVARRETE LOYOLA
 Date: 2022.03.21 14:06:48 COT
 Dra. Martha Navarrete
 Gerente de Laboratorio

ANEXO B: EXTRACCIÓN FRÍA (ETANOL 96%)



a)



b)



c)

NOTA	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Paladines Daniela	PROCESO EXPIMENTAL		
			Lámina	Escala	Fecha
a) Choque con etanol 96%	CERTIFICADO	POR ELIMINAR			
b) Filtrado	APROBADO	POR APROBAR			
c) Rotavapor	POR CALIFICAR	POR INFORMACIÓN	1/3	1:2	30/02/2022

ANEXO C: EXTRACCIÓN CALIENTE (EBULLICIÓN CON AGUA)



a)



b)



c)

NOTA	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Paladines Daniela	PROCESO EXPIMENTAL		
			Lámina	Escala	Fecha
a) Ebullición choloque con agua b) Filtrado c) Extracto de saponina-agua	CERTIFICADO POR ELIMINAR APROBADO POR APROBAR POR CALIFICAR POR INFORMACIÓN		1/3	1:2	30/02/2022

ANEXO D: PRUEBA DE LA ESPUMA



a)



b)

NOTA	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUÍMICA Paladines Daniela	PROCESO EXPIMENTA		
a) Prueba de la espuma en las 8 muestras	CERTIFICADO POR ELIMINAR APROBADO POR APROBAR		Lámina	Escala	Fecha
b) Muestras con mayor espuma	POR CALIFICAR POR INFORMACIÓN		1/3	1:2	30/02/2022



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 24/02/2023

Comentado [RISH5]: Fecha de entrega del trabajo

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Daniela Sofía Paladines Largo
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

