UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO

Aprovechamiento industrial del aceite esencial de *Dacryodes peruviana* Copal.

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTOR: Jaramillo Jaramillo, Stalin Patricio

DIRECTOR: Valarezo Valdez, Benito Eduardo, Ph.D.

LOJA – ECUADOR

2017

Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es

2017

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ph.D
Benito Eduardo Valarezo Valdez
DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: Aprovechamiento industrial del aceite esencial *Dacryodes peruviana* Copal realizado por Stalin Patricio Jaramillo Jaramillo ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, octubre de 2017

f) _____

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Stalin Patricio Jaramillo Jaramillo declaro ser autor del presente trabajo de titulación: Aprovechamiento industrial del aceite esencial *Dacryodes peruviana* Copal**,** de la Titulación de Ingeniería Química, siendo Benito Eduardo Valarezo Valdez director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f. _____

Autor: Stalin Patricio Jaramillo Jaramillo

Cedula: 1105918658

DEDICATORIA

Primeramente, quiero dedicar este trabajo de fin de titulación a Dios, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado a este momento tan especial de mi formación profesional, cuidándome y dándome fortaleza para continuar cada día con mis estudios. A mis padres que son el pilar fundamental de mi formación, quienes han estado a lo largo de todos estos años siendo mi apoyo en todo momento. A mis hermanos que siempre han estado junto a mí que con sus consejos han sabido guiarme para culminar mi carrera profesional. A toda mi familia en general por amparar cada momento de mi vida durante este arduo camino y compartir conmigo alegrías y fracasos, depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba. Es por todos ellos que con su amor y cariño me ayudaron para culminar este proyecto.

AGRADECIMIENTO

"En todos los asuntos humanos hay esfuerzos, y hay resultados, y la fortaleza del esfuerzo es la medida del resultado. James Allen"

Culminar esta etapa de mi vida profesional es muy importante para mí y toda mi familia porque gracias a ellos he conseguido tan anhelado logro, con sus consejos, apoyo, y ánimos me han motivado para seguir adelante durante mi formación profesional.

A mis padres, Sandra y Augusto les agradezco por brindarme su tenacidad y lucha insaciable durante toda mi vida, que con su ayuda he obtenido este título profesional.

A mis hermanos, Jonatan y Santiago quienes a lo largo de este tiempo me han apoyado y motivado en mis aprendizajes de cada día.

A mis abuelitos y toda mi familia que, con sus sabios consejos, siempre han estado ahí ayudándome en cada etapa de mi vida.

También dedico este triunfo a mi novia, Daniela, que estuvo cada momento, cada jornada apoyándome en mis estudios.

De igual manera agradecer a mi director de tesis el Ph.D Eduardo Valarezo, que, con sus conocimientos, su experiencia y motivación me impulso a formarme como persona y profesional durante toda mi carrera.

A mi tribunal de grado el Ph.D Miguel Meneses y el Mgtr. Oswaldo Tandazo que me han brindado su apoyo y sobre todo gracias por su tiempo, así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

Agradezco también la confianza y el apoyo ofrecido por parte de mis grandes amigos: El Ing. James Calva y Cesar León, por la gran calidad humana que me han demostrado con su amistad.

Mil gracias a todos quienes aportaron con un granito de arena a mi formación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA…… i

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN…… ii

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS…… iii

DEDICATORÍA……. iv

AGRADECIMIENTO……. v

ÍNDICE DE CONTENIDOS…… vi

RESUMEN……..... 1

ABSTACT……... 2

INTRODUCCIÓN…….. 3

CAPÍTULO I……... 5

MARCO TEÓRICO……..…….…….. 5

1.1. Aceites esenciales…….. 6

1.1.1. Usos y aplicaciones ……..…….. 6

1.1.2. Propiedades de los aceites esenciales..…… 7

1.1.3. Extracción de aceites esenciales…… 8

1.1.3.1. Métodos de extracción de aceites esenciales……..…… 8

1.1.3.1.1. Métodos Directos…….. 8

1.1.3.1.2. Métodos Químicos……... 9

Extracción con solventes orgánicos……... 9

Extracción con fluidos supercríticos…….….. 9

1.1.3.1.3. Destilación…… 9

Hidrodestilacion……..... 10

Destilación agua y vapor…….. 10

Destilación con arrastre de vapor……... 11

1.1.3.2. Diseño de los equipos de extracción ……..…….. 12

1.1.3.2.1 Generador de vapor (Caldera) ……... 12

1.1.3.2.2 Tanque extractor……... 13

1.1.3.2.3 Condensador…….. 13

1.1.3.2.4 Separador de aceites esenciales (Florentino)…….… 14

1.1.3.3. Procesos de transferencia de calor y masa……..…... 15

1.1.3.3.1. Fase de calentamiento……... 15
1.1.3.3.2. Fase de Extracción…….. 15
1.1.3.3.3. Fase de Enfriamiento……..... 16
1.2. La familia Burseraceae……. 16
1.2.1. El género *Dacryodes*……. 17
1.2.1.1. Taxonomía de la Especie Dacryodes peruviana…….……..... 18
1.3. Aceite esencial de copal…….. 19
1.3.1. Composición Química del aceite esencial Copal…….……..... 20
1.4. Industria de los aceites esenciales…….…..... 21
1.4.1. Planta de extracción de Aceites esenciales……..……..…… 21
1.4.1.1. Distribución de la planta…… 21
1.4.1.2. Especificaciones técnicas……. 22
1.4.1.3. Análisis financiero……... 22
CAPÍTULO II……..…..... 23
2. Materiales y Métodos……..……..…… 24
2.1. Recolección del material vegetal ……... 25
2.2. Extracción del aceite esencial……. 25
2.2.1. Parámetros técnicos de destilación……..…… 26
2.3. Diseño del equipo de extracción……...…… 27
2.3.1. Tanque extractor…….…… 27
2.3.1.1. Volumen del tanque extractor……... 27
2.3.1.2. Diseño térmico……..…… 29
2.3.1.3. Espesor de aislamiento térmico……... 30
2.3.1.4. Dimensionamiento del tanque extractor……..……. 31
2.3.2. Condensador……..…….. 31
2.3.2.1. Diseño térmico…….…… 31
2.3.2.2. Dimensionamiento del condensador…….……... 34
2.3.3. Separador de aceites esenciales..…….. 35
2.3.4. Selección de accesorios…….……... 35
2.4. Zonificación y distribución de la planta……..…….…… 35
2.5 Especificaciones técnicas para puesta en marcha…….……... 36
2.5.1 Análisis Financiero…….…….. 36
2.5.1.1. Costos Directos…… 37
2.5.1.2. Costos Indirectos……. 37

CAPÍTULO III…….…..... 38
3. Resultado y Discusión……...……... 39
3.1. Recolección y transporte de la materia vegetal…….…… 39
3.2. Extracción del aceite esencial……..... 39
3.2.1. Parámetros de destilación…….…… 41
3.3. Diseño de los equipos de extracción……...……..……... 41
3.3.1. Tanque extractor……..…… 42
3.3.1.1. Volumen del tanque extractor……... 42
3.3.1.2. Diseño térmico……..…… 43
3.3.1.3. Espesor de aislamiento térmico……... 44
3.3.1.4. Dimensionamiento del tanque extractor……..…….…… 45
3.3.2. Condensador……..…….. 47
3.3.2.1. Diseño térmico……..…… 47
3.3.2.2. Dimensionamiento del condensador……...……... 48
3.3.3. Separador de aceites esenciales……..…….. 49
3.3.4. Selección de accesorios…….……... 48
3.4. Zonificación y distribución de la planta……..…….…… 50
3.5. Especificaciones técnicas y análisis financiero …….…… 54
3.5.1. Elaboración del presupuesto para la puesta en marcha de la planta de extracción…….……... 57
3.5.1.1 Costos Directos e Indirectos…….. 58
CONCLUSIONES…….……... 59
RECOMENDACIONES……..…….. 60
BIBLIOGRAFÍA…….…... 61
ANEXOS…….…… 63

FIGURAS

Figura 1. Diagrama de un hidrodestilador típico……... 10
Figura 2. Equipo de destilación agua vapor…….. 11
Figura 3. Esquema de destilación por arrastre por vapor……... 12
Figura 4. Diseño de un destilador……... 13
Figura 5. Intercambiador de calor de doble tubo. …… 14
Figura 6. Separador de aceites esenciales……... 14
Figura 7. Especie Dacryodes peruviana…… 18
Figura 8. Muestra bótanica de la especie *Dacryodes peruviana*……..... 19
Figura 9. Perfil cromatográfico del aceite esencial D. peruviana en la columna polar (DB-5ms)……. 20
Figura 10. Esquema de desarrollo de la metodología……... 24
Figura 11. Proceso de destilación……. 26
Figura 12. Metodología para la obtención del volumen necesario……..… 28
Figura 13. Metodología para el diseño térmico del tanque extractor…….…….… 29
Figura 14. Metodología para la obtención del espesor del aislamiento térmico……...…….. 30
Figura 15. Metodología de diseño para el condensador de doble tubo….……... 32
Figura 16. Área de recolección de la especie vegetal D. peruviana…… 39
Figura 17 Muestras de aceite esencial de los frutos de Dacryodes peruviana…… 40
Figura 18. Escala gráfica del equipo de extracción…….. 42
Figura 19. Calentador a fuego directo……..... 44
Figura 20. Selección del aislante térmico…….…….…… 45
Figura 21 Dimensionamiento del equipo de extracción…… 46
Figura 22. Dimensionamiento del condensador…… 48
Figura 23. Selección de tubería…… 49
Figura 24. Selección de codos y uniones……... 50
Figura 25. Zonificación de la planta de extracción del aceite esencial……... 51
Figura 26. Plano acotado de la planta de extracción del aceite esencial……...…… 53
Figura 27. Curva de transferencia de calor por el lado de los tubos…….. 87

TABLAS

Tabla 1. Parámetros técnicos de extracción…… 41

Tabla 2. Dimensiones del intercambiador de calor…….. 47

Tabla 3. Resultados de la longitud de los tubos, el área de transferencia de calor y el coeficiente global de transferencia de calor…… 47

Tabla 4. Tabla de detalle de área de la planta de extracción de aceite esencial de Copal…… 52

Tabla 5. Análisis Financiero del costo de la parte constructiva de la planta de extracción de aceite esencial de Copal. …… 57

Tabla 6. Datos para el intercambiador de calor…… 82

RESUMEN

La finalidad del presente estudio fue el aprovechamiento industrial del aceite esencial del Copal, se determinó algunos parámetros dentro de la destilación, se diseñó un equipo y una planta de extracción, también se elaboró manuales para la puesta en marcha y se realizó el análisis financiero. Para el aprovechamiento industrial del aceite esencial se debe utilizar un tanque de destilación con capacidad para 100 L, construido en acero inoxidable 304 de 2 mm de espesor, que este acoplado a un condensador tipo serpentín de 3.14 m de longitud de tubo de tamaño nominal de ¼ de pulgada, el cual está dentro de un tanque de 12.5 L de volumen. La planta de extracción comprende 9 zonas de forma rectangular con medidas de 16.5 m x 9 m, dando un área total 150 m^2, con un costo de construcción y puesta en marcha de 47213 USD. Los manuales de procedimiento y de operación de los equipos fueron elaborados para cada uno de los pasos del proceso del aprovechamiento del aceite esencial de Copal.

PALABRAS CLAVES: *Dacryodes peruviana*, aceite esencial, condensador.

ABSTRACT

The purpose of the present study was the industrial exploitation of Copal essential oil, some parameters were determined inside the distillation, was designed an equipment and an extraction plant, also was elaborated manuals for commissioning and the financial analysis was carried out. For the industrial use of the essential oil a distillation tank with capacity for 100 L, constructed in 304 stainless steel of 2 mm of thickness, that is attached to a serpentine type condenser of 3.14 m of length of tube of nominal size of ¼ inch, which is inside a 12.5 L volume tank. The extraction plant comprises 9 rectangular shaped zones measuring 16.5 m x 9 m, giving a total area of 150 m2, with a construction and start-up cost of USD 47213. The manuals of procedure and operation of the equipment were elaborated for each one of the steps of the process of the use of the essential oil of Copal.

KEYWORDS: *Dacryodes peruviana*, essential oil, condenser.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto está enfocado en la obtención y aprovechamiento industrial del aceite esencial de copal, el cual puede ser utilizado para venta directa, o como materia prima para formular diversos productos relativamente asequibles de conseguir.

El copal *(Dacryodes peruviana)* es un árbol de la familia Burseraceae que crece en los bosques húmedos de Colombia, Perú y Ecuador, en Ecuador es encontrado en las provincias amazónicas, la *especie Dacryodes peruviana* al igual que muchas especies de la familia Burseraceae posee aceite esencial en el tronco, hojas y especialmente en los frutos, de donde puede ser extraído

La presente investigación consiste en el aprovechamiento del aceite esencial de copal que se desarrolla en el cantón Yacuambi de la provincia de Zamora Chinchipe. Para lo cual se desarrollan 3 capítulos, el primer capítulo titulado marco teórico trata sobre el estado del arte del tema, en el mismo podemos encontrar el sustento teórico de la investigación, en el segundo capítulo titulado materiales y métodos se dan a conocer las técnicas y los materiales utilizados para lograr obtener los resultados deseados, en el tercer capítulo se exponen y analizan los resultados que se han logrado obtener después de haber desarrollado la metodología, finalmente se encuentran las conclusiones del trabajo, recomendaciones y las referencias bibliográficas.
Esta investigación contribuye al estudio de la flora aromática de la Región Sur del Ecuador y es un aporte a la investigación en este campo, además da a conocer la existencia de los aceites esenciales, sus propiedades y usos para aplicaciones en las diferentes industrias tales como: farmacéutica, cosmética y alimenticia, misma que se desarrolla en la Sección de Ingeniería de procesos del Departamento de Química y Ciencias Exactas de la Universidad Técnica Particular de Loja.

La metodología usada para lograr los objetivos propuestos inicia con la recolección del material vegetal, al cual luego de un tratamiento post cosecha se le extrajo el aceite esencial mediante arrastre de vapor, para lo anteriormente expuesto se diseñó 4 equipos, un generador de vapor (caldera), un destilador, un condensador, y un recipiente separador. Para el diseño y la distribución de la planta se utilizó el software Autodesk Revit, para lo cual se tomó en cuenta varios aspectos como es el tamaño de producción diaria de aceite

esencial, por lo que se realizó la distribución por secciones de tal forma que su estructuración y organización comprenda todos los espacios necesarios dentro de la misma, las especificaciones técnicas para la puesta en marcha de la planta, se diseñó una guía que cumpla con los siguientes aspectos: manual de operación de los equipos y manual de procedimiento.

Finalmente, se realizó el análisis financiero de la planta de extracción, el cual nos permitió conocer la factibilidad de poner en marcha una planta de operación para la extracción del aceite esencial en este caso de Copal.

Una vez determinado los parámetros técnicos, el diseño de los equipos y de la planta de extracción de aceite esencial de Copal se pretende realizar otras investigaciones para la obtención de nuevos productos a ser utilizados a nivel industrial, lo que permita a futuro a que industrias ecuatorianas logren patentar dichos productos y así exista una mayor implementación de procesos industriales mediante la creación de tecnologías propias, específicamente relacionado con el diseño de plantas extractoras de aceites esenciales.

CAPITULO I
MARCO TEÓRICO

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Aceites esenciales.

Los aceites esenciales son sustancias odoríferas de naturaleza oleosa encontradas prácticamente en todos los vegetales; son muy numerosos y están ampliamente distribuidos en distintas partes del mismo vegetal: en las raíces, tallos, hojas, flores y frutos[6]. Estos aceites esenciales son componentes heterogéneos constituidos de terpenos, sesquiterpenos, ácidos, ésteres, fenoles, lactonas; todos ellos fácilmente separables ya sean por métodos químicos o físicos, como la destilación, refrigeración, centrifugación, etc. Los aceites esenciales se destacan como productos con un rápido desarrollo y múltiples posibilidades de aplicación en la agricultura[7].

Los aceites esenciales son líquidos volátiles, en su totalidad insolubles en agua, pero sencillamente solubles en alcohol éter y aceites vegetales y minerales. Por lo normal no son oleosos al tacto. Pueden ágruparse en ciclo clases, dependiendo de su estructura química: alcoholes, esteres, aldehídos, cetonas, y lactosas y óxidos[8].

Los aceites esenciales en la mayor parte son de olor agradable los cuales son provenientes de las flores, hojas, frutos, corteza y madera de muchas plantas aromáticas, mediante los procesos que se los extrae, como el arrastre por vapor, entre otras, estas generalmente son localizadas en zonas templadas y cálidas como las áreas mediterráneas y tropicales[9].

Los aceites esenciales de plantas aromáticas o partes de ellas son obtenidos por arrastre con vapor de agua y en si no todas las plantas tienen aceites esenciales y muchas de ellas tienen una pequeña cantidad que hace muy complicada la extracción del mismo[10].

1.1.1. Usos y aplicaciones.

Los aceites esenciales se emplean para dar sabor y aroma al café, él te, los vinos y las bebidas alcohólicas en general. Son los componentes básicos en la industria de perfumería y se utilizan muy común en jabones, desinfectantes y productos similares a los mismos. También tienen una gran importancia en medicina, tanto por su sabor como por su efecto calmante de dolor y su valor fisiológico[8b].

Se ha demostrado que algunos aceites poseen actividades antibacterianas, anti fúngica, antiviral, insecticida, antitóxica y propiedades antioxidantes, otros aceites han sido usados en el tratamiento de cáncer[11].

- **Industria alimenticia:** Conservantes que contienen aceites esenciales los cuales actualmente ya están disponibles para su comercialización, así como también la conservación de algunos alimentos, principalmente cárnicos.
- **Perfumería:** Tiene un mayor impacto en la actualidad, el cual proporciona una gama de olores para los diferentes productos de consumo como lo son: aguas de perfume, colonias, ambientadores para rituales y celebraciones.
- **Cosméticos:** Tales como selladores dentales de canal radicular, cremas, champús, los cuales ayudan hacer más agradable, atractivo los productos cosméticos.
- **Aseo y limpieza:** Otorgan productos aromáticos tales como acondicionadores, desodorantes, lociones, aromatizantes ambientales, los mismo se utilizan en diferentes concentraciones para distintos fines.
- **Pinturas:** Presentan efectos propios de su aroma en resinas sintéticas, barnices oleo resinosos y aceites secantes, como enmascaradores de olores de las pinturas y barnices. Papelería: para impregnar de fragancias cuadernos, esquelas, tarjetas, papel higiénico, toallas faciales y sanitarias,etc
- **Farmacológicas y medicinales:** obtención de diversos principios activos o como excipientes y aromatizante en la preparación de jarabes, suspensiones y otras formas farmacéuticas. También han sido utilizadas para propósitos medicinales, tales como antibacteriana, antiparasitaria, antiviral, y antimicótica[12].

1.1.2. Propiedades de los aceites esenciales.

Las propiedades de los aceites esenciales varían de acuerdo con el aceite obtenido, el cual cuenta con propiedades específicas, cuyos componentes químicos servirán para distintos fines. Por ejemplo una planta de genero Lippia (*Verbenaceae*), su aceite esencial puede servir para el tratamiento de neutralizantes, resfriados e infecciones pulmonares, mientras que otro (romero) tiene capacidad para estimular el sistema nervioso.

Las propiedades que presentan los aceites esenciales son beneficiosas para el ser humano ya que muchas de las especies son comercializadas para dar diferentes fines ya se como

estimulante o como descongestionante y por lo tanto son valorizados en el mundo cuando son de origen natural[13].

1.1.3. Extracción de aceites esenciales.

Según la diversidad del material vegetal, la parte de la planta que se utilice (hojas, tallos, raíces, flores) para la extracción y estabilidad del aceite esencial que se pretenda obtener, se emplean diversas técnicas de extracción, siendo obtenidos la mayor parte por arrastre de vapor, donde su correcta aplicación será lo que determine la calidad del producto final, la cual no requiere tecnología sofisticada[14].

Sin embargo, por su alto rendimiento es importante establecer que ninguna cantidad de mejoras en los aspectos tecnológicos compensará la mala calidad del material vegetal.

Los aceites esenciales obtenidos mediante destilación en agua normalmente presentan olores más fuertes y un color más oscuro con respecto a los producidos por otros métodos. El proceso de extracción de aceites esenciales mediante arrastre con vapor, es uno de los métodos de extracción utilizados con mayor frecuencia, para obtener los principales componentes aromáticos de un material vegetal de interés, así como algunos de sus principios activos[2].

1.1.3.1. Métodos de Extracción de Aceites Esenciales.

Los aceites esenciales emplean varios procedimientos para su extracción en los cuales comprenden: métodos directos, químicos y de destilación, donde su correcta aplicación será lo que determine la calidad del producto final. Estos son procesos muy simples, pero en particular, la destilación sufre de varios inconvenientes: degradación térmica, hidrólisis y solubilizarían en agua que pueden alterar el olor y sabor de muchos aceites esenciales extraídos por esta técnica[7].

1.1.3.1.1. Métodos Directos.

Estos métodos son generalmente aplicados principalmente a los cítricos, es una técnica de extrusión, es decir se aplica a los frutos agrios, ya que la mayoría del aceite se encuentra en su corteza, el cual está contenido en numerosas celdas del epicarpio que contiene la esencia del mismo. Al estrujar la corteza de las frutas las celdas llegan a romperse y liberan

el aceite a temperatura ambiente, esta extracción se realiza sobre la fruta entera o sobre la cáscara, este procedimiento se realiza mecánicamente[2].

1.1.3.1.2. Métodos Químicos.

Extracción con solventes orgánicos.

Esta técnica de separación se basa en la facilidad de los disolventes orgánicos para penetrar en el material vegetal y disolver sus partes más volátiles[15]. Una gran cantidad de solventes se han utilizado como solventes de extracción dentro de este método, siendo los más utilizados el etanol y el hexano. Este método nos ayuda separando distintos componentes con el fin de obtener compuestos que en este caso es el aceite esencial[16].

Extracción con Fluidos supercríticos.

Esta técnica consiste en utilizar como material de arrastre sustancias químicas en condiciones especiales de temperatura y presión, donde el vapor o el gas que tiene dicha sustancia no puede ser licuado por aumento de presión, por lo tanto, el fluido se llega a encontrar entre gas y líquido. Mora Moscoso [16].

La sustancia más empleada dentro de este método es el CO_2, que presenta un alto coeficiente de difusión, aproximadamente 10 veces mayor que un líquido normal, produciendo así un alto contacto con la superficie del material[17].

1.1.3.1.3. Destilación.

Los principales métodos utilizados para obtener aceites esenciales a partir de plantas aromáticas son:

- Destilación de agua o hidrodestilación
- Destilación con agua y vapor
- Destilación con arrastre de vapor.

Dentro de todos estos métodos el más común es el método de arrastre por vapor. Mora Moscoso [16]

Hidrodestilación.

La hidrodestilación es un proceso en el que el material vegetal se sumerge completamente en agua en estado de ebullición, en este proceso el vapor de agua se introduce en los tejidos del material vaporizando todas las sustancias volátiles, para posteriormente ser recolectado por condensación, ver Figura1. Este método requiere tiempos largos de calentamiento y la utilización de grandes cantidades de agua, lo cual incrementa el costo y tiempo de la destilación, pero no requiere de un generador de vapor. Mediante esta técnica los aceites esenciales obtenidos presentan por lo general olores fuertes y colores más oscuros, en comparación con otros métodos.Pino Alea [7].

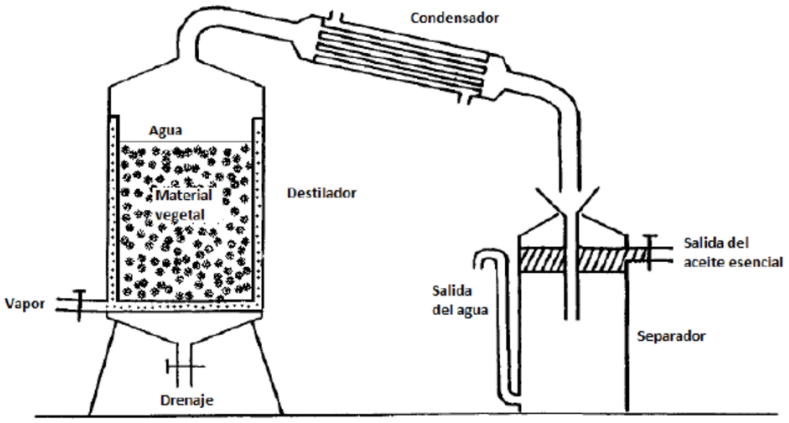


Figura 1. Diagrama de un hidrodestilador típico
Fuente: Pino Alea [7]
Elaboración: El autor

Destilación con Agua y vapor.

En la figura 2 se muestra el proceso de destilación con agua y vapor, en donde el material vegetal se coloca sobre un fondo perforado o criba, la cual está ubicada a cierta distancia del fondo del destilador. En este caso, el vapor puede ser generado mediante una fuente externa o dentro del propio cuerpo extractor, aunque separado del material vegetal, esta técnica mejora la capacidad neta de carga de materia prima dentro del extractor y también mejora la calidad del aceite obtenido[18]. El principio de la destilación con agua y vapor es

llevar el agua a su estado de ebullición, en donde el vapor generado a baja presión atraviesa el material vegetal, arrastrando los compuestos volátiles, de tal manera, que todos los vapores generados puedan ser posteriormente condensados y recolectados[19].

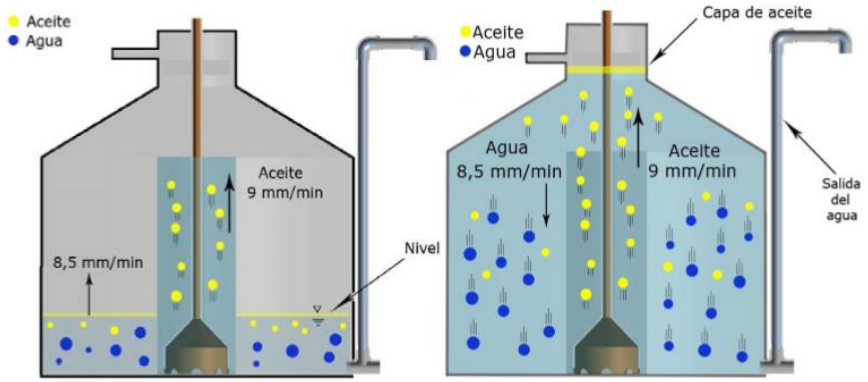


Figura 2. Equipo de destilación agua vapor
Fuente: Álvarez Cruz and Bagué Serrano [20]
Elaboración: El autor

Destilación con arrastre por vapor.

La extracción por arrastre con vapor (Figura 3) puede considerarse el más sencillo y más usado, en esta técnica de destilación se genera el vapor por separado en una caldera, y se introduce por debajo del recipiente que contiene el material vegetal atravesándolo, así extrae y arrastra el aceite esencial que pasa por el condensador y se separa en el separador denominado florentino.Pino Alea [7].

La destilación por arrastre con vapor que se emplea para extraer la mayoría de los aceites esenciales es una destilación de mezcla de dos líquidos inmiscibles, logrando de esta forma un mayor rendimiento y un producto final más balanceado. El material exhausto o residuo puede usarse como compost y abonos[20].

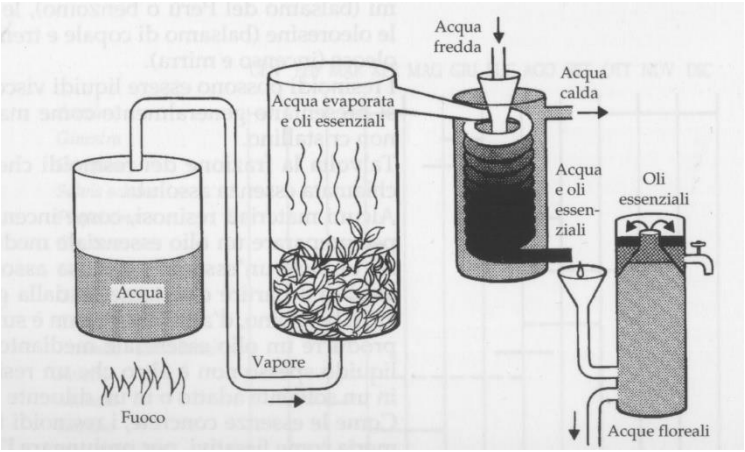


Figura 3. Esquema de destilación por arrastre por vapor
Fuente: Mora Moscoso [16]
Elaboración: El autor

1.1.3.2. Diseño de los equipos de extracción.

Dentro del diseño de los equipos se selecciona 4 equipos diferentes para la extracción del aceite esencial, el cual costa de:

- Generador de vapor (caldera)
- Tanque extractor
- Condensador
- Separador de aceite esencial (Florentino)

1.1.3.2.1. Generador de vapor (caldera).

Teniendo en cuenta que la destilación se lleva a cabo por el método de arrastre por vapor, se considera un generador de vapor (caldera) el cual provee de vapor de agua al destilador, aprovechando el poder calorífico de un combustible donde el calor procedente que brinda el mismo es utilizado como fuente de energía para producir vapor[2].
El generador de vapor o caldera puede utilizar como fuente de combustible, gas, carbón, biomasa, fuel oíl, etc[21].

1.1.3.2.2 Tanque extractor.

El tanque extractor o destilador es el componente más importante dentro de la extracción de aceites esenciales debido a que en este equipo, es donde el vapor arrastra los componentes más volátiles de la materia vegetal, obteniendo así el aceite esencial, se debe tomar en cuenta los factores en los cuales se opera para la extracción como son: la presión, la temperatura, el flujo de vapor, entre otros.[22] Ver figura 4

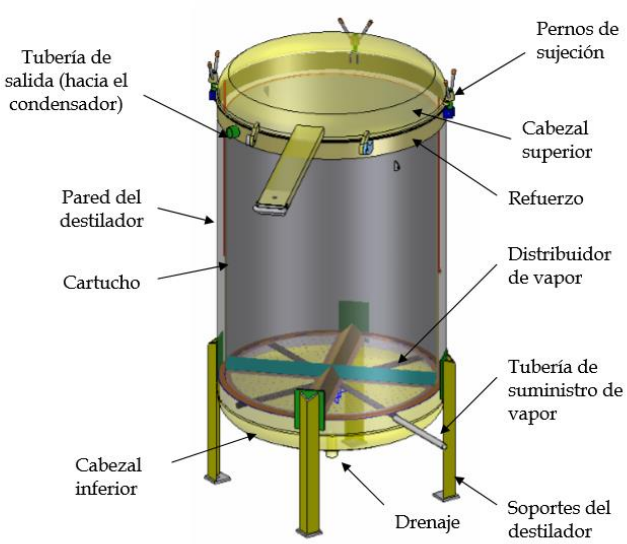


Figura 4. Diseño de un destilador
Fuente: Montenegro and Arias [22]
Elaboración: El autor

1.1.3.2.3. Condensador.

Para la condensación de los vapores que provienen del arrastre de los aceites esenciales se pueden utilizar varios tipos de condensadores: uno de los más utilizados es el condensador tipo serpentín, gracias a su bajo costo y menor pérdida de calor, otro condensador más usado dentro de la extracción de aceites esenciales es el intercambiador de doble tubo, el cual es más eficiente sin embargo su costo de fabricación es mucho mayor[20].

En este tipo de condensador de doble tubo la mezcla de vapor y aceite viaja a través del has de tubos y el agua de enfriamiento fluye en contra corriente por el casco o por la coraza,

realizando de este modo la transferencia de calor. Por lo general este tipo de condensadores se ubican inclinados o de formar vertical facilitando así la descarga de los condensados[2]. Ver figura 5

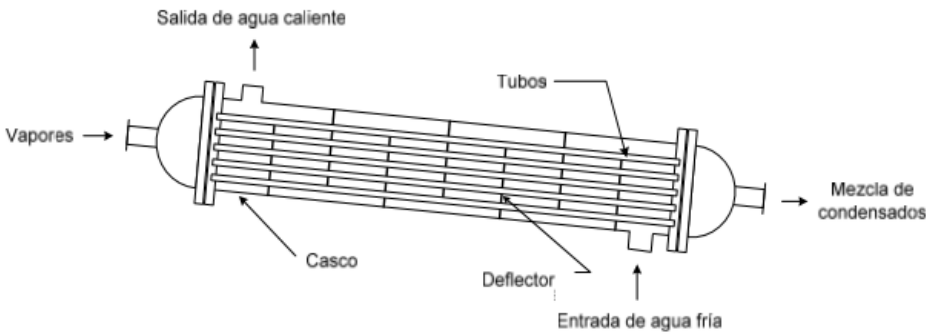


Figura 5. Intercambiador de calor de doble tubo
Fuente: Álvarez Cruz and Bagué Serrano [20]
Elaboración: El autor

*1.1.3.2.4 Separador de aceite esencial (Florentino**).***

En la figura 6 , el vaso separador o también llamado florentino es un dispositivo destinado a cumplir la función de separar el aceite esencial proveniente del vapor de agua condensado, garantizando de tal manera que el aceite esencial tenga el tiempo suficiente para que se separe eficazmente de la mezcla agua-aceite, proveniente del condensador[20]. Para dicha separación ambas sustancias que están en contacto se separan por diferencia de densidades específicas, teniendo en cuenta que también influye la temperatura a la que se realiza la separación[2].

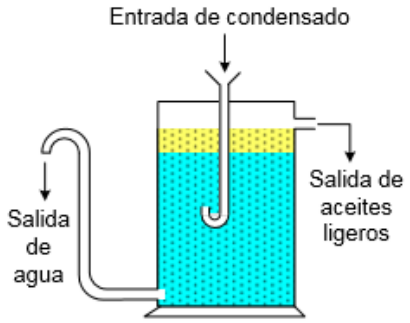


Figura 6. Separador de aceites esenciales
Fuente: Montenegro and Arias [22]
Elaboración: El autor

1.1.3.3. Procesos de transferencia de calor y masa.

Debido a que la destilación es por arrastre con vapor se dan diferentes procesos de transferencia de calor y masa dentro de los equipos, los cuales contamos con tres fases diferentes que son[23]:

- Fase de calentamiento
- Fase de extracción
- Fase de enfriamiento.

1.1.3.3.1. Fase de calentamiento.

En esta fase conforme el vapor entra en contacto con el lecho va transfiriendo calor en donde la materia prima se calienta y va liberando el aceite esencial, siendo este arrastrado por el vapor saturado que son arrastrados por la parte superior del destilador hacia el condensador, en donde se va a condensar la mezcla de vapor y aceite[22].

1.1.3.3.2. Fase de Extracción.

En esta fase de extracción se considera mucho el tiempo de extracción desde el momento que empieza a producirse el condensado de agua y aceite, se considera que durante la extracción hay fenómenos de transferencia de calor y de masa, tanto para el tiempo de extracción como para la pequeña cantidad de aceite esencial que es arrastrado junto con el vapor de agua[24]. Entre los parámetros más importantes dentro de esta fase consideramos los siguientes:

- Temperatura, punto de ebullición en donde un líquido pasa a vapor, en este caso provenientes de la caldera hacia el tanque extractor.
- Presión, presión suficiente para que pueda ser arrastrado los componentes más volátiles del material vegetal por medio del vapor.
- Flujo de corriente de agua de refrigeración, en donde enfría el condensado de los aceites esenciales

- Temperatura del agua de refrigeración, condensa el agua a una temperatura aproximada de 43°C.
- Flujo de corriente de vapor, provenientes del tranque extractor, los cuales serán condensados en un intercambiador de calor de doble tubo.
- Temperatura de corriente de condensado, factor importante para que se pueden condensar los vapores provenientes del tanque extractor, dentro de estos parámetros mencionados influirá la calidad y el rendimiento del aceite esencial.

1.1.3.3.3. Fase de enfriamiento.

Durante la etapa de enfriamiento los vapores provenientes del destilador se condensarán y posteriormente se enfriaran, así garantizando que el condensado se enfrié hasta a una temperatura adecuada, aproximadamente 35°C para la correcta separación de la mezcla, así evitando que los componentes más importantes que contiene el aceite se pierdan por evaporación[21].

1.2 La familia Burseraceae.

El género Burseaceae incluye alrededor de 100 especies de árboles y arbustos nativos de las regiones tropicales del nuevo mundo, desde el sur oeste de los Estados unidos, extendiéndose hasta el Ecuador y Perú. Este género es muy diverso en los bosques tropicales secos de todo el mundo con mayor diversidad en América, debido a que son la fuente de numerosos compuestos químicos volátiles que produce una serie de terpenos, en su mayoría mono, sesquiterpenos, y alcanos. Los árboles o arbustos que son parte de esta familia, son provistos de resina en su tronco y a menudo de aceite esencial; hojas alternas, por lo general imparipinnadas, algunas veces bipinnadas, trifolioladas o reducidas a un solo folíolo, los folíolos laterales opuestos, generalmente sin estípulas; inflorescencias axilares o terminales, básicamente se presentan paniculadas, pseudoracimosas o fasciculadas, rara vez flores solitarias [25].

Estas plantas, de manera muy general se caracterizan por ser árboles de porte bajo a medio, muy ramificados con una altura aproximada de 5 a 20 metros y su corteza varía de gris, amarilla a roja dependiendo de las especies, debido a esto en algunos lugares se les

conoce como cuajiotes rojos o amarillos, algunas tienen la corteza exfoliante, son caducifolias en la temporada seca y florecen cuando comienzan las lluvias[26].

Estos árboles que pertenecen a esta familia, al igual que muchos otros, poseen alto grado de diversidad biológica y cultural. No obstante, estos bosques que se encuentran en América, el norte y sur de África y en Malasia, se hallan amenazados debido a la actividad agropecuaria y forestal, que ha causado la degradación de los mismos. Muchas partes de este bosque diverso han sido deforestadas extensivamente durante casi 30 años, lo cual ha causado una declinación considerable de la cobertura boscosa. Por tal razón existen áreas actualmente cubiertas por bosques secundarios en varios estados de sucesión, especialmente en las cuestas occidentales más secas y accesibles de la sierra[27].

Los aceites esenciales de las Burseras son fuente de numerosos compuestos químicos volátiles, entre los que destacan terpenos y terpenoides, parte importante de la trementina o aguarrás[28].

1.2.1 El género *Dacryodes.*

El género Dacryodes tiene una amplia distribución geográfica en los neotrópicos crecen naturalmente en zonas tropicales de América, África y Asia. Es un árbol alto, de profundas raíces, sin refuerzos, permanentemente verde, su corteza es lisa, escamosa con albura pálida. Las flores son unisexuales. Los frutos presentan un pericarpio carnoso y grueso y es el que predomina en las áreas de bosques lluviosas.[28]

Este género comprende aproximadamente 67 especies distribuidas entre los bosques tropicales húmedos de Asia (aproximadamente 16 especies), África (aproximadamente 15) y América Latina (22 más 14 no descritos). Por ende, este género alcanza altas densidades en bosques húmedos y que varias de estas especies tienen madera moderadamente útil, así como por ejemplo la resina de varias especies se ha utilizado para iluminación[29].

1.2.1.1. Taxonomía de la especie Copal (Dacryodes peruviana).

***Nombre Científico*:** *Dacryodes peruviana*
***Reino**:* Plantae
Phylum: Magnoliophyta
***Clase**:* Magnoliopsida
Orden: Sapindales
***Familia**:* Burseraceae
Género: Dacryodes
Epíteto Específico: peruviana
Autor Epíteto Específico: (Loes.) H.J. Lam
Determinador: Daly, D
***Fecha determinación**:* 2010

El término Dacryodes se deriva de la palabra griega 'Dakrun', que significa 'lágrima', en referencia a la resina o exudado formado sobre la superficie de la corteza. Ver figura 7 y 8.

Figura7. Especie Dacryodes peruviana.
Fuente: Andrade [28]
Elaboración: El autor

Figura 8 :Muestra Botanica de la especie *Dacryodes peruviana.*
Fuente: Andrade [28]
Elaboración: El autor

1.3. Aceite esencial de copal.

El aceite esencial de copal es producido por un árbol que se encuentra en las regiones amazónicas, este tipo de árbol origina una resina que se comercializa en Ecuador a pequeña escala y que tiene un potencial de crecimiento en los mercados nacionales e internacionales como fuente complementaria de ingresos, debido a su gran rentabilidad de aceite que posee[30]. El aceite esencial producido por el copal es mucho más valioso ($200) que el incienso($98)[31], de modo que las comunidades se beneficiarían de un alto porcentaje de ingresos, lo cual sería rentable para el mismo[32].

Según Andrade [28], el epicarpio y mesocarpio del fruto maduro son comestible. El sabor es agradable, ligeramente resinoso, es aromático y cremoso. Se ha observado, que el mesocarpio del fruto maduro tiene propiedades dispersantes sobre suspensión de almidón, lo cual puede servir para dar color a diversos pigmentos. La fauna silvestre, se alimenta del fruto. Otras partes de la planta La madera se utiliza en construcciones rurales, carpintería sencilla y como leña. El látex de su tronco se aplica sobre la piel para curar las varices, sus hojas preparadas en infusión ayudan a tratar el asma.[33]

1.3.1. Composición química del aceite esencial Copal (*Dacryodes peruviana*).

La determinación química realizada del aceite esencial del fruto de *Dacryodes peruviana* permitió identificar 44 compuestos químicos; en la columna no polar (DB-5ms) se identificaron 32 compuestos con un porcentaje de identificación de 98,37% y en la columna polar (Hp-Innowax) se identificaron 31 compuestos con un porcentaje de identificación de 96,25%.Andrade [28]. Ver figura 9

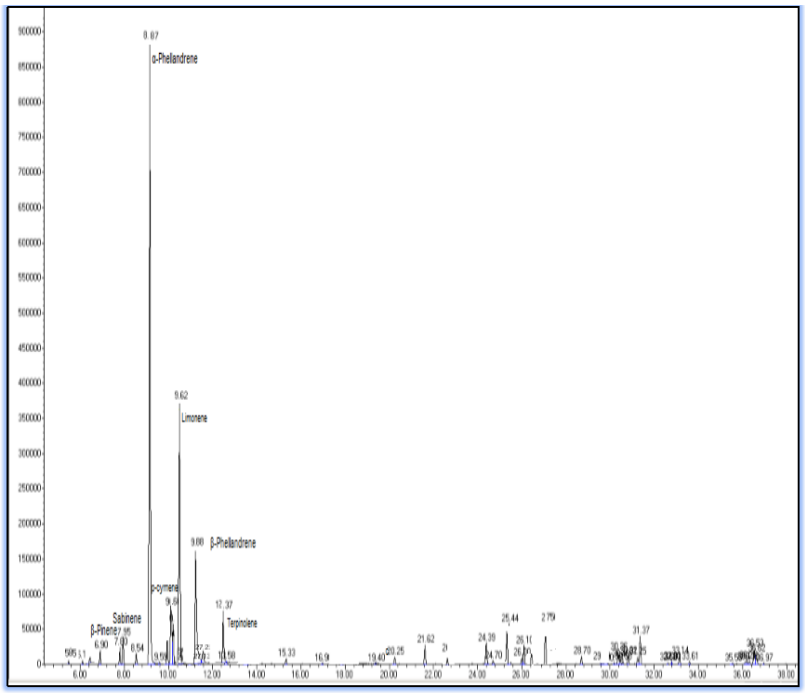


Figura 9. Perfil cromatográfico del aceite esencial D, peruviana en la columna no polar(DB/5ms).
Fuente:Andrade [28]
Elaboración: El autor

En la figura 9, se puede observar el perfile cromatográfico del aceite esencial del fruto *Dacryodes peruviana,* los siete obtenidos den la columna no polar DB-5ms, entre los cuales tenemos: α-Phellandrene, Limonene β- PhellandreneTerpinolene, p-Cymene, β- Pinene y Sabinene [28].

1.4. Industria de los aceites esenciales.

Ecuador es uno de los países con mayor biodiversidad del mundo, por lo que las empresas cada vez se enfocan hacia el aprovechamiento de materias primas que sean menos biodegradables y de calidad. Varias de las industrias requieren suministros como los aceites esenciales, obtenidos de diferentes plantas[34].

En Ecuador se pueden encontrar varias empresas dedicas a la extracción de aceites esenciales, aromáticos y medicinales, entre las cuales encontramos varios proveedores que intentan desarrollar poblaciones indígenas de la Amazonia Ecuatoriana, entre las más importantes tenemos: Chankuap, Young Living, El artesan, Amazon Aroma, entre otros. La mayoría de empresas nacionales y algunas extranjeras que han posicionado su marca en el mercado[35].

Aun así, a pesar de encontrar empresas dedicadas a la extracción de diferentes tipos de aceites esenciales, en Ecuador hay poca evidencia de que el copal ecuatoriano se venda en una industria Internacional[35].

1.4.1. Planta de extracción de Aceites esenciales.

La planta de extracción de aceites esenciales (AE), tiene por objeto la extracción de aceites esenciales a partir de diferentes tipos de materia prima y su posterior fraccionamiento. Dado el carácter didáctico que debe tener la planta, de tal modo que permite realizar los procesos de extracción y fraccionamiento de diferentes maneras[36], desde su recolección de materia prima hasta su control de calidad del aceite esencial.

1.4.1.1. Distribución de la planta.

La distribución de planta hace referencia a la ordenación física de los equipos antes mencionados. Esta ordenación, debe comprender, tanto los espacios necesarios para el desplazamiento de materia prima, materiales, almacenamiento, trabajadores y todas las actividades o servicios dentro de la misma, para que no haya inconformidad al momento de producir. La distribución de las diferentes áreas se debe ejecutar de acuerdo al tamaño de

producción, el número de equipos y las personas que intervienen en la producción, así como también se debe tomar en cuenta que la planta debe ser diseñada donde haya disponibilidad de recursos hídricos, eléctricos, entre otros[21].

1.4.1.2. Especificaciones técnicas

Para la elaboración de las especificaciones técnicas se tendrá en cuenta un manual de operación, un manual de procedimiento, y un manual de especificaciones para la puesta en marcha de la misma. Dentro de cada uno de estos manuales se tendrá en cuenta un bueno manejo y organización de los equipos, así como también de la producción, evitando así restricciones y pérdida de tiempo[37].

1.4.1.3 **Análisis financiero.**

Dentro del análisis financiero, las cadenas de valor comprenden varios rubros, es así que para la cadena de valor del proceso de recolección se desglosan 4 rubros tales como; personal, movilización, materiales de recolección y gastos administrativos e indirectos. En la cadena de valor para el proceso de producción tenemos los siguientes rubros: materia prima, personal, equipos, material, movilización, servicios básicos, control de calidad y gastos administrativos e indirectos[38].

El precio es una variable que está determinada por la demanda, especialmente en un mercado como el ecuatoriano, donde el factor determinante de compra es el precio sobre otros factores como es la calidad, garantía o servicio post venta. El precio de los aceites esenciales se rige de acuerdo a la competencia de los productos que puedan resultar sustitutos, variando de una marca u otra y de acuerdo al país de origen que de manera subjetiva supone cierta calidad del producto[39].

CAPITULO II
MATERIALES Y MÉTODOS

2. MÉTODOS

El siguiente proyecto se desarrolló de acuerdo con el siguiente esquema:

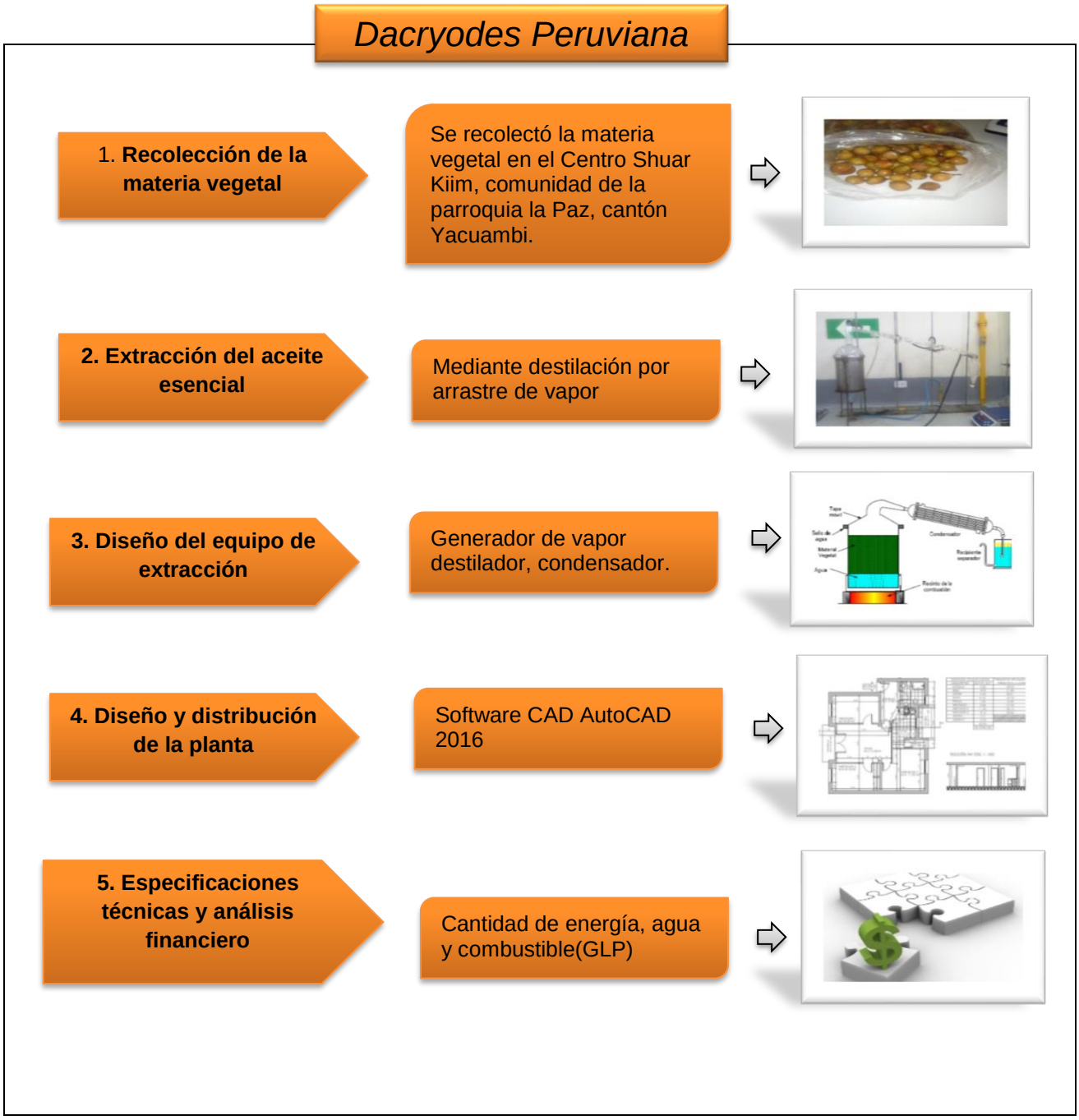


Figura 10. Esquema del desarrollo de la metodología
Fuente: El Autor
Elaboración: El autor

2.1 Recolección del material vegetal.

La recolección de la materia prima *D. peruviana* se llevó a cabo en la Centro Shuar Kiim, comunidad de la parroquia la Paz, cantón Yacuambi, provincia de Zamora Chinchipe, ubicada en la zona Sur del Ecuador en la región Amazónica, que presenta las siguientes coordenadas: latitud 170732457E, longitud 9582196N y altura 890 m.s.n.m.

Los frutos recolectados, fueron enviados por la comunidad Kiim en tres ocasiones, los mismo que se los transportó y se los almacenó en las instalaciones de la Universidad Técnica Particular de Loja. El transporte de los frutos en sacos de lona evitó el deterioro de los mismos, los cuales posteriormente se sometieron a un tratamiento pos-cosecha en donde se seleccionaron los frutos que se encontraron en buenas condiciones eliminando las impurezas o los frutos en estado de descomposición que podrían alterar la calidad del aceite esencial.

2.2 Extracción del aceite esencial.

Para la obtención del aceite esencial se realizaron tres destilaciones con diferentes muestras de materia vegetal, la extracción del aceite esencial de los frutos de Copal se realizó en estado fresco por el método de destilación por arrastre con vapor, este proceso se llevó a cabo mediante un equipo de destilación (Ver figura 11). Consiste en colocar el material vegetal troceado sobre una rejilla perforada que se encuentra en la parte interior del tanque extractor, por debajo de esta rejilla se coloca agua que entra en contacto con un generador de vapor (caldera), una vez alcanzado el punto de ebullición, el vapor va atravesando el material vegetal y de esta manera arrastrando los componentes más volátiles de la planta. El vapor generado proveniente del tanque extractor pasa a un condensador de doble tubo, donde es condensado y así posteriormente la mezcla de aceite y agua es recolectada en un vaso florentino que por diferencia de densidades llegarán a separarse y así obteniendo el aceite esencial[2].

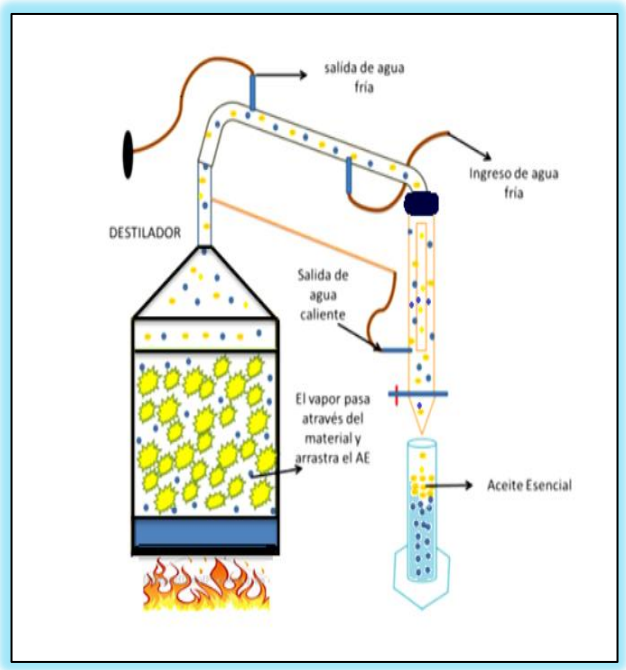


Figura 11. Proceso de destilación.
Fuente:Andrade [28]
Elaboración: El autor

Una vez finalizada la destilación se recoge el aceite esencial en una probeta para determinar el volumen del mismo, que es muy importante considerar para la determinación del rendimiento, seguidamente se procede a almacenar el aceite esencial libre de agua en frascos de vidrio color ámbar, para evitar posibles degradaciones químicas por acción de la luz, se etiquetan y se guardan a refrigeración debido a la volatilidad del producto orgánico, con el propósito de conservar el aceite obtenido, estos se conservan a una temperatura de 4°C.

2.2.1 Parámetros técnicos de destilación.

Se consideró algunos parámetros dentro de la obtención del aceite esencial por el método de arrastre por vapor, los mismos que sirvieron para mejorar el rendimiento del aceite esencial.

El tiempo de destilación se determinó utilizando la curva de rendimiento acumulado y tomando como referencia el 95 % de aceite esencial extraído. Entre los parámetros dentro de la destilación tenemos:

- Presión
- Flujo de corriente de agua de refrigeración
- Flujo de corriente de vapor
- Temperatura de corriente de condensado
- Flujo volumétrico de agua de condensado.

Para lo anteriormente descrito se realizó varias destilaciones con cantidades diferentes de fruto de 5,10 y 15 kg. Para el flujo de corriente de vapor se tomó en una probeta el flujo de condensado en el lapso de un tiempo determinado, un minuto aproximadamente, y al mismo tiempo se midió la temperatura que sale el condensado. La temperatura de saturación se la midió con un termómetro dentro del tanque, y la de refrigeración se la midió al inicio de la extracción.

2.3 Diseño del equipo de extracción.

Dentro del diseño del equipo se dimensionó: un generador de vapor (calentador a fuego directo), un destilador, un condensador y un recipiente separador de AEs. Los equipos serán diseñados para obtener un 1Kg de aceite esencial, en un tiempo determinado, la destilación se llevará a cabo mediante el proceso de arrastre con vapor, tomando en cuenta que para la condensación se utilizó agua a temperatura ambiente.

2.3.1 Tanque extractor.

Para la construcción del tanque se utilizó el material de acero inoxidable tipo 304 y con un espesor de 0,2 cm, también fue diseñado de acuerdo con la cantidad de materia prima que se va a utilizar durante el proceso de destilación, el espesor de aislamiento y el diseño térmico.

2.3.1.1. Volumen del tanque extractor.

Para el cálculo del volumen del tanque extractor se realizó un balance de materia, tomando en cuenta el volumen libre dentro del tanque, el volumen de agua y el volumen de materia vegetal, la metodología de cálculo se presenta en la Figura 12.

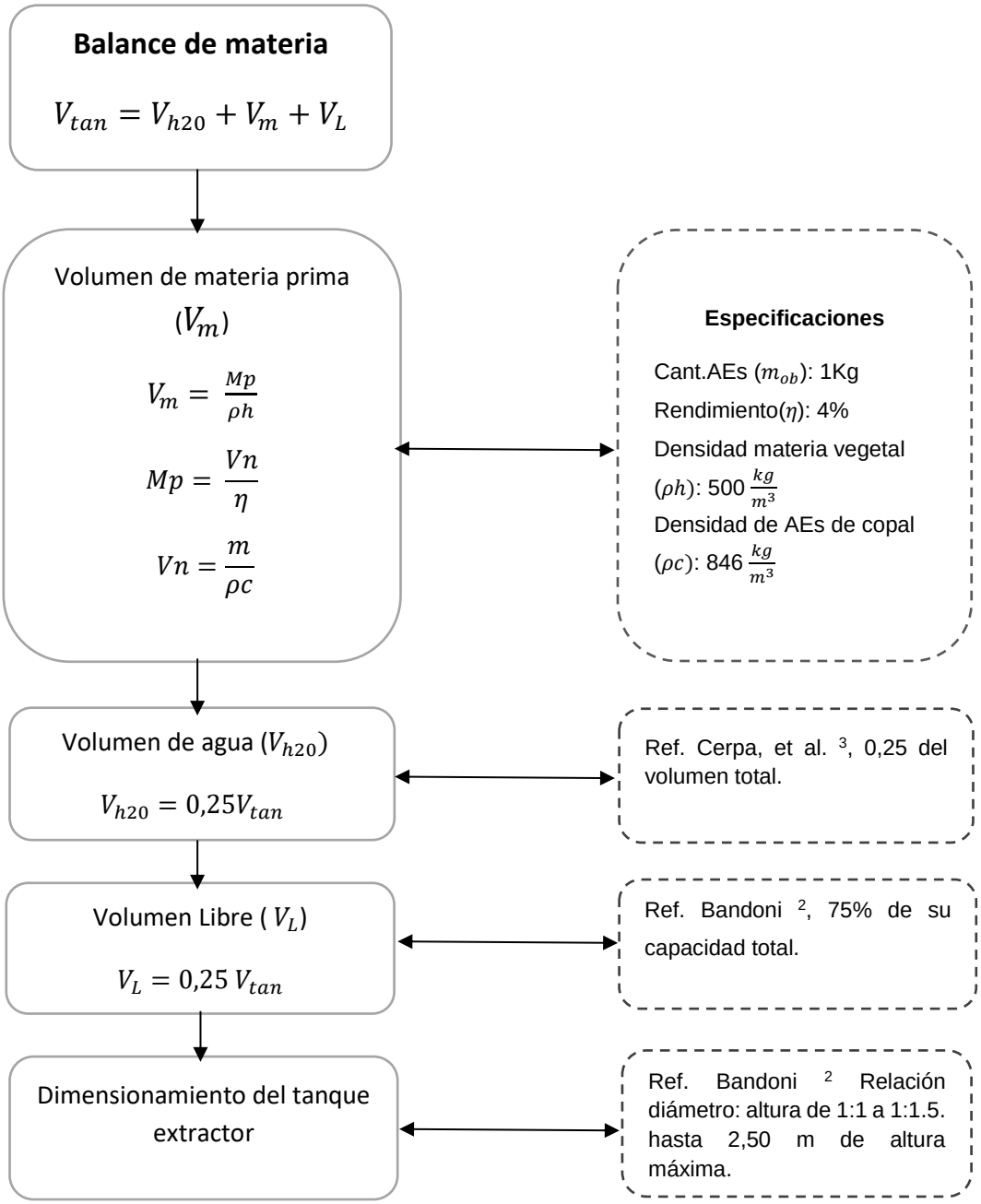


Figura12. Metodología para la obtención del volumen necesario.
Fuente: El autor
Elaboración: El autor

2.3.1.2 Diseño térmico.

Dentro del diseño térmico del tanque extractor se realizó un balance de energía con la finalidad de determinar el calor total (Qt) del sistema, el cual nos permitió establecer el gas (GLP) consumido durante la extracción por el calentador a fuego directo. Ver Figura 13

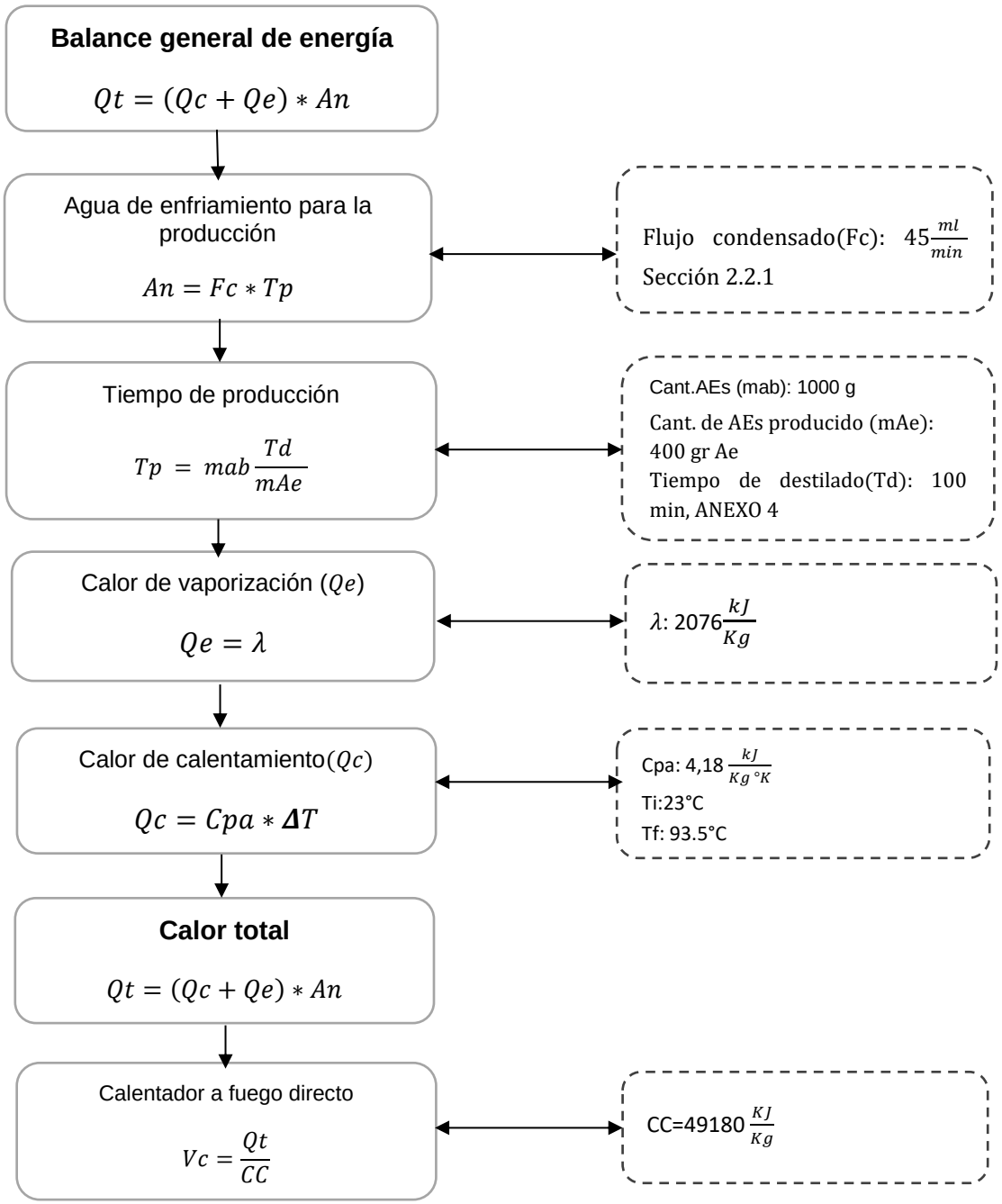
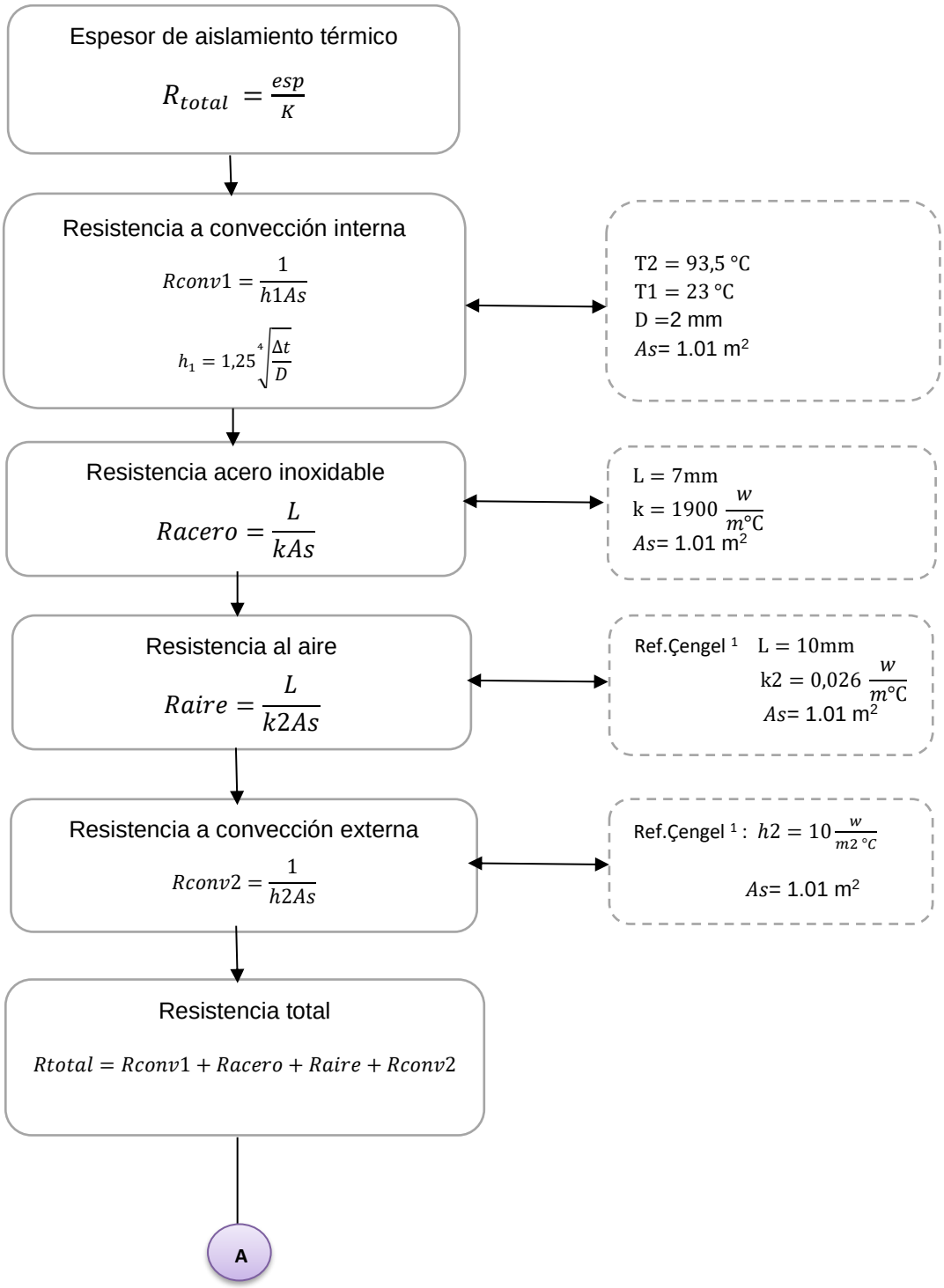


Figura13. Metodología para el diseño térmico del tanque extractor.
Fuente: El autor
Elaboración: El autor

2.3.1.3. Espesor de aislamiento térmico.

El cálculo de espesor de aislamiento térmico, se consideró una red de resistencias térmicas correspondientes a las capas, a la convención interna, al acero inoxidable, al aire y a la convección externa, la secuencia de cálculo está basada en la metodología de la Figura 14.



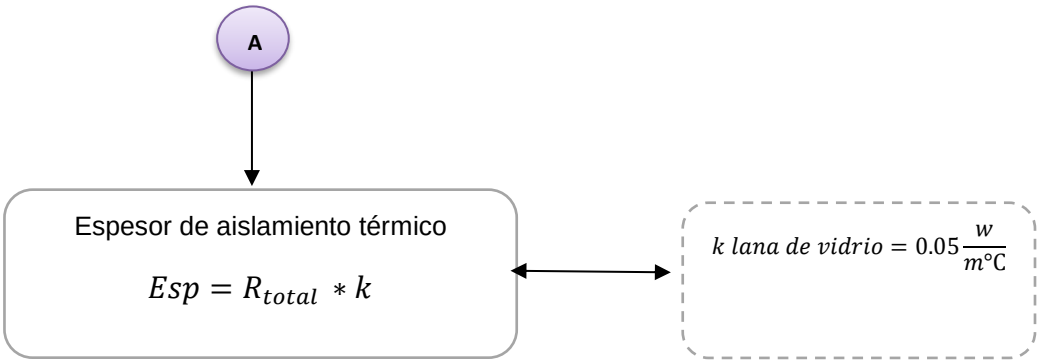


Figura14. Metodología para la obtención del espesor del aislamiento térmico.
Fuente: El autor
Elaboración: El autor

2.3.1.4. Dimensionamiento del tanque extractor.

Según Bandoni [2], para las dimensiones de altura y diámetro del tanque extractor aconsejables suelen ser iguales y no mayores a 2.50 m. con una relación diámetro: altura de 1:1 a 1:1.5. El dimensionamiento comprende el diseño del tanque extractor, el sello de agua, el aislante térmico y el calentador a fuego directo.

2.3.2. Condensador.

2.3.2.1. Diseño térmico.

En el diseño térmico para el condensador se realizó un balance de energía $Q_c = Q_g$. Para condensar y enfriar los vapores de agua-aceite provenientes del tanque extractor hasta una temperatura determinada, se calculó el área de transferencia de calor haciendo uso de los diámetros óptimos. Para el diseño térmico se realizó una metodología de cálculo presentado en la Figura 15.

Balance general del condensador

$$Q_c = Q_g$$

Balance de energía

$$Q = \lambda(W) + WCp1(T_1 - T_2) = wcp2(t_1 - t_2)$$

Calor cedido

W =5.97 $\frac{lb}{h}$

$C_{P1} = 0.99 \frac{BTU}{lb * F}$

$T_1 = 199.4\ F$

$T_2 = 109.4\ F$

$\lambda = 894.99 \frac{BTU}{lb}$

Calor Ganado

$C_{P2} = \frac{1\ BTU}{lb * F}$

$t_1 = 73.4°\ F$

$t_2 = 104°F$

Diámetro de tuberías

$$dopt = 260\ G^{0,52}\rho^{-0,37}$$

$$dopt = 366\ G^{0,52}\mu^{0,03}\rho^{-0,37}$$

Velocidad fluído caliente*(G)* 45$\frac{ml}{min}$

ρfluido :997 $\frac{kg}{m3}$

Towler and Sinnott [5]

μ= 0.088

Velocidad fluído frio *(G)*:0.024 $\frac{kg}{s}$

Áreas de tubería

$$\mathrm{ap} = \frac{\pi \mathrm{Di}^2}{4};$$

$$\mathrm{a} = \frac{\pi \mathrm{D2}^2 \mathrm{D1}^2}{4}$$

$Di = 0.0016\ ft$

$D1 = 0.0077\ ft$

$D2 = 0.02016\ ft$

Gasto másico

$$G_p = \frac{W}{ap}$$

$$G_a = \frac{w}{a}$$

W =5.97 $\frac{lb}{h}$

w=191.01 $\frac{lb}{h}$

B

B

Numero de Reynolds

$$Re_p = \frac{D_i * G_p}{u}$$

$$Re_a = \frac{De*G_p}{u} ; De = \frac{D2^2 - D1^2}{D1}$$

$\mu = 1.88 \frac{lb}{hft}$
$Di = 0.0016\ ft$
$\mu = 1.11 \frac{lb}{hft}$
$D1 = 0.0077\ ft$
$D2 = 0.02016\ ft$

Coeficiente de transferencia de calor (hi) y (ho)

$$\mathrm{hi} = \mathrm{Jh} * \left(\frac{\mathrm{K}}{\mathrm{D}}\right)\left(\frac{\mathrm{c} * \mu}{\mathrm{K}}\right)^{\frac{1}{3}}\left(\frac{\mu}{\mu \mathrm{w}}\right)^{0.14}$$

$$\mathrm{ho} = \mathrm{Jh} * \left(\frac{\mathrm{K}}{\mathrm{D}}\right)\left(\frac{\mathrm{c} * \mu}{\mathrm{K}}\right)^{\frac{1}{3}}\left(\frac{\mu}{\mu \mathrm{w}}\right)^{0.14}$$

Ref. Kern [4]
Qc
$C = 0{,}99 \frac{BTU}{lb * F}$
JH=14
$\mu = 0.99 \frac{lb}{hft}$
$k = 0.36 \frac{BTU}{hft(°\frac{F}{ft})}$
Qg
$C = \frac{1\ BTU}{lb * F}$
$\mu = 1.11 \frac{lb}{hft}$
JH=130
$k = 0.45 \frac{BTU}{hft(\frac{°F}{ft})}$

Coeficiente global de transferencia de calor

$$\mathbf{U} = \frac{\mathrm{hio} * \mathrm{ho}}{\mathrm{hio} + \mathrm{ho}}$$

$$\mathrm{hio} = \mathrm{hi}\frac{\mathrm{DI}}{\mathrm{DE}}$$

$DI = 0.0016\ ft$
$DE = 0.0077\ ft$

Temperatura media logarítmica

$$\Delta Tlm = \frac{(Tce - Tfs) - (Tfe - Tcs)}{ln(\frac{Tce - Tfs}{Tfe - Tcs})}$$

$Tc_e = 93\ °C$
$Tf_s = 40\ °C$
$Tf_e = 23\ °C$
$Tc_s = 40\ °C$

C

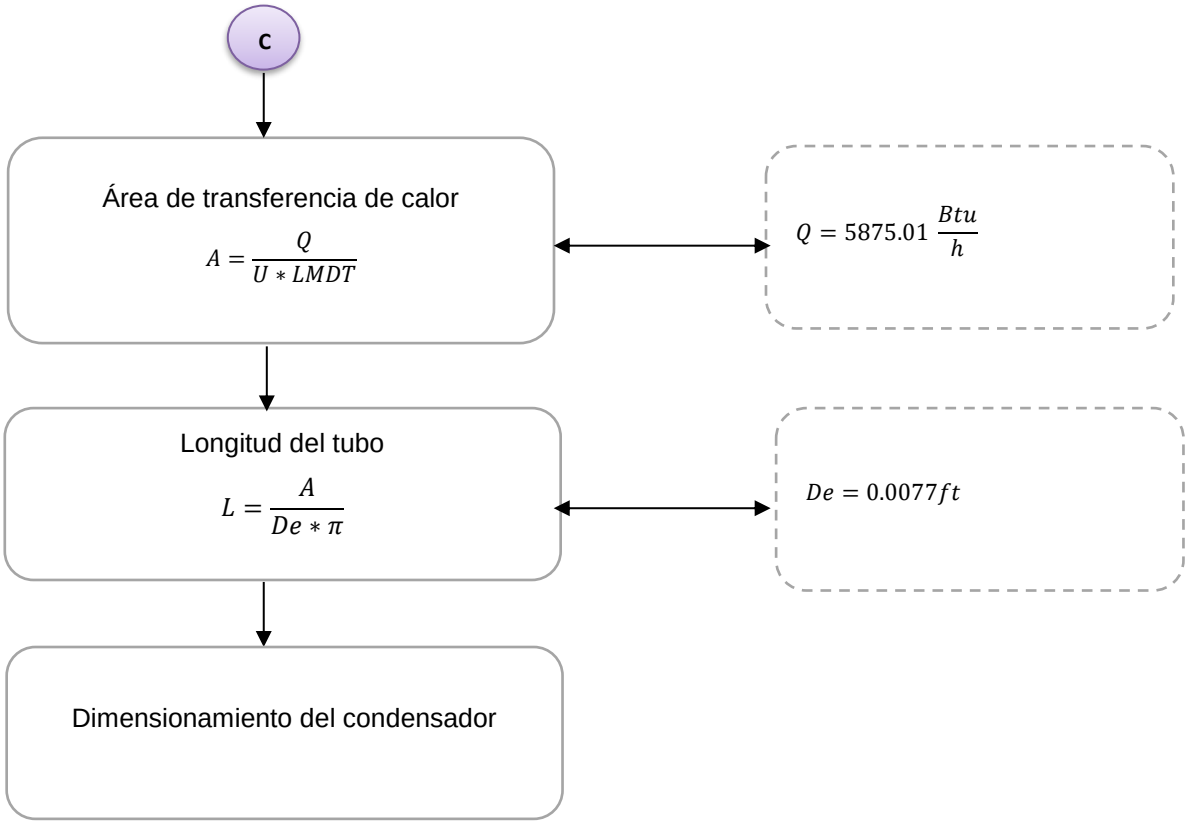


Figura15. Metodología de diseño para el condensador de doble tubo
Fuente: El autor
Elaboración: El autor

2.3.2.2. Dimensionamiento del condensador.

El condensador se dimensionó a partir del flujo de calor que es necesario retirar de la mezcla vapor-aceite. Este calor se evalúa a partir de dos parámetros: El rango (diferencia de temperaturas entre la entrada y la salida del agua de enfriamiento) y el flujo másico de agua por el lado del casco de condensador[21].

Para el dimensionamiento se realizó en base a los diámetros óptimos de los tubos interno y externo, y la longitud necesaria de tubo. A estos criterios se sumaron la necesidad de procesar otras materias vegetales y la flexibilidad para trabajar con distintos flujos.

2.3.3. Separador de aceites esenciales.

En el casco del recipiente separador agua-aceite condensado, llamado también Florentino, es un dispositivo destinado a realizar la separación del aceite del vapor de agua condensado que se obtuvo de la destilación.

2.3.4. Selección de accesorios.

Para la selección de los accesorios auxiliares se consideraron:

- Selección de tubería
- Selección de llave
- Selección de codo
- Selección de uniones.[21]

Los accesorios que se seleccionaron fueron principalmente para la unión del tanque extractor con el condensador.

2.4. Zonificación y distribución de la planta.

Para la zonificación de la planta se tomaron en cuenta los espacios necesarios donde se van a realizar las diferentes actividades de obtención y almacenamiento del aceite esencial, también se consideraron áreas suplementarias para el correcto funcionamiento de la planta.

Para la distribución de la planta se consideró la relación que existe entre las diferentes zonas, de tal manera que el flujo de la materia prima o de los productos no entorpezca el proceso de producción, y que los tiempos de transporte sean los más cortos posibles. Criterios de no existencia de contaminación cruzada y espacios ocupado por los equipos también fueron considerados[16]. Para la distribución de la planta se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

- Se determinó la localización de la planta.
- Se determinó la producción diaria de aceite esencial.
- Se estudió el proceso productivo desde el ingreso de la materia prima hasta la obtención del producto final.
- Se dimensionó los equipos de destilación, según los requerimientos del proceso.
- Se seleccionó el tipo de distribución en planta a utilizar.
- Se distribuyó el espacio físico de la planta.

El diseño y la acotación de la planta se realizó con el Software AutoCAD 2016.

2.5. Especificaciones técnicas para puesta en marcha.

Para la puesta en marcha de la planta de extracción se diseñó una guía que cumpla con los siguientes aspectos[40]:

- Manual de operación del equipo
- Manual de procedimiento.

Los manuales fueron elaborados para el procedimiento de operación de extracción del aceite esencial de copal, donde se determinó las condiciones técnicas para la puesta en marcha de la planta[3].

2.5.1 Análisis financiero.

Para el análisis financiero se realizó el análisis de la parte constructiva de la planta, así como también la inversión económica que está en función de los costos de la materia prima y el costo del aceite esencial obtenido, dándose a conocer el precio del posible inmueble y del producto final.

Para la elaboración de las cadenas de valor se elaboró los costos de los equipos empleados en la producción y control de calidad del aceite, la determinación del rendimiento del aceite, se determinó los parámetros energéticos para la extracción de un Kg de aceite esencial de copal[41].

2.5.1.1 Costos Directos.

Está constituido por los montos correspondientes a los materiales directos y mano de obra directa.

2.5.1.2 Costos Indirectos.

Está compuesto por los montos correspondientes:

- Materiales indirectos:
  - Materiales indirectos
  - Mano de obra
  - Energía
- Gastos directos:
  - Materia prima
  - Mano de obra directa
  - Materiales y equipos utilizados para la destilación.
- Mano de obra directa.
  - Obreros
  - Operarios dentro de la planta.

CAPITULO III
RESULTADOS Y ANÁLISIS

3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Recolección y transporte de la materia vegetal.

El fruto de Copal (*Dacryodes peruviana*) fue recolectado en el Centro Shuar Kim, comunidad de la parroquia La Paz, cantón Yacuambi, provincia de Zamora Chinchipe. Ver Figura 16.

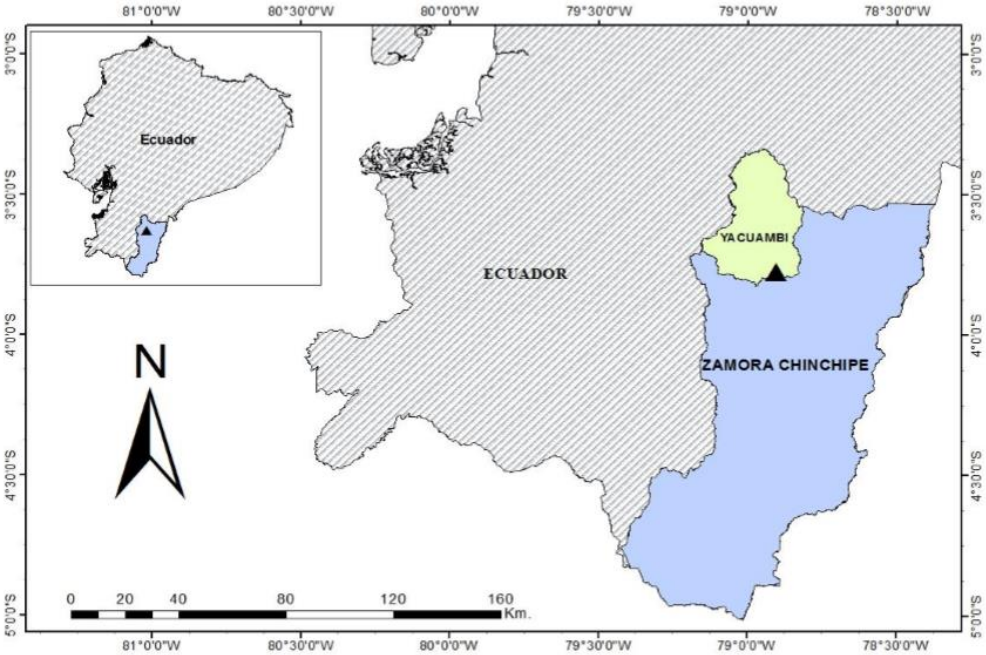


Figura 16. Área de recolección de la especie vegetal D. peruviana.
Fuente: El autor
Elaboración: El autor

3.2 Extracción del aceite esencial

El método que se utilizó para la extracción del aceite esencial a partir de los frutos de Copal fue destilación por arrastre con vapor. Se obtuvieron 12 muestras de aceite esencial (Ver figura17).

Figura 17. Muestras de aceite esencial de los frutos de *Dacryodes peruviana.*
Fuente: El autor
Elaboración: El autor

Cada muestra de aceite esencial está identificada por un código asignado, el cual comprende las iniciales de la especie vegetal, el número de la recolección y el número de la destilación que corresponde.

Se realizaron diferentes pruebas con la finalidad de mejorar el rendimiento del aceite esencial de copal; el rendimiento con relación al volumen obtenido por la cantidad de materia prima destilada fue de 4.0 ± 0.31 %.

La densidad del aceite esencial de Copal fue 0.8456 ± 0.002(g/cm3), la densidad de los aceites varía entre 0.84 y 1.18 g/cm3 dependiendo de la especie y del lugar de origen.

3.2.1. Parámetros de destilación.

Para los parámetros técnicos obtenidos experimentalmente para la extracción del aceite esencial de los frutos de Copal se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros técnicos de extracción.

Temperatura de saturación (°C)	Presión (mm Hg)	Temperatura de agua de refrigeración (°C)	Flujo de corriente de vapor (mL/min)	Temperatura de corriente de condensado (°C)	Tiempo de destilado
93.5	701	23	39.8	43.7	100 min.

Fuente: El autor
Elaboración: El autor

3.3 Diseño de los equipos de extracción.

Para el diseño de los equipos de extracción se diseñó:

- Un calentador a fuego directo
- Un tanque extractor
- Un condensador tipo serpentín
- Los equipos auxiliares acoplados al destilador en general. Ver figura 18.

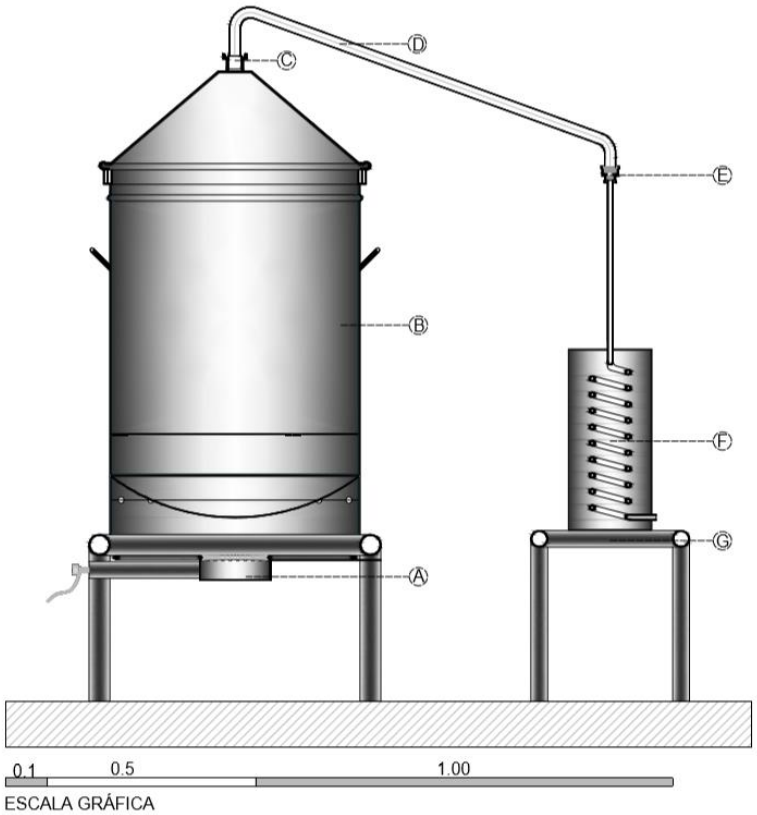


Figura 18. Escala grafica del equipo de extracción; a) sección del calentador a fuego directo; b) sección del tanque extractor; c y e) sección de detalle de llave; d) corte del tubo; f) condensador tipo serpentín; g) soporte para condensador.
Fuente: El autor.
Elaboración: El autor

3.3.1 Tanque extractor.

3.3.1.1. Volumen del tanque de extracción.

De acuerdo con los cálculos presentados en el ANEXO 1, el tanque extractor presentó un volumen de $2\,Vm$ de capacidad, para lo cual se realizó cálculos de la cantidad necesaria para la extracción de 1 kg de aceite esencial, que es de Mp = 29,55 kg (frutos de Copal), equivalente a un volumen de materia prima $Vm = 59{,}1$ L. Los cálculos se detallan en el ANEXO 2.

3.3.1.2. Diseño térmico.

La cantidad de agua de refrigeración requerida para la extracción del aceite esencial fue de 14L, considerando el tiempo necesario para la producción que fue de 5h, debido a la capacidad de carga que va a presentar el equipo, la destilación no va hacer continua durante este tiempo. Los cálculos para la cantidad de agua de refrigeración y el tiempo de extracción se exponen en el ANEXO 3-5

Para el calor total del sistema se obtuvieron valores de energía necesarios para cada fase de producción, el calor de calentamiento presento un valor de 294.69 KJ/kg, el calor de vaporización de 2076 KJ/kg, dándonos un calor total (Qt) de 33189.66 KJ, hay que considerar que dicho valor presentando también se tomó en cuenta la cantidad de agua que se va a necesitar durante el proceso (14 kg). Los cálculos correspondientes se muestran en el ANEXO 6-8

Como combustible para la producción se seleccionó el gas licuado de petróleo (GLP), la cantidad necesaria de este para producir un kg de aceite esencial fue de 0.67 kg. Debido a que el rendimiento del copal es alto (4%) comparado con otras especies vegetales, se va a necesitar menor cantidad de combustible y tiempo para producir una cantidad determinada de aceite esencial. Los cálculos para la cantidad de combustible se presentan en el ANEXO 9. Se optó por un calentador a fuego directo, como se muestra en la Figura 19.

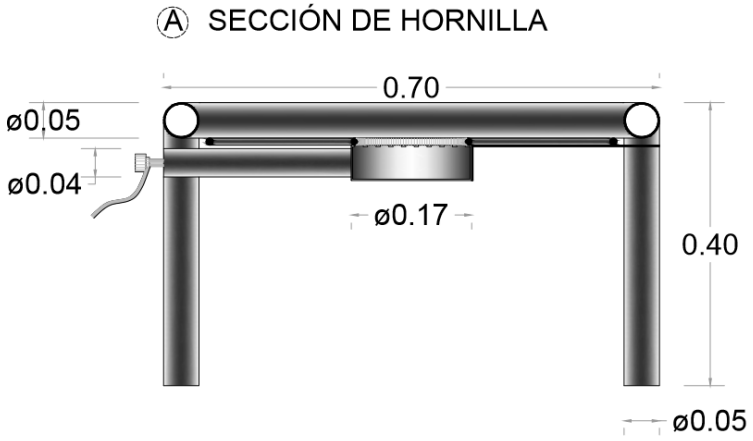


Figura 19. Calentador a fuego directo.
Fuente: El autor
Elaboración: El autor

Para el calentador a fuego directo se seleccionó el material de acero dulce de 2mm de espesor, el mismo consta de un soporte de un diámetro y altura de 0.70 m y 0.40 m respectivamente, con 4 patas de 0.05 m de diámetro cada uno, además el calentador contiene una llave reguladora para el pase de gas (GLP), de diámetro de 0.04 m, que conecta a un quemador directo de 0.17 m de diámetro.

3.3.1.3 Espesor de aislamiento térmico.

El espesor de aislamiento térmico para el tanque extractor fue de 3 cm de lana de vidrio, tomando en cuenta que el tanque de extracción tiene 0.2 cm de espesor de acero inoxidable y una longitud de tanque de 0.7 m (Ver figura 20). Los Cálculos se detallan en el ANEXO 10.

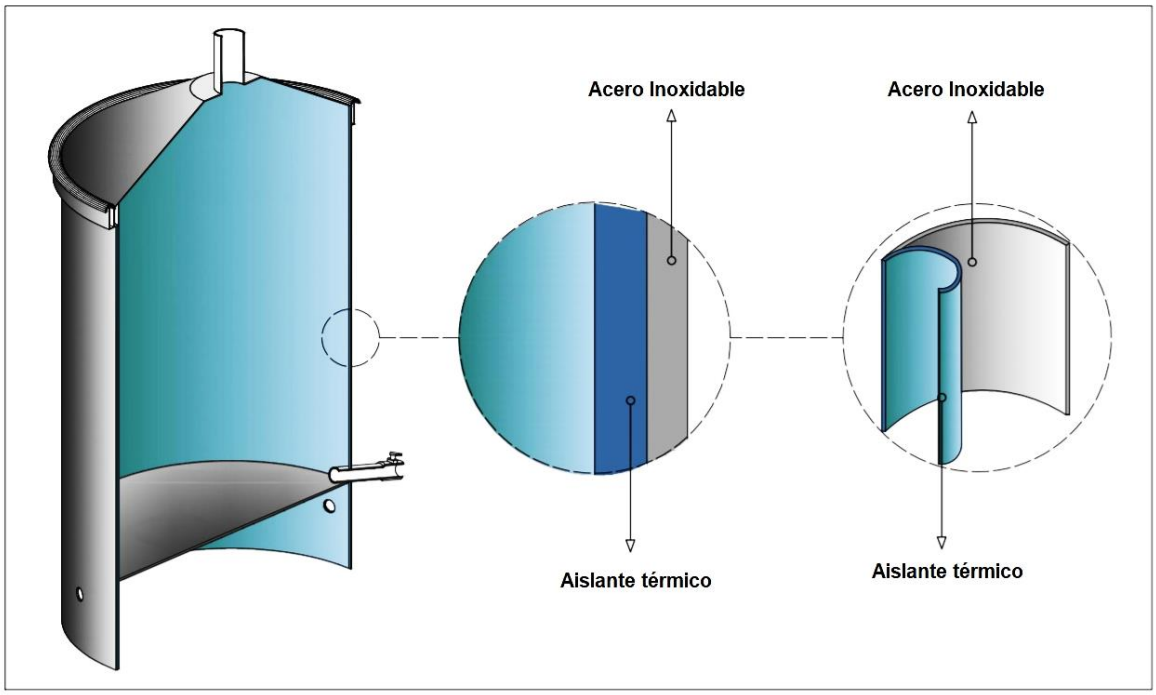


Figura 20. Selección del aislante térmico.
Fuente: El autor
Elaboración: El autor

3.3.1.4. Dimensionamiento del tanque extractor.

Según los cálculos el volumen del tanque es de 118.2 L., con una cantidad necesaria de materia prima de 29.55 kg, Sin embargo, debido a que la comunidad Kim de la provincia de Zamora Chinchipe no solamente va a utilizar este equipo para destilación de copal, sino que también será utilizado para la destilación de otras especies vegetales con distinta densidad, se propone un equipo de menor volumen a la establecida. También se consideró que pueda ser manipulable al campo por los miembros de la comunidad.

Con lo antes expuesto y tomando en cuenta lo establecido por Bandoni [2] que la relación diámetro: altura debe estar entre 1:1 a 1:1.5, proponemos un equipo con una capacidad de 100 L. de diámetro (ϕ) y altura (h) de 0.6 m y 0.7 m respectivamente.

El diseño se realizó en el programa AutoCAD 2016, Las dimensiones del equipo obtenido se muestra en la Figura 21.

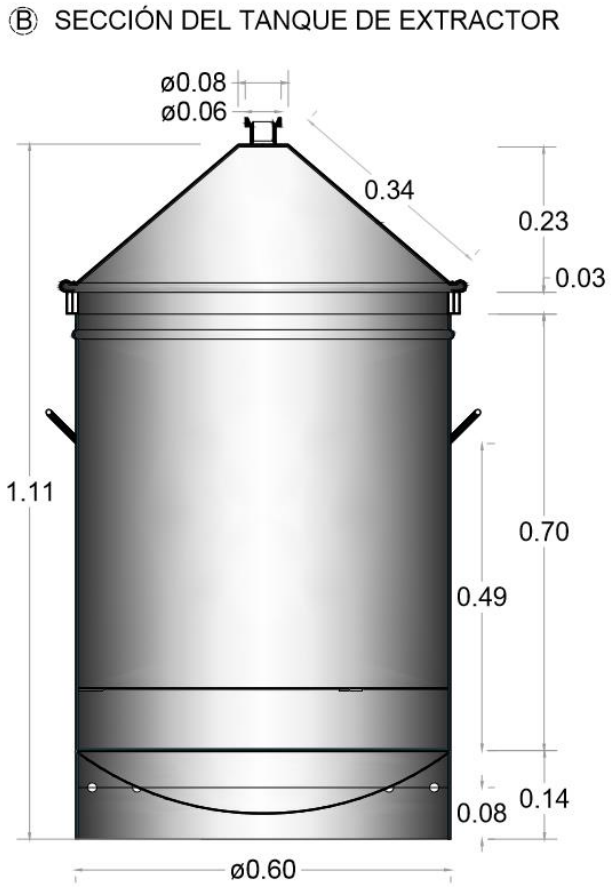


Figura 21. Dimensionamiento del equipo de extracción
Fuente: El autor
Elaboración: El autor

En la figura 21, se observa el diseño elaborado del tanque extractor, el mismo fue construido con un material de acero inoxidable 304 de 2 mm de espesor debido a que es un material estructural que se utiliza para revestimiento y acabados ya que es resistente a la corrosión, además se observa que en los lados del tanque consta de un soporte a cada lado para dar movilidad al mismo, estos se encuentran a 0.63 m de la base del tanque. El destilador cuenta con un sello de agua de 0.03 m para evitar que se presenten fugas en la parte superior debido a que el vapor se encuentra a presión atmosférica.

3.3.2 Condensador.

3.3.2.1 Diseño térmico.

El calor total en el intercambiador de calor dio como resultado un valor de 5875.01 Btu/h, partiendo de un balance de energía, los resultados del diámetro óptimo para el dimensionamiento de los tubos del intercambiador de calor se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Dimensiones del intercambiador de calor.

Tubo Externo		Tubo Interno	
	cm		cm
DI	0.63	DI	0.05
DE	0.83	DE	0.24

Fuente: El autor
Elaboración: El autor

En la tabla 3. Se establecen los valores de la longitud de los tubos, el área de transferencia de calor y el coeficiente global de transferencia de calor.

Tabla 3. Resultados de la longitud de los tubos, el área de transferencia de calor y el coeficiente global de transferencia de calor.

Parámetros	Resultado	
Coeficiente global de transferencia de calor (U)	444.519	Btu/(h) (°F) (ft^2)
Área de transferencia de calor (A)	0.008	m^2
Longitud de los tubos (Lt)	1.13	m

Fuente: El autor
Elaboración: El autor

Para el coeficiente global de transferencia de calor (U), dio como resultado 444.519 Btu/(h) (°F) (ft^2), el área de transferencia de calor presentó un valor de 0.008 m^2, con una longitud de los tubos de 1.13 m. Los cálculos se desarrollan en el ANEXO 11.

3.3.2.2. Dimensionamiento del condensador.

Según los cálculos presentados la longitud de tubo es de 1.13 m., con un flujo de condensado de 45 ml/min. Sin embargo, para que exista una mayor cantidad de vapor y asegurar que el condensado salga a una temperatura adecuada, se propuso un diseño de condensador tipo serpentín, al cual se lo sobre diseño a dos veces de la longitud de tubo calculado. El sobredimensionamiento va a constar con nuevas dimensiones de tubos estandarizados, tanto para el diámetro interno como para el externo, según las dimensiones de tubería se opta con un tamaño nominal de tubo de ¼ de pulgada con numero de cedula N°40, de diámetro externo de 1.37 cm y un diámetro interno de 0.93 cm respectivamente, con esto se propone logra un mayor enfriamiento de flujo de condensado. Para la longitud de los tubos presento una longitud de 3,14 m. que consta de 10 vueltas enrollables en un tanque de 12.5 L de capacidad con una relación diámetro: altura de 0.20 m y 0.44 m respectivamente, el mismo fue construido de acero inoxidable 304, ver Figura 22.

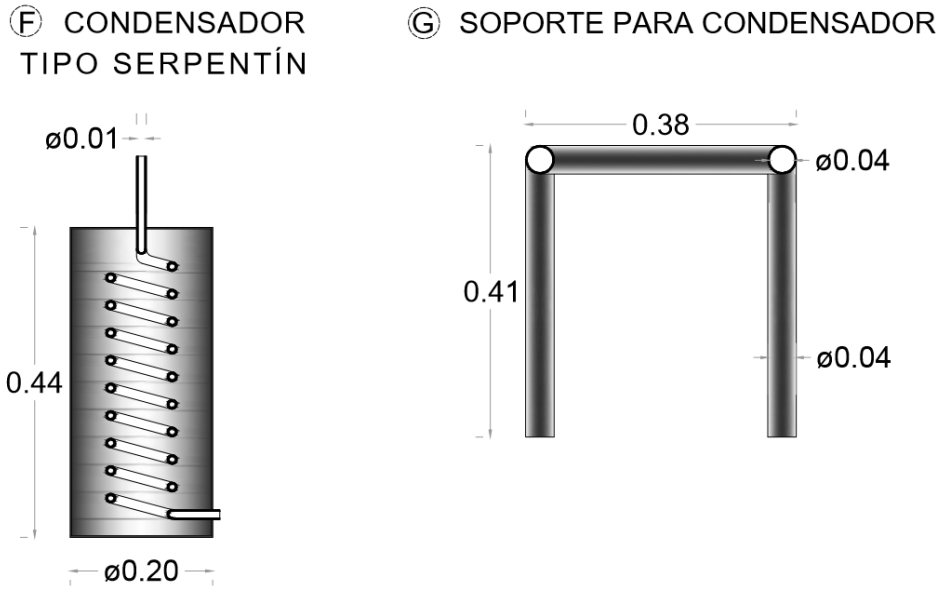


Figura 22. Dimensionamiento del serpentín; f) condensador tipo serpentín; g) soporte para condensador.
Fuente: EL autor
Elaboración: El autor

3.3.3 Separador de aceites esenciales.

Para el separador de aceite esenciales, el agua y el aceite son depositados en vasos florentinos o en embudos de separación, donde se logra la separación física por el principio de diferencia de densidades, debido a que ambas sustancias poseen diferentes densidades específicas.

3.3.4. Selección de accesorios.

Para los equipos auxiliares se consideraron: Selección de tubería, codos y uniones. Ver Figura 23 y 24.

- **Selección de tubería.**

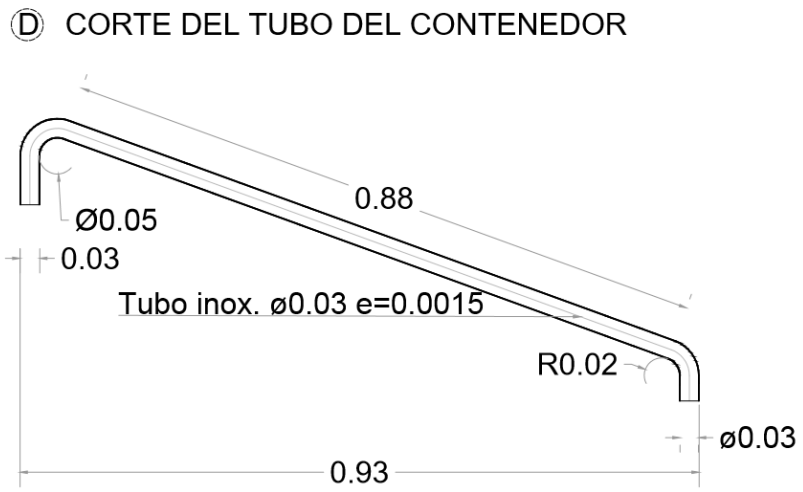


Figura 23. Selección de tubería.
Fuente: El autor
Elaboración: El autor

- **Selección de codos y uniones.**

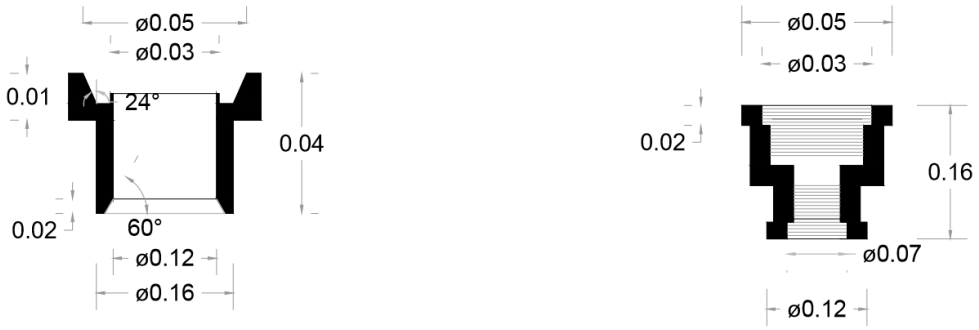


Figura 24. Selección de accesorios de codo y uniones.
Fuente: El autor
Elaboración: El autor

3.4 Zonificación y distribución de la planta.

Se dimensionó arquitectónicamente la planta (Ver figura 25) de forma rectangular con medidas de 16.5m x 9m (148,5 m^2) que comprende todos los espacios. Se recurrió a menudo al uso de paredes a media altura para separar algunas zonas, pero manteniendo una conexión visual entre espacios, se optó también por algunas puertas corredizas para ahorrar espacio en lugares estrechos y amplios ventanales para permitir el paso de luz y crear un ambiente más amigable. Esta ordenación, debe incluir, tanto los espacios necesarios para el movimiento de materiales o materia prima, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios. Se utilizó columnas de hormigón para la estructura excepto en el portal donde se propone columnas de madera con base de hormigón, la cobertura está hecha a base de ladrillo visto en su mayoría y cubierto con pintura especial donde lo requiera

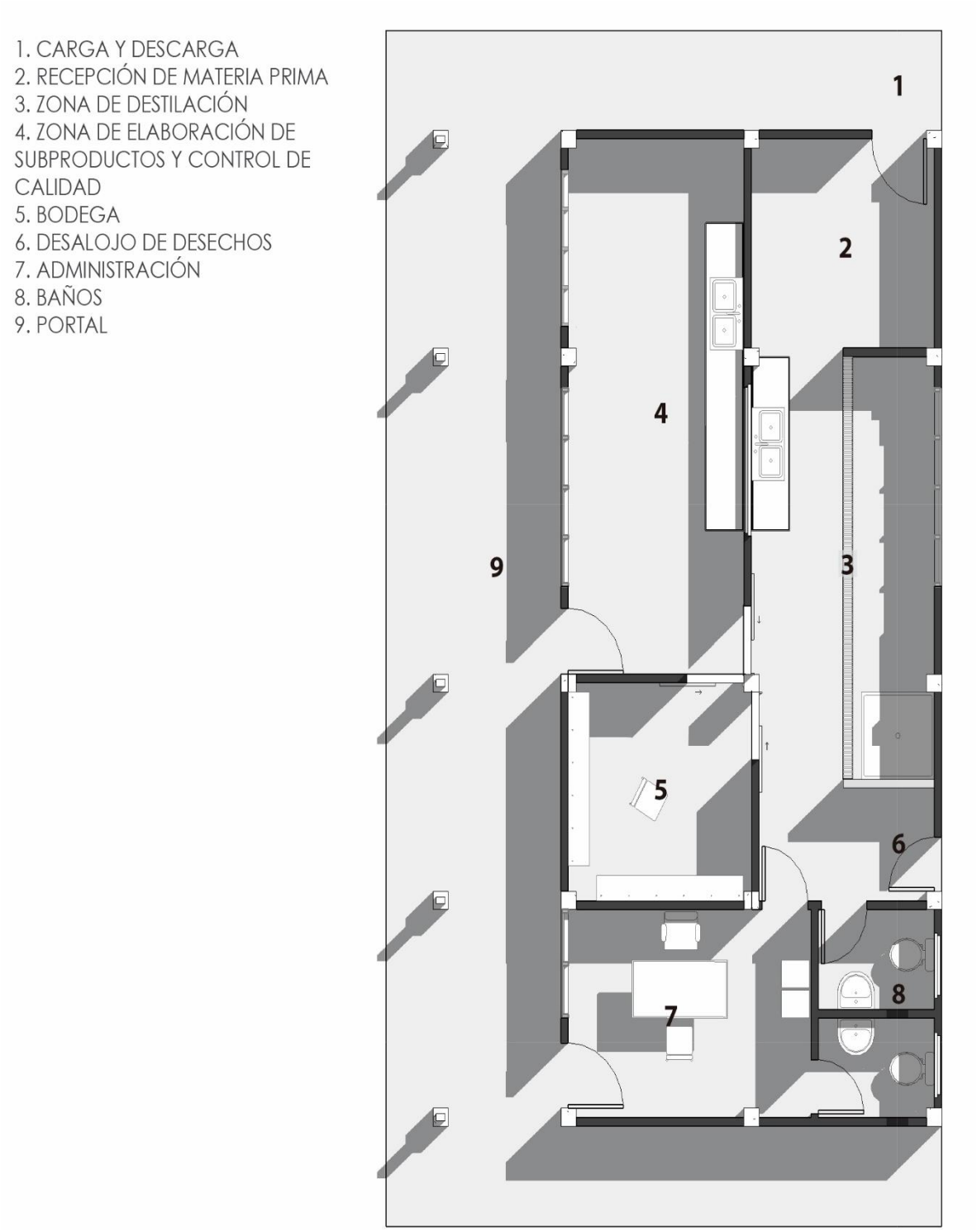


Figura 25. Zonificación de la planta de extracción del aceite esencial.
Fuente: El autor
Elaboración: El autor

El plano de la planta de extracción del aceite esencial de copal fue diseñado de tal forma que su distribución permitió una buena organización ya que existen distancias más cortas de desplazamiento.

En el plano acotado de la planta (Ver figura 26) se puede visualizar un área destinada para la carga y descarga de la materia vegetal (zona externa). Además, existe un área destinada para la recepción de la materia prima que consta de 9 m^2, la cual esta contigua a la zona de destilación que comprende 18 m^2, diseñada considerando el espacio adecuado para 4 destiladores.

Se tuvo una zona de elaboración de subproductos y control de calidad de 22,5 m^2, la misma que está perfectamente delimitada para evitar cualquier tipo de contaminación. Adicional, la planta contará con una oficina destinada para la parte administrativa (12 m^2), una bodega (9 m^2), área para el desalojo de desechos (4,5 m^2), baños y el portal (13 m^2). Dando un área total de 86 m^2 de la zona de cubierta. El detalle de cada área se presenta en la tabla 4.

Tabla 4. Tabla de detalle de áreas de la planta de extracción de aceite esencial de Copal.

AREA	UNIDAD	CANTIDAD
Área de Construcción Total	m2	150,00
Área de Construcción Interna de la Fábrica	m2	86,00
de Construcción Externa de la Fábrica	m2	64,00
- de Construcción Externa de la Fábrica cubierta	m2	43,00
- Área de Construcción Externa de la Fábrica sin cubierta	m2	21,00

Fuente: El autor
Elaboración: El autor

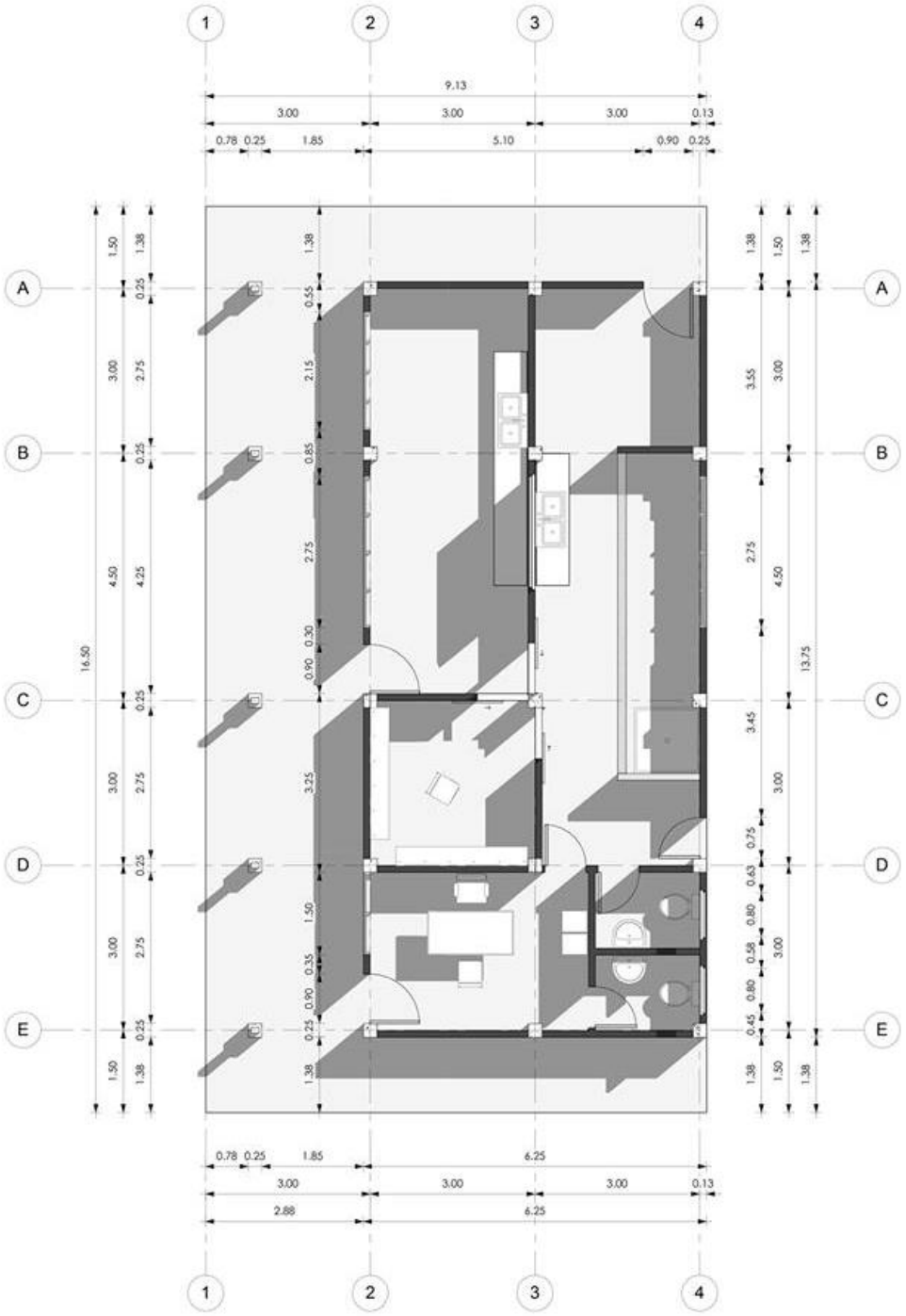


Figura 26. Plano acotado de la planta de extracción del aceite esencial.
Fuente: El autor
Elaboración: El autor

3.5 Especificaciones Técnicas y análisis Financiero

Para las especificaciones técnicas para la puesta en marcha se elaboró un manual de operaciones, donde se diseñó una guía que cumpla con los siguientes aspectos:

- Un manual de operación del equipo
- Un manual de procedimiento.

A continuación, se presentará un ejemplo de manual de operación del equipo y un manual de procedimiento, los desgloses de los mismos se mostrarán en el ANEXO 12 y 13.

MANEJO Y FUNCIONAMIENTO

1. Verificar que las mangueras de gas y agua estén conectadas correctamente.
2. Colocar aproximadamente 14 a 16 litros de agua en el tanque del destilador hasta la señal ubicada en la parte interna del mismo.
3. Colocar la placa perforada dentro del destilador.
4. Esparcir el material vegetal sobre la placa perforada.
5. Colocar el sello de agua en los bordes del destilador y tapar herméticamente el tanque de extracción.
6. Colocar las mangueras de entrada y salida de agua del condensador junto con el florentino.
7. Abrir la llave del gas y encienda la hornilla exponiendo el tanque a una fuente de calor.

UTPL UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA	**PROCEDIMIENTO** **RECEPCIÓN DE FRUTOS DE COPAL** **(*Dacryodes peruviana*)**	N.º: SPJJ-MP-DP-01 Rev.: 03 Fecha: 03-08-17 Pág.: 1/1

1. Objeto
Recepción de frutos de Copal

2. Alcance
Este procedimiento es aplicable al proceso de destilación de copal

3. Responsable
Persona encargada del turno de destilación de copal

4. Ejecutor
Personas encargadas de la recepción y almacenamiento de frutos de copal en la planta de producción

5. Materiales
5.1 Balanza
5.2 Bandejas
5.3 Armarios

6. Descripción
6.1 Se analiza las características externas de los frutos de copal como: grado de madurez (la semilla debe estar formada y dura), partes dañados y color.
6.2 Se pesa la cantidad de materia prima.
6.3 Si el producto no es procesado de inmediato y debe esperar más de 8 horas se coloca en gavetas de madera, que luego serán colocados en los armarios de madera hasta su posterior tratamiento.
6.4 Si las características del fruto no son las adecuadas, se detecta fruto en mal estado y/o que no es posible procesar, este producto debe ser separado y tratado como materia prima no aceptada.

7. Registro
Ficha técnica de control de recepción de Copal

Distribución: Personas que trabajan en proyecto copal (*Dacryodes peruviana)*	**Usuario:** Operarios	**Copia N°:**01
Elaborado: S.P.J.J.	**Revisado:** B.E.V.V.	**Aprobado:** M.A.M.C.

El análisis financiero para la operación de la planta de extracción se enfoca hacia la puesta en marcha de la planta de extracción y la operación de la misma. Lo mencionado anteriormente se detalla a continuación.

3.5.1. Elaboración del presupuesto para la puesta en marcha de la planta de extracción.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto y los rubros del análisis financiero de la parte constructiva de la planta, se tiene que el costo final de la construcción del inmueble será de 47412,97 USD, lo que significa que el costo por cada metro cuadrado de construcción es de 316,09 USD. Su costo se debe a un aprovechamiento importante de las diversas áreas y a los materiales utilizados.

En el costo del inmueble estan considerados seis grandes rubros que constituyen en su totalidad el análisis financiero de la parte constructiva de la planta, los mismos se exponen en la tabla 5, y el desglose de los mismos en el ANEXO 14.

Tabla 5. Análisis Financiero del costo de la parte constructiva de la planta de extracción de aceite esencial de Copal.

No.	DESCRIPCION RUBRO	UND.	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES	u	1,00	995,25	995,25
2	ALBAÑILERIA Y OBRA GRIS	u	1,00	22910,38	22910,38
3	ACABADOS	u	1,00	12347,19	12347,19
4	VARIOS	u	1,00	2280,00	2280,00
5	AGUA POTABLE, DESAGUES	u	1,00	4306,38	4306,38
6	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	u	1,00	4573,77	4573,77
				Subtotal Obra Civil	38532,82
				Subtotal Ingenierías	8880,15
				Total	**47412,97**

Fuente: El autor
Elaboración: El autor

3.5.1.1 Costos Directos e Indirectos

Para lograr tener costos acertados de producción y precios indicados de venta, los costos del producto final han sido contrastados en un análisis de costeo de productos dividido en costos directos e indirectos, los cuales se detallan en el ANEXO 15 y 16.

CONCLUSIONES

- El equipo de extracción diseñado para la obtención de aceites esenciales consta de un tanque de acero inoxidable con una capacidad de 100 litros, con una relación diámetro: altura de 1:1 a 1:1.5.
- Para refrigeración el equipo se complementa con un condensador tipo serpentin con una longitud de 3,14m con un tamaño de tubo nominal de ¼ de pulgada.
- El equipo estará aislado termicamente con lana de vidrio con un espesor de 3 cm, evitando perdidas de calor en el tanque de extraccion.
- Los requerimientos para obtener 1 Kg de aceite esencial fueron optimizados de tal forma que se requirió 29,55 kg de materia prima.
- Para el equipo diseñado de 100 L de capacidad, se tiene que realizar 3 destilaciones para obtener un 1 kg de aceite esencial de copal.
- La cantidad de agua requerida para el proceso de extracción fue de 14 litros en un tiempo de destilación de 100 minutos.
- Se obtuvo una planta arquitectónica de forma rectangular con medidas de 16.5m x 9m (148,5 m^2) que comprende 9 zonas necesarias dentro de la misma, de tal forma que su distribución permita una buena organización ya que existen distancias más cortas de desplazamiento.
- En las cadenas de valor de recolección y producción del aceite esencial, se apreció que el costo general de la materia prima oscila los 5,21 USD y que el costo final de producción del aceite esencial de Copal es de 261,64 USD
- Dentro del análisis financiero para la operación de la planta de extracción se tiene que el costo final de la construcción del inmueble será de 47212,97 USD, lo que significa que el costo por cada metro cuadrado de construcción es de 316,09 USD.

RECOMENDACIONES

- Los miembros de la asociación de la Comunidad Kim pueden hacer uso de este estudio para el aprovechamiento sustentable del aceite esencial de copal, con el fin de dar a conocer los beneficios del mismo.

- En este estudio se ha diseñado los equipos y la planta de extracción de aceite esencial no únicamente con el fin de extraer este principal producto de copal, sino que también se busca diversificar su producción con nuevos subproductos de aceite esencial, con el fin de ser comercializados en un futuro.

- Con el fin de obtener un ahorro energético y un proceso de extracción mayor productivo se recomienda un equipo totalmente aislado para que haya menor perdida de calor en el sistema.

- Para este estudio realizado, se puede acoplar si es necesario un sistema de recirculación de agua de refrigeración.

- Con la finalidad de obtener un aceite de iguales características, seguir los manuales de procedimiento para todos los lotes de materia prima, así obteniendo un aceite de mejor calidad.

BIBLIOGRAFIA.

1. Çengel, Y. A., *Transferencia de calor y masa*. Tercera ed.; Mexico, University of Nevada, Reno, 2004.
2. Bandoni, A., Los Recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica: ciencia y tecnología para el Desarrollo. **2002,** *2*, 142,143,190,191.
3. Cerpa, M.; Mato, R.; Cocero, M., Hidrodestilación de aceites esenciales. Modelado y caracterización. *AIChE Journal* **2007,** *54* (4), 909-917.
4. Kern, D. Q., *Procesos de transferencia de calor*. Primera ed.; México 2008; p 980.
5. Towler, G.; Sinnott, R. K., *Chemical engineering design: principles, practice and economics of plant and process design*. Fourth ed.; Elsevier: 2012; Vol. 6.
6. Cicció, J. F., A source of almost pure methyl chavicol: volatile oil from the aerial parts of Tagetes lucida (Asteraceae)cultivated in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* **2004,** *52*, 853-857.
7. Pino Alea, J. A., *Aceites esenciales: química, bioquímica, producción y usos*. Editorial Universitaria: Havana, CUBA, 2015.
8. (a) Cairo, M. A., 2009; (b) Cairo, M. Á., Aceite esencial a partir de la corteza del limón (Citrus Limonium). **2009**.
9. Muñoz, F., *Plantas medicinales y aromáticas: estudio, cultivo y procesado*. Mundi-Prensa Libros: 1996.
10. Bruneton, J.; Barton, D., *Elementos de Fitoquímica y de Farmacognosia*. Acribia: Zaragoza, Acribia1991.
11. Ramírez, L. S.; Hipólito Isaza, J.; Veloza, L. Á., Actividad antibacteriana de aceites esenciales de Lippia origanoides de diferentes orígenes de Colombia. Ciencia 17(4), 271-280, 2009. **2009**.
12. Sánchez Reyes, Y., *Desarrollo de un método para la determinación de aceites esenciales en bases especiadas secas*. D - Universidad de La Habana. Facultad de Farmacia y Alimentos: La Habana, CU, 2009.
13. Berger, R. G., *Flavours and fragrances: chemistry, bioprocessing and sustainability*. Springer Science & Business Media: 2007.
14. Palomarez Ardila, B.; Perdomo Acevedo, D., Extracción y evaluación de rendimientos de los aceites esenciales del árbol aniba perutilis hemsley (comino) mediante el método de arrastre con vapor. **2015**.
15. Rodriguez, J. M. O. d., Actividad antibacteriana del aceite esencial de mandarina. *TRABAJO ESPECIAL DE GRADO* **2003**.
16. Mora Moscoso, G. A. Diseño de una planta para la extracción del aceite esencial de palo santo (bursera graveolens) mediante destilación por arrastre de vapor. QUITO;2014, 2014.
17. Gonzalez, A., Desarrollo de métodos de extracción de aceite en la cadena de producción de biodiesel a partir de microalgas. *Universidad Industrial de Santander, Carrera 27 con calle 9, Bucaramanga, Colombia* **2009,** *7*, 60.
18. , B., **2002**.
19. Composición química del aceite esencial de Myrcianthes fragrans (Sw.) Mc Vaught de los Andes venezolanos. Revista de la Facultad de Farmacia Vol. 51 (1), 2008. **2009**.
20. Álvarez Cruz, N. S.; Bagué Serrano, A. J., *Tecnología farmacéutica*. ECU: Alicante, ES, 2013.

21. Carvajal, E. L. A. J. M. Diseño y construccion de una planta para la extraccion de aceites esenciales con capacidad de 300 kg de material vegetal. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2009.
22. Montenegro, R. G.; Arias, W. A. Diseño de una planta extractora de aceites esenciales por arrastre por vapor. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2007.
23. Marcilla, A.; Gómez-Siurana, A.; García Cortés, Á. N.; Cayuela Martínez, P., *Introducción a las operaciones de separación: cálculo por etapas de equilibrio*. Universidad de Alicante: 1998.
24. Andrango Chacón, C. M.; Castro Amán, D. I., *Estudio de recuperación de crudos pesados en el campo pungarayacu mediante inyección de vapor de agua utilizando tecnología actual*. B - Escuela Politécnica Nacional: Quito, EC, 2009.
25. Acta Botánica Mexicana. Año 2012, Número 100. **2012**.
26. FORESTAL, I.; VANEGAS, F. H., Protocolo para la reproducción de mangle rojo (Rhizophora mangle) en vivero.
27. (a) Diaz, **2003**; (b) Díaz P, W. A., Inventario preliminar de plantas útiles de bosques remanentes en Las Delicias y El Guamo,Serranía de Imataca, Estado Bolívar, Venezuela. Acta Botánica Venezuelica 30 (2): 327-344. 2007. **2003**.
28. Andrade, A. N. Determinación de las propiedades físicas, composición química, evaluación de la actividad biológica y antioxidante del aceite esencial del fruto Copal (Dacryodes peruviana) de la provincia de Zamora Chinchipe. . Pregrado, Universidad Tecnica Particular de Loja, Loja-Ecuador, 2016.
29. Kalkman, C., Revision of the Burseraceae of the Malaysian area in a wider sense. VI. Revision of the genus Garuga Roxburgh. *Blumea-Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants* **1953,** *7* (2), 459-472.
30. Alexiades, M. N.; Shanley, P., *Productos forestales, medios de subsistencia y conservacion: estudios de caso sobre sistemas de manejo de productos forestales no maderables. volumen 3–America Latina*. CIFOR, Bogor, Indonesia: 2004.
31. Piloto Ferrer, J.; Ramos Ruiz, A.; Vizoso Parra, Á.; García López, A., Evaluación del potencial genotóxico de un extracto fluido de incienso (artemisia Absinthium L.). *Revista Cubana de Plantas Medicinales* **2000,** *5* (2), 64-67.
32. León Coronel, Z. V. Descripción de los principales sistemas agroforestales Amazónicos del Ecuador y los servicios ecosistémicos que ofrecen. 2012.
33. Toso, R. E.; Steibel, P. E.; Troiani, H. O., Búsqueda sistematizada de plantas con actividad farmacológica utilizando el Banco de Extractos Vegetales de plantas nativas y naturalizadas de la provincia de La Pampa. Ciencia veterinaria, Vol. 8, 2006. **2006**.
34. Sandoval Aldana, A.; Rodríguez Sandoval, E.; Ayala Aponte, A., Encapsulación de aditivos para la industria de alimentos. **2009**.
35. Orizabal, M. C. L. *Extraccion y caracterizacion preliminar del aceite esencial del Protium Copal, a nivel laboratorio*. Universidad Regional Amazonica Ikiam, Ecuador, 1999.
36. González, F.; Mondragón, B. V., Planta de extracción de aceites esenciales. *Informador Técnico* **2017,** *71*, 25-29.
37. Valencia Delgado, E. Proyecto para instalar una planta extractora de aceite de palmiste. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingenieria Industrial, 2014.
38. Uribarri, J., Introducción a un análisis financiero: las herramientas y su utilización. **2004**.
39. Marí Vidal, S.; Mateos Ronco, A., *Análisis económico-financiero: supuestos prácticos*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia: Valencia, ES, 2013.
40. Játiva Cárdenas, N. C., Diseño de la distribución de la nueva planta en la Empresa Maldonado García Maga. **2012**.

41. Silva Portero, C. R., Estudio de factibilidad para la creación de empresas productoras de aceite esencial de maracuyá. **2007**.

ANEXOS

ANEXO I

VOLUMEN DEL TANQUE EXTRACTOR

Para hallar el volumen del tanque de extracción a dimensionarse se utilizó la ecuación presentada a continuación, para lo cual se realizó el siguiente cálculo:

$$V_{Tan}=V_{h20}+V_m+V_L$$

Donde:

$\boldsymbol{V_{Tan}}$**:** Volumen total del tanque extractor. [L]

$\boldsymbol{V_{h20}}$**:** Volumen que ocupa el agua dentro del tanque**.** [L]

$\boldsymbol{V_m}$**:** Volumen de la materia vegetal. [L]

$\boldsymbol{V_L}$**:** Volumen libre de espaciamiento en el tanque. [L]

Para los cálculos del volumen de la materia vegetal se hicieron con relación a la cantidad de carga que se va a procesar, aplicando la siguiente formula:

$$V_m=\frac{mp}{\rho h}$$

Donde:

$\boldsymbol{V_m}$**:** Volumen de la materia vegetal. [L]

$\boldsymbol{mp}$ **:** Cantidad de materia prima necesaria en el proceso de producción. [Kg]

$\boldsymbol{\rho h}$ **:** Densidad aparente de la variedad de plantas. [kg/m^3]

Aplicando la ecuación antes descrita, se toma en cuenta la densidad aparente de las hojas y la cantidad de materia prima a necesitar, remplazando nos queda:

$$V_m = \frac{29.55\ kg}{500\ \frac{kg}{m3}}$$

$$V_m = \ 0.0591\ m^3$$

$$V_m = \ 59.1\ L$$

Para el volumen del agua que está dentro del tanque de extracción, se ocupó un 25% del volumen del material a procesar, aplicando la siguiente relación.

$$V_{h20} = 0.25V_m$$

Para el volumen libre dentro del tanque de extracción, se consideró el 25% del volumen total del tanque, haciendo relación con la siguiente ecuación:

$$V_L = 0.25\ V_{Tan}$$

Por lo tanto, remplazando en la ecuación, se obtiene el volumen total de tanque de extracción:

$$V_{Tan}=V_{h20} + V_m + V_L$$

$$V_{Tan} = 0.25V_{tan} + \ V_m + 0.25\ V_{Tan}$$

$$V_{Tan} = 0.5\ V_{Tan} + V_m$$

$$V_{Tan}(1 - 0.5) = V_m$$

$$V_{Tan} = (\frac{V_m}{1 - 0.5})$$

$$V_{Tan} = 2V_m$$

ANEXO 2

CANTIDAD DE MATERIA PRIMA NECESESARIA PARA LA PRODUCCIÓN

La cantidad de material vegetal utilizada para la producción de un 1 Kg de aceite esencial se describe a continuación. En primer lugar, se calcula el volumen de AE, en función de la densidad.

$$\rho c = \frac{mab(Kg)}{Vn(m^3)}$$

Donde:

$\boldsymbol{mab}$**:** Cantidad de aceite esencial a obtener. [kg]

$\boldsymbol{\rho c}$**:** Densidad del aceite esencial de copal. [Kg/m^3]

$\boldsymbol{Vn}$: Volumen necesario para producir 1 kg de aceite esencial [m^3] ó [ml]

$$Vn = \frac{1\ Kg}{846\ \frac{Kg}{m^3}}$$

$$Vn = 0.001182 m^3 = 1182\ ml$$

A partir del volumen se calcula la cantidad de materia prima necesaria para producir 1kg de aceite esencial basados en el rendimiento:

$$Mp = \frac{Vn}{\eta}$$

Donde:

Mp: Materia prima necesaria en el proceso de producción. [g]

Vn*:* Volumen necesario para producir 1 kg de aceite esencial. [ml]

$\boldsymbol{\eta}$***:*** *Rendimiento* del aceite esencial de copal. [ml/g]

$$MP = \frac{1182.03\ ml}{0.04\ \ (\frac{ml}{g})}$$

$$MP = 29550.83\ g$$

$$MP = 29.55\ Kg$$

ANEXO 3

TIEMPO NECESARIO PARA LA PRODUCCIÓN DE 1 Kg DE ACEITE ESENCIAL

El equipo seleccionado para este estudio tiene una capacidad de carga de 10 kg de materia prima a procesar con un volumen de 400 ml de Ae (Copal) y con un tiempo de destilación por lotes de 100 minutos.

$$Tp = mAb\frac{Td}{mAe}$$

Donde:

Tp: Tiempo de destilado total necesario para la producción de 1kg de Ae. [min] ó [h]

Td: Tiempo de destilación por lote. [min]

$\boldsymbol{mab}$**:** Cantidad de aceite esencial a obtener. [g]

mAe*:* Cantidad de aceite esencial producido. [g]

$$Tp = 1000gr\ Ae\frac{100\ min}{400\ \ gr\ Ae}$$

Los 400 gr de Ae se hace en relación con la densidad del aceite esencial de copal, quedando de la siguiente manera:

$$m = \rho * v$$

$$m = 0.846\frac{g}{ml} * 400\ ml$$

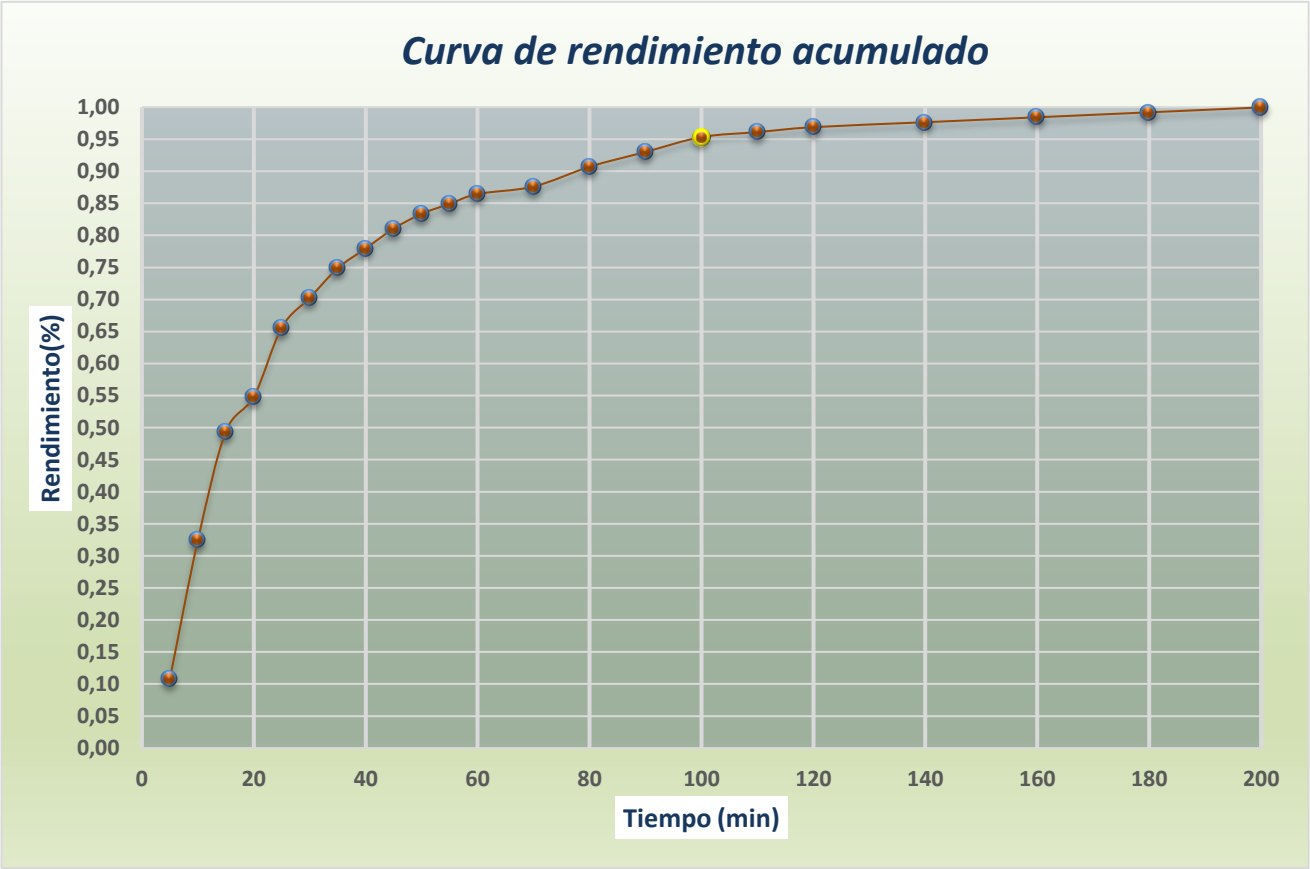
$$m = 344\ gr$$

$$Tp = 1000gr\ \frac{100\ min}{344\ gr}$$

$$Tp = 295\ min$$

ANEXO 4

CURVA DE RENDIMIENTO ACUMULADO



.

ANEXO 5

AGUA DE ENFRIAMIENTO NECESARIA PARA LA PRODUCCIÓN

La cantidad de agua requerida para el proceso de producción del aceite esencial se realizó con base a la siguiente ecuación:

$$An = Fc * Tp$$

Donde:

An: Cantidad de agua requerida para la producción de un 1kg de aceite esencial. [ml] ó [L]

Fc: Flujo del condensado. [ml/min]

Tp: Tiempo necesario total de destilado para la producción de 1kg de Ae. [min]

$$An = 45\ (\frac{ml}{min})\ * 295\ min$$

$$An = 13275\ ml * \frac{1L}{1000\ ml}$$

$$An = 14\ L$$

El agua presenta la tuene la propiedad de densidad que es de 1 Kg/m^3, por lo que se puede transformar con facilidad a unidades de masa (Kg), entonces el agua que se va a utilizar para la obtención de 1 Kg de aceite esencial queda en unidades de kilogramo.

$$An = 14\ Kg$$

ANEXO 6

CALOR NECESARIO DE CALENTAMIENTO

El calor necesario para que el agua empiece a calentar para el proceso de extracción se presenta a continuación en base a la siguiente formula:

$$Qc = Cpa * \boldsymbol{\Delta} T$$

Donde:

Qc : Calor necesario para que el agua empiece a calentar. [KJ/kg]

Cpa: Capacidad calorífica del agua. [kJ/(Kg) (K)]

ΔT: Variación de temperatura. [K]

Remplazando los datos:

$$Qc = 4.18 \frac{Kj}{kg°K}(93 - 23)°K$$

$$Qc = 292.6 \frac{Kj}{kg}$$

ANEXO 7

CALOR DE VAPORIZACIÓN

El calor necesario para la vaporación se asume que es el cambio de fase, cuando esta fase pasa de un estado líquido a vapor, para lo cual se tomó en cuenta la siguiente formula:

$$Qe = \lambda$$

Donde:

λ: Calor latente de vaporización. [KJ/Kg]

Remplazando los valores correspondientes en la ecuación anterior, quedaría de la siguiente manera:

$$Qe = 2076 \frac{kJ}{kg}$$

$$Qe = 2076 \frac{kJ}{kg}$$

ANEXO 8

CALOR TOTAL

Para el calor total se sumarán los dos calores Qc (calentamiento) y Qe (vaporación), y se despreciara el calor perdido, debido a que el equipo va a estar aislado térmicamente, sin embargo, se considera el agua empleada durante el proceso, empleando la siguiente ecuación:

$$Qt = (Qc + Qe) * An$$

Donde:

Qt: Calor total. [KJ]

Qc: Calor necesario para que el agua empiece a calentar. [KJ/kg]

Qe: Calor necesario para evaporar. [KJ/kg]

An: Cantidad de agua requerida para la producción de un 1kg de aceite esencial. [kg]

Con el fin de hallar el calor total necesario, se remplazaron los datos ya conocidos, aplicando los siguientes cálculos:

$$Qt = (292.6\frac{KJ}{kg} + 2076\frac{kJ}{kg}) * 14\ kg$$

$$Qt = 33189.66\ KJ$$

ANEXO 9

CANTIDAD DE COMBUSTIBLE NECESARIO PARA LA PRODUCCIÓN.

Para calcular la cantidad de combustible en la producción, se utilizó la siguiente relación:

$$VC = \frac{Qt}{Cc}$$

Donde:

VC: Cantidad de combustible necesario para la producción. [kg]

Qt: Calor total requerido en el tanque extractor. [KJ]

Cc: Poder Calorífico de Gas Licuado de Petróleo. [KJ/Kg]

El combustible utilizado para el proceso de extracción fue el gas licuado de petróleo, el cual se remplazó en la ecuación AII.1.

$$VC = \frac{33189.66\ KJ}{49180\ \frac{KJ}{kg}}$$

$$VC = 0.67\ kg$$

ANEXO 10

ESPESOR DE AISLAMIENTO TÉRMICO

Para determinar el espesor de aislamiento y así evitar pérdidas de calor en el sistema se consideró una red de resistencias, las resistencias térmicas de las capas se obtendrán según la ecuación siguiente:

$$R_{total} = \frac{esp}{K} \qquad \text{Ec.11}$$

Donde:

R $_{Total}$: Resistencia total. [(m^2) (K)/(w)]

esp: Espesor del aislante térmico. [m]

K: Conductividad térmica del aislante térmico. [(W/(m)(k)]

Para la resistencia total se consideró una red de resistencia térmicas correspondientes a las capas, las mismas que vendrán dadas por (R_1), (R_{acero}) , (R_{aire}) , (R_2), las cuales se presentan a continuación:

$$Rconv1 = \frac{1}{h1As}$$

Donde:

$\boldsymbol{Rconv1}$=Resistencia a la convección interior. [°C/W]

$\boldsymbol{h1}$**=** coeficiente de convección interior. [W/(m^2) (°C)]

$\boldsymbol{As}$**=**Área de pared. [m^2]

Para el coeficiente de convección interior (h_1) a utilizar viene dado por la siguiente ecuación:

$$h_1 = 1.25\sqrt[4]{\frac{\Delta t}{D}} \qquad \text{Ec.12}$$

Donde:

***hconv*:** Coeficiente de convección interior. [W/(m^2) (k)]

$\Delta \boldsymbol{t}$**:** Variación de temperatura. [°C]

***D*:** Espesor del acero. [mm]

$$h_{conv} = 1.25\sqrt[4]{\frac{(93-23)}{0.002}}$$

$$h_{conv} = 8.38\frac{W}{m^2 * °C}$$

Una vez obtenido el coeficiente de convección interno se remplaza en la ecuación de resistencia de convección 1, quedando de la siguiente manera:

$$R_{conv1} = \frac{1}{8.38\frac{W}{m^2 * °C}1.01\ m^2}$$

$$R_{conv1} = 0.118\ \frac{°C}{W}$$

Para la resistencia que presentó el acero, se consideró la longitud de pared que fue de 0,7 m, haciendo relación con la siguiente ecuación:

$$R_{acero} = \frac{L}{kAs}$$

Donde:

$\boldsymbol{Rconv}$=Resistencia que presenta el acero. [°C/W]

$\boldsymbol{L}$= Longitud de pared. [m]

$\boldsymbol{k}$= Conductividad térmica del acero. [W/(m) (°C)]

$\boldsymbol{As}$=Área de pared. [m^2]

Remplazando los datos en la ecuación:

$$R_{acero} = \frac{0.7\ m}{1900\ \frac{W}{m°C}\ 1.01m^2}$$

$$R_{acero} = 0.0003\ \frac{°C}{W}$$

La resistencia que presentó el aire, se consideró un espacio de aire de 10 mm de ancho, aplicando la siguiente ecuación:

$$R_{aire} = \frac{L}{k2As}$$

Donde:

$\boldsymbol{Rconv}$=Resistencia que presenta el aire. [°C/W]

$\boldsymbol{L}$= Espacio libre de aire. [m]

$\boldsymbol{k}$= Conductividad térmica del aire. [W/(m) (°C)]

$\boldsymbol{As}$=Área de pared. [m^2]

$$R_{aire} = \frac{0.01\ m}{0.026\ \frac{W}{m°C}\ 1.01m^2}$$

$$R_{aire} = 0.38 \frac{°C}{W}$$

Para la resistencia de convección exterior se hizo relación con la siguiente ecuación, considerando un coeficiente exterior de 10$\frac{W}{m^2 * °C}$:

$$Rconv2 = \frac{1}{h2As}$$

Donde:

$\boldsymbol{Rconv2}$**=**Resistencia a la convección exterior. [°C/W]

$\boldsymbol{h2}$**=** coeficiente de convección exterior. [W/(m^2) (°C)]

$\boldsymbol{As}$**=**Área de pared. [m^2]

Remplazando:

$$R_{conv2} = \frac{1}{10 \frac{W}{m^2 * °C} 1.01\ m^2}$$

$$R_{conv2} = 0.09\ \frac{°C}{W}$$

La resistencia total vendrá dada por la suma de todas las resistencias térmicas, aplicando la siguiente ecuación:

$$Rtotal = Rconv1 + Racero + Raire + Rconv2$$

$$Rtotal = 0.118\ \frac{°C}{W} + 0.0003\ \frac{°C}{W} + 0.38 \frac{°C}{W} + 0.09\ \frac{°C}{W}$$

Una vez obtenido la resistencia total, se remplaza en la ecuación

$$Rtotal = 0.59\frac{°C}{W}$$

$$R_{total} = \frac{esp}{K}$$

$$Esp = R_{total} * K$$

$$Esp = 0.59\frac{°C}{W} * 0.050\frac{W}{m\,°C}$$

$$Esp = 0.030\ m$$

$$Esp = 3cm$$

ANEXO 11

DISEÑO DEL CONDENSADOR

Para el diseño del condensador se realizó un balance de energía, considerando los flujos del sistema durante la extracción. Para esto es necesario determinar los datos conocidos durante el proceso.

Tabla 6. Datos para el intercambiador de calor

Fluido Frio (Agua)		Fluido caliente (Vapor)	
t1	73 ºF	T1	199ºF
t2	104 ºF	T2	109.4ºf
tp	88.7 ºF	Tp	154.4ºF
cp2	1 Btu/(Lb)(ºF)	Cp1	0.99 Btu/(Lb)(ºF)
w	42.21 Lb/h	W	5.97 lb/h
u	1.83 lb/(h)(ft)	u	0.99 lb/(h)(ft)
k	0.36 Btu /(h)(ft^2) (°F) /(Ft)	k	0.45 Btu /(h)(ft^2) (°F) /(Ft)

Fuente: Kern [4]
Elaboración: El autor

Este proceso se lleva a cabo en un intercambiador de calor que se diseña de acuerdo con el área requerida para extraer cierta cantidad de calor proveniente del tanque extractor. Aplicando la siguiente ecuación:

$$Q = A * U * LTMD$$

Donde:

Q: Cantidad de calor liberado por la mezcla de vapores agua-aceite durante la condensación y enfriamiento. [Btu/h]

A: Área de transferencia de calor, equivalente a la superficie externa total. [m^2]

U: Coeficiente global de transferencia de calor. [Btu/(h) (°F) (Ft^2)]

LTMD: Diferencia media logarítmica entre las temperaturas de entrada y salida. [°F]

Despejando la ecuación anterior, quedaría de la siguiente manera;

$$A = \frac{Q}{U * LTMD}$$

Para hallar el calor del proceso se realiza un balance de energía, aplicando la siguiente formula:

$$Q_{cedido} = Q_{ganado}$$

$$Q = \lambda(W) + WCp1(T_1 - T_2) = wcp2(t_1 - t_2)$$

Donde:

Q: Calor total del proceso. [Btu/h]
W: Flujo másico del fluido caliente. [Lb/h]
Cp1: Calor especifico del vapor. [Btu/(lb)°F]
T1: Temperatura caliente de entrada. [°F]
T2: Temperatura caliente de salida. [°F]
w: Flujo másico del fluido frio. [Lb/h]
Cp2: Calor especifico del agua. [Btu/(lb)°F]
t1: Temperatura fría de entrada. [°F]
t2: Temperatura fría de salida. [°F]

Realizando el balance de energía:

$$894.99\ \frac{Btu}{lb}\left(5.97\frac{lb}{h}\right) + \left(5.97\frac{lb}{h}\right)\left(0.99\frac{Btu}{lb\ ºF}\right)(199 - 109)°F = w\left(1\frac{Btu}{lb\ ºF}\right)(104 - 73.4)°F$$

$$w = \frac{(5.97)\left(0.99\frac{Btu}{lb\ ºF}\right)(199-109)ºF) + 894.99\ \frac{Btu}{lb}\left(5.97\frac{lb}{h}\right)}{\left(1\frac{Btu}{lb\ ºF}\right)(104-73.4)°F}$$

$$w = 191.1\frac{Lb}{h}$$

Para los diámetros óptimos del intercambiador de calor se hicieron con relación a la cantidad de flujo que va a pasar por el lado de los tubos tanto para el agua como para el vapor, aplicando la siguiente relación:

$$dopt = 260\ G^{0,52}\rho^{-0,37}$$

Donde:

Dopt: Diámetro óptimo. [cm]

$\boldsymbol{G}$ **:** Velocidad del flujo. [kg/s]

$\boldsymbol{\rho}$: Densidad del fluido. [kg/m^3]

Conocidos los flujos de vapor y de agua, se calculó el diámetro óptimo de tubería por donde pasara los flujos.

$$dopt = 260\ G^{0,52}\rho^{-0,37}$$

$$dopt = 260 * 0.00075\ kg/s^{0,52}997.63\ kg/m^{3^{-0,37}}$$

$$dopt = 0.5\ mm$$

$$dopt = 0.05\ cm$$

Para el fluido frio que pasara por el tubo externo, se calcula en base al flujo que pasara por el mismo.

$$dopt = 360\ G^{0,52}\mu^{0,03}\rho^{-0,37}$$

$$dopt = 360 * 0.024\ kg/s^{0,52} * 0.088^{0,03}\ 997.63\ kg/m^{3^{-0,37}}$$

$$dopt = 3.81\ mm$$

$$dopt = 0.381\ cm$$

Para el área del tubo interno del fluido caliente (vapor) se realiza en base a la siguiente ecuación:

$$\mathrm{ap} = \frac{\pi \mathrm{Di}^2}{4}$$

Donde:

ap: Área del tubo interno. [Ft^2]

Di: Diámetro optimo interno. [Ft]

Remplazando:

$$Ap\ = \frac{\pi(0.0016)^2}{4}$$

$$\mathrm{ap} = 2.009\mathrm{x}10^{-06}\mathrm{ft}^2$$

Para la velocidad masa se consideró el flujo másico del fluido caliente, aplicando la siguiente operación:

$$\mathrm{Gp} = \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{ap}}$$

Donde:

Gp: Velocidad de masa del fluido. [Lb/(h)(Ft^2)]

w: flujo másico del fluido caliente. [Lb/h]

a: Área externa del tubo. [Ft^2]

$$Gp = \frac{5{,}97\,\frac{\mathrm{lb}}{\mathrm{h}}}{2.009\mathrm{x}10^{-06}\mathrm{ft}^2}$$

$$\mathrm{Gp} = 2970740.45\,\frac{\mathrm{lb}}{\mathrm{hft}^2}$$

Para hallar el número de Reynolds, se consideró la viscosidad del fluido que va a pasar el tubo interno.

$$\mathrm{Re_p} = \frac{\mathrm{D_i Gp}}{\mu} = \frac{(0.0016\mathrm{ft})\left(2970740.45\,\frac{\mathrm{lb}}{\mathrm{hft}^2}\right)}{0.99\,\frac{\mathrm{lb}}{\mathrm{hft}}}$$

$$\mathrm{Re_p} = 4801.19$$

Para encontrar el Factor de transferencia de calor (JH), se utilizó la figura (28), el mismo que dio un valor de 14 para el fluido caliente.

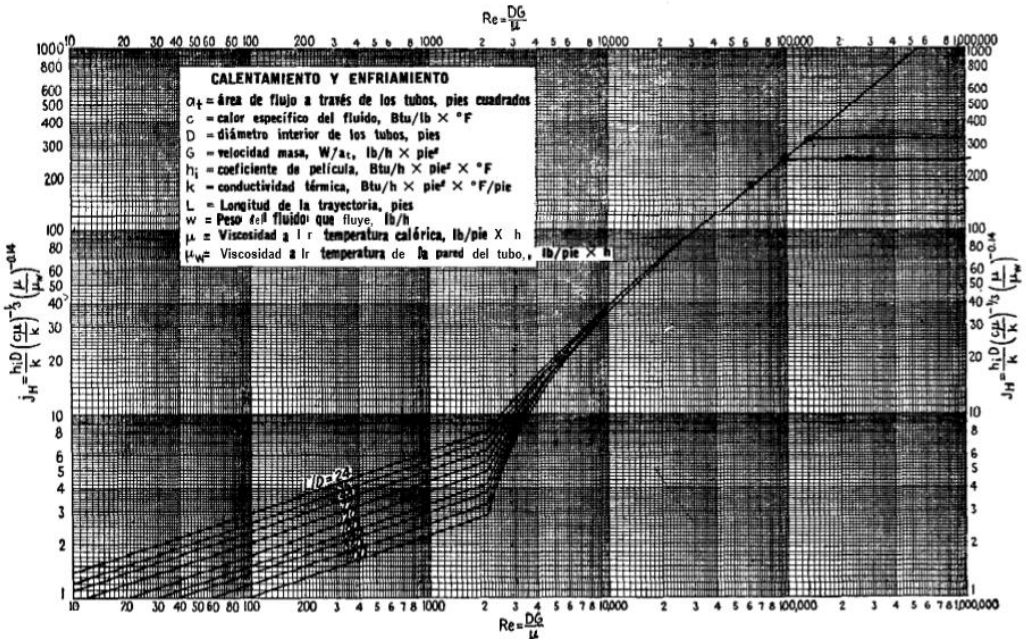


Figura 27. Curva de transferencia de calor lado de tubos.
Fuente:Kern [4]
Elaboración: El autor

El coeficiente de transferencia de calor (hi) para el tubo interno por donde pasara el fluido caliente, se calcula mediante la siguiente ecuación, considerando que el fluido no es viscoso por lo que se tomó un valor de 1.

K a 154.4°F

$$K = 0.36 \frac{\text{Btu}}{\text{hft}^2 \frac{\text{ºF}}{\text{ft}}}$$

$$\text{hi} = \text{Jh} * \left(\frac{\text{K}}{\text{D}}\right)\left(\frac{\text{c} * \mu}{\text{K}}\right)^{\frac{1}{3}}\left(\frac{\mu}{\mu\text{w}}\right)^{0.14}$$

$$hi = 14 * \left(\frac{0.36 \frac{Btu}{hft^2 \frac{ºF}{ft}}}{0.0016ft} \right) * \left(\frac{0.99 \frac{Btu}{lb\ ºF} * 0.99 \frac{lb}{hft}}{0.36 \frac{Btu}{hft^2 \frac{ºF}{ft}}} \right)^{\frac{1}{3}} * (1)$$

$$hi = 2858.62 \frac{Btu}{hºFft^2}$$

Sin embargo, para el diámetro externo donde pasa el fluido frio (agua), se va a considerar el diámetro equivalente para el área externa.

$$a = \frac{\pi({D_2}^2 - {D_1}^2)}{4}$$

Donde:

a: Área del tubo externo. [Ft^2]

D1: Diámetro interno del tubo externo. [Ft]

D2: Diámetro externo del tubo externo. [Ft]

De: Diámetro equivalente del tubo externo. [Ft]

Remplazando los valores:

$$a = \frac{\pi(0.02016t)^2 - (0.0077ft)^2}{4}$$

$$a = 0.0003043\ ft^2$$

$$De = \frac{({D_2}^2 - {D_1}^2)}{D_1}$$

$$De = 0.045\ ft$$

Para la velocidad de masa para el fluido frio, se considera el flujo másico del mismo, aplicando la siguiente relación:

$$Ga = \frac{w}{a}$$

Donde:

Gp: Velocidad de masa del fluido. [Lb/(h)(Ft^2)]

w: flujo másico del fluido frio. [Lb/h]

a: Área externa del tubo. [Ft^2]

$$Ga = \frac{191.99\ \frac{lb}{h}}{0.0003043\ ft^2}$$

$$Ga = 630939.791\frac{lb}{hft^2}$$

El cálculo del número adimensional de Reynolds se basó en la viscosidad del fluido frio y el diámetro equivalente, así aplicando la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{D_e Ga}{\mu}$$

Donde:

Re: Numero de Reynolds.

De: Diámetro equivalente para el tubo externo. [Ft]

Ga: Velocidad de masa de los diferentes fluidos. [Lb/(h)(Ft$^{2)}$]

μ: Viscosidad de los fluidos. [Lb/(h)(Ft)]

Remplazando los datos en la ecuación:

$$\mathrm{Re_a} = \frac{(0.045\mathrm{ft})(630939.791\,\frac{\mathrm{lb}}{\mathrm{hft^2}})}{1.83\,\frac{\mathrm{lb}}{\mathrm{hft}}}$$

$$\mathrm{Re_a} = 15597.65$$

De la Figura 28, se calcula JH (Factor de transferencia de calor), partiendo del número de Reynolds, el cual nos ayudara para calcular el coeficiente de transferencia de calor por el tubo externo.

JH: 130

Conocido el factor de transferencia de calor, se calcula(ho) para el tubo externo, aplicando la siguiente ecuación:

K a 88.7ºF

$$\mathrm{K} = 0.45\,\frac{\mathrm{Btu}}{\mathrm{hft^2}\,\frac{\mathrm{ºF}}{\mathrm{ft}}}$$

$$\mathrm{ho} = \mathrm{Jh} * \left(\frac{\mathrm{K}}{\mathrm{De}}\right)\left(\frac{\mathrm{c} * \mu}{\mathrm{K}}\right)^{\frac{1}{3}}\left(\frac{\mu}{\mu\mathrm{w}}\right)^{0.14}$$

Donde:

ho: Coeficiente de transferencia de calor en general, para fluido exterior. [Btu/(h)(Ft^2) °F].

$$\mathbf{ho} = 14 * \left(\frac{0.45\,\frac{\mathrm{Btu}}{\mathrm{hft^2}\,\frac{\mathrm{ºF}}{\mathrm{ft}}}}{0.045\ \mathrm{ft}}\right) * \left(\frac{1\,\frac{\mathrm{Btu}}{\mathrm{lb\ ºF}} * 1.83\,\frac{\mathrm{lb}}{\mathrm{hft}}}{0.45\,\frac{\mathrm{Btu}}{\mathrm{hft^2}\,\frac{\mathrm{ºF}}{\mathrm{ft}}}}\right)^{\frac{1}{3}} * (1)$$

$$\mathrm{ho} = 1752.87 \frac{\mathrm{Btu}}{\mathrm{h^{o}Fft^{2}}}$$

Corrigiendo hio

$$\mathbf{hio} = \mathrm{hi\ x} \frac{\mathrm{DI}}{\mathrm{DE}}$$

$$\mathrm{hio} = \left(2858.62 \frac{\mathrm{Btu}}{\mathrm{h^{o}Fft^{2}}}\right) \mathrm{x} \left(\frac{0.0192\mathrm{plg}}{0.09216\mathrm{plg}}\right)$$

$$\mathrm{hio} = 595.55 \frac{\mathrm{Btu}}{\mathrm{h^{o}Fft^{2}}}$$

Una vez obtenido los coeficientes de calor interno y externo, se calcula el coeficiente global te transferencia de calor, obtenido de la siguiente fórmula:

$$\mathbf{U} = \frac{\mathrm{hio} * \mathrm{ho}}{\mathrm{hio} + \mathrm{ho}}$$

Donde:

U: Coeficiente global de transferencia de calor. [Btu/(h)(°F) (Ft^2)]

hio: Valor de hi cuando está referido al diámetro exterior del tubo. [Btu/(h)(Ft^2) (°F)]

ho: Coeficientes de transferencia de calor en general, para fluido interior y fluido exterior, respectivamente. [Btu/(h)(Ft^2) (°F)].

Remplazando los coeficientes de transferencia de calor:

$$U = \frac{\left(595.55\,\frac{\text{Btu}}{\text{hºFft}^2}\right) * \left(1752.82\,\frac{\text{Btu}}{\text{hºFft}^2}\right)}{\left(595.55\,\frac{\text{Btu}}{\text{hºFft}^2}\right) + \left(1752.82\,\frac{\text{Btu}}{\text{hºFft}^2}\right)}$$

$$U = 444.52\,\frac{\text{Btu}}{\text{hºFft}^2}$$

Para la diferencia de temperatura media logarítmica, se aplica la siguiente la fórmula:

$$\Delta Tlm = \frac{(Tce - Tfs) - (Tfe - Tcs)}{ln(\frac{Tce - Tfs}{Tfe - Tcs})}$$

Donde:

$\boldsymbol{\Delta Tlm}$: Diferencia de temperatura media logarítmica. [°C]

$\boldsymbol{Tce}$:Temperatura caliente de entrada. °C

$\boldsymbol{Tfs}$: Temperatura caliente de salida. °C

$\boldsymbol{Tfe}$: Temperatura fría de entrada. °C

$\boldsymbol{Tcs}$: Temperatura fría de salida. °C

Remplazando:

$$\Delta Tlm = \frac{(93 - 40) - (23 - 43)}{ln(\frac{93 - 40}{23 - 43})}$$

$$\Delta Tlm = 63\ °C$$

$$\Delta Tlm = 145.4°F$$

Obtenido el coeficiente global de transferencia de calor interno y externo, se remplaza en la ecuación:

$$Q = A * U * LTMD$$

$$A = \frac{Q}{U * LTMD}$$

$$A = \frac{5875.01 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}}{\left(444.528 \frac{Btu}{h°F\text{ft}^2}\right) * (145.4\ ºF)}$$

$$\text{A} = 0.091\ \text{ft}^2$$

$$\text{A} = \ 0.008\ m^2$$

Para la longitud de los tubos internos se aplica la siguiente ecuación:

$$L = \frac{A}{De * \pi}$$

$$L = \frac{0.005\ m^2}{0.0024\ m * \pi}$$

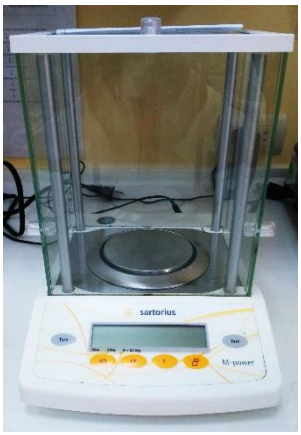
$$L = 1.13\ m$$

Para un área de 0,008 m^2 se necesita una longitud de tubos de 1.13 m

ANEXO 12

MANUAL TÉCNICO DE OPERACIÓN DE EQUIPOS

UTPL UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA	**MANUAL TECNICO DE OPERACIÓN DE EQUIPOS (BALANZA ANALITICA)**	N.º: SPJJ-MP-DP-01 Rev.: 03 Fecha: 03-08-17 Pág.: 1/1



MANEJO Y FUNCIONAMIENTO

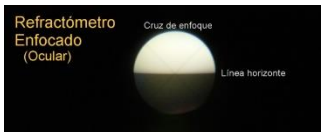
1. Asegúrese que el equipo esté conectado a una fuente de energía de 230 y 115V (de preferencia a 110V).
2. Verificar que la balanza este nivelada cada vez que se cambie de lugar de instalación caso contrario se la nivelará con ambas patas de regulación delantera.
3. Encienda y apague la balanza pulsando el botón
4. Deje estabilizar hasta que la pantalla muestre 0,000000 g.
5. Coloque el recipiente vacío y tare, presionando la tecla TARE.
6. Cierre el blindaje de la balanza y pese (para resultados exactos deje la balanza encendida por 30 minutos luego de encenderla).

MANEJO Y FUNCIONAMIENTO

1. Conectar a una fuente de energía de 110V.
2. Encienda la balanza presionando en la parte inferior el botón ON.
3. Deje estabilizar hasta que muestre la pantalla 0,0000 Kg (se puede realizar el cambio de unidades de peso)
4. Coloque un recipiente vacío y tare, seguidamente realizar la pesada.
5. Apague la balanza presionando el botón OFF en la parte inferior de la balanza.

MANEJO Y FUNCIONAMIENTO

1. Conectar a una fuente de energía de 110V.
2. Encienda y apague el equipo con la tecla POWER, seguido se activará la lámpara junto con la pantalla de inicio.
3. Si la muestra es líquida tomar con una pipeta o gotero una o dos gotas y colocarlo en el prisma , cierre y coloque la lámpara.
4. Si la muestra es sólida debe tener una superficie lisa y pulida, colocar una o dos gotas de bromuro de naftaleno en el prisma y dejar reaccionar, cerrar los prismas.
5. Ajuste con la rueda de mano la “línea horizonte” en el centro de la cruz de enfoque, observando a través del ocular la siguiente figura.



6. Para leer presionar el botón READ.

MANEJO Y FUNCIONAMIENTO

1. Conectar el interruptor a una fuente de energía de 110 V.
2. Antes de encender el equipo, llenar el tanque del baño con agua destilada hasta la señal del mismo.
3. Encienda el equipo con la tecla **ON**.
4. Se visualizará en la pantalla digital (LED) por unos segundos, un valor máximo de 4 dígitos de la temperatura (3 integrales y un decimal).
5. Presione el botón **SET** para seleccionar la posición de cada dígito.
   El dígito seleccionado parpadeará y se modificará el valor de cada dígito al pulsar las teclas y de acuerdo a la temperatura requerida.
6. Una vez seleccionada la temperatura, se presiona el botón **ADJ** para confirmar la temperatura a la que se trabajará; por defecto el equipo regresara a la temperatura inicial hasta alcanzar el valor programado.
7. Apague el equipo con la tecla OFF.

MANEJO Y FUNCIONAMIENTO

1. Conecte el refrigerador a una fuente de corriente de 110V.
2. Ajuste el controlador de temperatura del congelador y del refrigerador en la posición máxima (en caso de encender el refrigerador).
3. Ajuste la perilla del controlador de temperatura del congelador y refrigerador de acuerdo con el uso que se le dé al equipo tomando en consideración que se puede regular en mínimo, medio y máximo.
4. Coloque el material que desea conservar ya sea en los compartimentos del congelador (To máxima -18oC) o del frío"chiller" (To: 2oC más baja que el resto del compartimento refrigerador).
5. Si por alguna razón se desconecta bruscamente el refrigerador esperar 10 minutos para volverlo a prenderlo nuevamente.

MANEJO Y FUNCIONAMIENTO

1. Conectar el equipo a una fuente de energía de 220 V.
2. Encender el equipo presionando el interruptor.
3. Se visualizara en la pantalla de inicio las siguientes funciones: “Mode”, “Parameter”, “ Date”, “Data”, “Help”, “About”.
4. Seleccionar la función “Mode” y escoger la opción con la que se desee trabajar, en este caso seleccionar “Specific Optical Rotation” ; presione “Confirm”.
5. Ingresar a “Parameter”.
6. Configurar “Measumerent Time”(número de veces a leer la muestra), SampleNo (digitar el número de muestra), Tube Length (longitud del tubo en mm), Concentration (digitar la concentración en g/100mL).
7. Seleccione “Back”
8. Finalmente seleccione “Re-measure” para proceder a la lectura de la muestra.
9. Si desea visualizar los valores de mediciones anteriores, escoja la opción “Data”.
10. Apague el equipo presionando el interruptor

MANEJO Y FUNCIONAMIENTO

1. Para encender la lámpara, conectar el interruptor a la fuente de energía de 110 V.
2. Colocar las muestras en el plato de la lámpara y tápelas correctamente
3. Regular la temperatura de acuerdo con las muestras, en el caso de materia vegetal la temperatura adecuada es de 35°C. La temperatura máxima de la lámpara es de 150°C.
4. Regular el tiempo al cual la muestra se expondrá a la fuente de calor (lámpara).
5. Al momento de apagar desconecte el interruptor.

ANEXO 13

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

UTPL UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA	**PROCEDIMIENTO** **MATERIA PRIMA NO ACEPTADA**	N.º: SPJJ-MP-DP-01 Rev.: 03 Fecha: 03-08-17 Pág.: 1/1

1. Objeto
Disposición de la materia prima no aceptada.

2. Alcance
Este procedimiento es aplicable al proceso de disposición de la materia prima no Aceptada.

3. Responsable
Persona encargada del turno de destilación de copal.

4. Ejecutor
Personas encargadas de la disposición de la materia prima no aceptada.

5. Materiales
5.1 Recipientes plásticos.

6. Descripción
6.1 Se pesa la cantidad de materia prima no deseada.
6.2 Se coloca la materia prima no deseada en los recipientes plásticos para Desechos.
6.3 Se transporta los recipientes plásticos hasta la zona evacuación de desechos.
6.4 Se registra el inconveniente en la hoja de materia prima no aceptada.
6.5 Se informa a los responsables de recolección para que el producto sea repuesto.

7. Registro
Hoja de materia prima no aceptada.

Distribución: Personas que trabajan en Proyecto Copal (*Dacryodes peruviana)*	**Usuario:** Operarios	**Copia N. ª:** 01
Elaborado: S.P.J.J.	**Revisado:** B.E.V.V.	**Aprobado:** M.A.M.C.

UTPL UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA	**PROCEDIMIENTO** **PESADO DE FRUTOS DE COPAL (Dacryodes peruviana)**	N.º: SPJJ-MP-DP-01 Rev.: 03 Fecha: 03-08-17 Pág.: 1/1

1. Objeto
Pesar los frutos de copal.

2. Alcance
Este procedimiento es aplicable al pesado de frutos de copal.

3. Responsable
Persona encargada del turno de destilación de copal.

4. Ejecutor
Personas encargadas del pesado de frutos de copal.

5. Materiales
5.1 Balanza
5.2 Recipiente
5.3 Frutos de copal

6. Descripción
6.1 Encerar la balanza
6.2 Pesar el recipiente a utilizar
6.3 Pesar la materia prima a destilar, destarando el peso del recipiente.

6. Registro
Ficha técnica de control de obtención de aceite esencial.

Distribución: Personas que trabajan en Proyecto Copal (*Dacryodes peruviana)*	**Usuario:** Operarios	**Copia N. ª:** 01
Elaborado: S.P.J.J.	**Revisado:** B.E.V.V.	**Aprobado:** M.A.M.C.

UTPL UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA	**PROCEDIMIENTO** **DESTILACIÓN DE FRUTOS DE COPAL** **(*Dacryodes peruviana)***	N.º: SPJJ-MP-DP-01 Rev.: 03 Fecha: 03-08-17 Pág.: 1/1

1. Objeto
Obtener aceite esencial de frutos de copal.

2. Alcance
Este procedimiento es aplicable a la destilación de frutos de copal.

3. Responsable
Responsable del proceso de destilación de frutos de copal.

4.
Ejecutor
Personas encargadas del proceso de destilación de frutos de copal.

5. Materiales
5.1 Destilador

5.2 Florentino

5.3 Materia vegetal triturada

5.4 Probetas

5.5 Embudos de decantación

5.6 Hornilla

5.7 2 Mallas metálicas perforadas

5.8 2 Mallas plásticas perforadas

6. Descripción
6.1 Colocar la primera malla metálica dentro del destilador, sobre la que se colocará una malla plástica perforada.

6.3 Colocar luego la mitad de la cantidad total de frutos triturados de copal.

6.4 Esparcir la materia vegetal homogéneamente sobre la malla.

6.5 Colocar soportes de cerámica sobre los que se colocará la segunda malla metálica y sobre ella la malla plástica perforada.

6.6 Poner la segunda malla metálica, sobre la que se coloca la malla de plástico.

6.8 Poner la segunda mitad del triturado de copal.

6.9 Esparcir la materia vegetal homogéneamente sobre toda la malla.

6.10 Colocar el sello de agua (poner agua en el borde del cilindro).

6.11 Tapar herméticamente el destilador.

6.12 Colocar las mangueras de entrada y salida de agua de refrigerante(condensador).

6.13 Colocar el florentino.

6.14 encender la llama.

6.15 Abrir las llaves del agua.

6.16 Controlar la temperatura desde el inicio de la destilación que debe ser de alrededor de 28-32°C en el líquido condensado y 25-28°C en la salida del condensador.

6.17 Decantar el líquido del florentino cada vez que el aceite esencial ocupe las tres cuartas partes del florentino

6.18 Trasvasar el aceite esencial de la probeta al embudo de decantación.

6.19 Transcurridas las dos horas de destilación apagar cerrar la válvula de paso de gas y la llave del agua.

6.20 Medir y registrar la cantidad de aceite esencial obtenidos

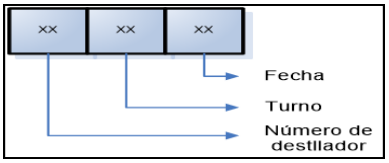
7.Registro

Ficha técnica de control de obtención de aceite esencial

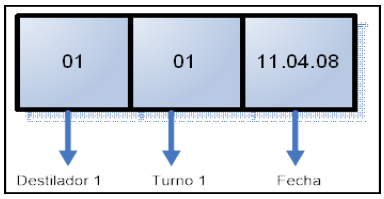
Distribución: Personas que trabajan en Proyecto Copal (*Dacryodes peruviana)*	**Usuario:** Operarios	**Copia N. ª:** 01
Elaborado: S.P.J.J.	**Revisado:** B.E.V.V.	**Aprobado:** M.A.M.C.

UTPL UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA	**PROCEDIMIENTO ENVASADO Y ALMACENAMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE COPAL (*Dacryodes peruviana)***	N.º: SPJJ-MP-DP-01 Rev.: 03 Fecha: 03-08-17 Pág.: 1/1

1. Objeto
Envasar y almacenar aceite esencial de copal.
2. Alcance
Este procedimiento es aplicable al envasado y almacenamiento de aceite esencial de copal.
3. Responsable
Responsable del turno de destilación de frutos de copal.
4. Ejecutor
Personas encargadas del envasado y almacenamiento del aceite esencial.
5. Materiales
5.1 Frascos de vidrio
5.2 Aceite esencial
5.3 Etiquetas
5.4 Embudos de decantación
6. Descripción
6.1 Una vez decantado el aceite esencial de copal es colocado en frascos boeco
6.2 Codificar cada uno de los frascos boeco.



Ejemplo:
Código interno



6.3 Se tapa los frascos herméticamente.
6.4 Los frascos que contienen el aceite esencial son almacenados en un lugar oscuro y a temperatura ambiente no de sobrepasar los 40°C.
7. Registro

Ficha técnica de control de obtención de aceite esencial

Distribución: Personas que trabajan en Proyecto Copal (*Dacryodes peruviana)*	**Usuario:** Operarios	**Copia N. ª:** 01
Elaborado: S.P.J.J.	**Revisado:** B.E.V.V.	**Aprobado:** M.A.M.C.

UTPL UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA	**PROCEDIMIENTO PARA EVITAR CONTAMINACIÓN Y MEZCLAS DE PRODUCTO ORGÁNICO CON PRODUCTO NO ORGÁNICO**	N.º: SPJJ-MP-DP-01 Rev.: 03 Fecha: 03-08-17 Pág.: 1/1

1. Objeto
Evitar la contaminación y las mezclas de producto orgánico y no orgánico

2.Alcance
Este procedimiento es aplicable al envasado y almacenamiento de aceite esencial de copal orgánico

3. Responsable
Responsable del turno de destilación de frutos de copal y del responsable del laboratorio de AE

4. Ejecutor
Personas encargadas del envasado y almacenamiento del aceite esencial

5. Materiales
5.1 Frascos de vidrio
5.2 Aceite esencial
5.3 Cartones

6. Descripción
6.1 Antes del procesamiento del fruto se debe realizar el procedimiento descrito en el procedimiento de desmontado y lavado de destiladores y zona de producción
6.2 El aceite esencial orgánico debe ser envasado en frascos de vidrio nuevos, si los frascos son reutilizados se debería constatar que estos han sido utilizados únicamente para producto orgánico de la misma índole, que están totalmente limpios y que no presentan deterioro o envejecimiento. Para el
embazado se debe seguir el procedimiento de envasado y almacenamiento esencial de aceite esencial de copal
6.3 Los frascos conteniendo aceite orgánico debe ser almacenados dentro de cartones apropiados en las zonas identificadas con la etiqueta "PRODUCTO ÓRGANICO".
6.4 Los frascos que contienen producto orgánico deben ser abiertos únicamente cuando se va a realizar el proceso de homogenización.
6.5 Los frascos utilizados para el producto orgánico que estén vacíos deben ser almacenados en la misma zona que los frascos llenos con producto orgánico, pero en cartones diferentes.
6.6 Durante el periodo que se procese producto orgánico no se debe procesar producto no orgánico.

7. Registro
Hoja de registro de limpieza de destiladores y zona de producción
Ficha técnica de control de obtención de aceite esencial
Hoja de Resumen destilación Copal

UTPL UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA	**PROCEDIMIENTO** **PRODUCTO ORGÁNICO CONTAMINADO**	N.º: SPJJ-MP-DP-01 Rev.: 03 Fecha: 03-08-17 Pág.: 1/1

1. Objeto
Disposición del aceite esencial en el caso de que se sospeche o se compruebe que ha perdido su estatus de orgánico.

2. Alcance
Este procedimiento es aplicable al proceso de disposición del aceite esencial en el caso de que se sospeche o se compruebe que ha perdido su estatus de orgánico.

3. Responsable
Persona encargada del turno de destilación de copal y responsable del laboratorio de aceites esenciales.

4. Ejecutor
Personas encargadas de la disposición del producto que ha perdido su estatus de orgánico.

5. Materiales
5.1 Frascos de vidrio
5.2 Etiquetas

6. Descripción
6.1 El producto del que se sospeche que ha perdido su estatus de orgánico debe ser tratado como producto no orgánico.
6.2 El producto contaminado debe ser separado del producto orgánico y colocado en la zona de producto no orgánico.
6.3 Se debe identificar la fuente de contaminación y/o la razón por la que el producto a perdido su estatus de orgánico.
6.4 Se debe comprobar de que no exista más producto contaminado.
6.5 Se debe registras el suceso y la cantidad de producto que ha perdido el estatus de orgánico en la Hoja de registro de producto que ha perdido su estatus de orgánico, se debe llenar una hoja por envase.

7. Registro
Hoja de materia de producto que ha perdido su estatus de orgánico.

Distribución: Personas que trabajan en Proyecto Copal (*Dacryodes peruviana)*	**Usuario:** Operarios	**Copia N. ª:** 01
Elaborado: S.P.J.J.	**Revisado:** B.E.V.V.	**Aprobado:** M.A.M.C.

UTPL UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA	**PROCEDIMIENTO DESMONTADO Y LAVADO DE DESTILADORES Y ZONA DE PRODUCCIÓN (*Dacryodes peruviana*)**	N.º: SPJJ-MP-DP-01 Rev.: 03 Fecha: 03-08-17 Pág.: 1/1

1. Objeto
Limpieza de destiladores y zona de producción

2. Alcance
Este procedimiento es aplicable a la limpieza de los destiladores, la zona de producción y la zona de almacenamiento

3. Responsable
Responsable del proceso de destilación de frutos de copal

4. Ejecutor
Personas encargadas del desmontado y lavado de destiladores y la zona de producción y almacenamiento

5. Materiales
5.1 Agua
5.2 Destiladores
5.3 Cepillos metálicos

6. Descripción
6.1 Quitar el florentino
6.2 Destapar el destilador
6.2 Sacar la materia vegetal (torta) del destilador y colocarla en el recipiente para desperdicios
6.3 Filtrar el agua residual de destilación de cada destilador antes de su eliminación
6.3 Lavar con abundante agua y remover con cepillo metálico toda la materia vegetal que se encuentra en la superficie del destilador
6.4 Enjuagar con abundante agua los destiladores
6.5 Lavar una segunda vez los destiladores
6.6 Barrer los desechos de copal del piso, recogerlos y colocarlos en los recipientes para desperdicios
6.7 Baldear y trapear el piso con abundante agua
6.8 Limpiar mesones y gavetas con franela húmeda
6.9 Dejar los destiladores y todos los componentes listos para un nuevo turno

6. Registro
Hoja e registro de limpieza de destiladores y zona de producción

Distribución: Personas que trabajan en Proyecto Copal (*Dacryodes peruviana)*	**Usuario:** Operarios	**Copia N. ª:** 01
Elaborado: S.P.J.J.	**Revisado:** B.E.V.V.	**Aprobado:** M.A.M.C.

UTPL UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA	**PROCEDIMIENTO** **DETERMINACIÓN DE DENSIDAD DEL ACEITE ESENCIAL (*Dacryodes peruviana*)**	N.º: SPJJ-MP-DP-01 Rev.: 03 Fecha: 03-08-17 Pág.: 1/1

1. Objeto
Determinar la densidad del aceite esencial de copal.

2. Alcance
Este procedimiento es aplicable a la determinación de densidad de aceite esencial de copal.

3. Responsable
Responsable del proceso de destilación de frutos de copal.

4. Ejecutor
Persona encargada de realizar las pruebas físicas del aceite esencial .

5. Materiales
5.1 Picnómetro de 2 ml
5.2 Estufa
5.3 Pinza
5.4 Balanza analítica
5.5 Baño maría
5.6 Termómetro
5.7 Desecador
5.8 Agua destilada
5.9 Acetato de etilo
5.10 Alcohol etílico

6. Descripción
6.1 Muestreo
6.1.1 La muestra a ser analizada no debe haber recibido modificación alguna durante el almacenamiento o transporte.
6.2 Preparación de la muestra.
6.2.1 Si la muestra presenta un aspecto claro y sin sedimento, homogenizar invirtiendo el recipiente que lo contiene.
6.2.2 Si la muestra presenta un aspecto turbio o con sedimento, colocarla en estufa a 50ºC hasta que presente aspecto claro y sin sedimento.
6.3 Estandarización del picnómetro.
6.3.1 Lavar previamente el picnómetro con acetato de etilo, enjuagarlo y lavarlo con etanol
6.3.2 Dejarlo en la estufa a temperatura de 60ºC por el tiempo de 1 hora.
6.3.3 Sacarlo con la ayuda de pinzas y dejarlo en el desecador por lo menos una media hora, hasta que se enfríe.
6.3.4 Pesar el picnómetro vacío, teniendo cuidado de no tocarlo con los dedos, y registrar ese peso como m.
6.4 Procedimiento para aceites a 20ºC.

6.4.1 Llenar el picnómetro con agua destilada, secar el exceso de agua con papel absorbente. Pesarlo y registrarlo como m1.

6.4.2 Secar el picnómetro e introducirlo nuevamente a la estufa por espacio de 1 hora. Sacarlo con pinzas y dejarlo en el desecador una media hora, hasta que se enfríe.

6.4.3 Llenar completamente el picnómetro con la muestra preparada, previamente enfriada a 20ºC y taparlo cuidadosamente evitando la inclusión de burbujas de aire.

6.4.4 Remover cuidadosamente cualquier porción de muestra que haya quedado fuera del capilar y secarlo con papel absorbente. Pesarlo y registrarlo como m2.

6.4.5 Lavar el picnómetro y volver a estandarizarlo para poder utilizar nuevamente.

6.5 Cálculos

$$d_{20} = (m2 - m)/(m1 - m)$$

Siendo:

d_{20}..la.densidad.relativa.o.gravedad.especificaa.la.temperatura.de.20º C

m..lamasa.del.picnómetro.vacío

$m1$..masa.del.picnómetro.con.agua.destilada

$m2$..masa.del.picnómetro.con.muestra

6. Registro

Ficha de laudo de análisis de aceite esencial

Distribución: Personas que trabajan en Proyecto Copal (*Dacryodes peruviana)*	**Usuario:** Operarios	**Copia N. ª:** 01
Elaborado: S.P.J.J.	**Revisado:** B.E.V.V.	**Aprobado:** M.A.M.C.

UTPL UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA	**PROCEDIMIENTO DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN (*Dacryodes peruviana*)**	N.º: SPJJ-MP-DP-01 Rev.: 03 Fecha: 03-08-17 Pág.: 1/1

1. Objeto

Determinar el índice de refracción del aceite esencial de copal.

2. Alcance

Este procedimiento es aplicable a la determinación del índice de refracción del aceite esencial.

3. Responsable

Responsable del proceso de destilación de frutos de copal

4. Ejecutor

Persona encargada de realizar las pruebas físicas del aceite esencial

5. Materiales

5.1 Refractómetro de Abbe
5.2 Estufa
5.3 Varilla de agitación
5.4 Alcohol etílico
5.5 Agua destilada
5.6 Algodón

6. Descripción

6.1 Ajustar la temperatura del refractómetro a 25ºC, verificar la limpieza y sequedad de los prismas.
6.2 Colocar 2 o 3 gotas de agua destilada, y proceder a leer. Hacer esto antes de analizar una muestra. Luego secar con un algodón y el refractómetro está listo para realizar cualquier lectura.
6.3 Colocar 2 o 3 gotas de la muestra preparada en el prisma inferior, cerrar los prismas y ajustarlos firmemente.
6.4 Esperar unos cinco minutos para que la muestra adquiera la temperatura del instrumento y proceder a leer.

7. Cálculos

Si la determinación se ha realizado a una temperatura diferente a 25ºC, debe corregirse con la siguiente fórmula:

$$R = R^{*} + K(T_2 - T_1)$$

$$\begin{aligned}
&donde: \\
&R..índice.de.retrención \\
&R^{*}..índice.de.refracción.a.la.temperatur\ a.media \\
&T_2..Temperatur\ a.a.la.que.se.midió \\
&T_1..Temperatur\ a.de.referencia.a.25^{\circ}C \\
&K..0.000385.para.aceites
\end{aligned}$$

6. Registro

Ficha de laudo de análisis de aceite esencial.

Distribución: Personas que trabajan en Proyecto Copal (*Dacryodes peruviana)*	**Usuario:** Operarios	**Copia N. ª:** 01
Elaborado: S.P.J.J.	**Revisado:** B.E.V.V.	**Aprobado:** M.A.M.C.

UTPL UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA	**PROCEDIMIENTO DETERMINACIÓN DE LAS PRUEBAS ORGANOLEPTICAS (*Dacryodes peruviana*)**	N.º: SPJJ-MP-DP-01 Rev.: 03 Fecha: 03-08-17 Pág.: 1/1

1. Objeto
Comparar el olor de las muestras de cada producción con el patrón o estándar

2. Alcance
Este procedimiento es aplicable a la determinación del índice de refracción del aceite esencial.

3. Responsable
Responsable del proceso de destilación de frutos de copal

4. Ejecutor
Persona encargada de realizar las pruebas organolépticas y olfativas

5. Materiales
5.1 Viales de 10 ml.
5.2 Filtros de papel

6. Descripción
6.1 Colocar cantidades iguales de la muestra a analizar y del patrón pre establecido en viales de 10 ml 6.2 Introducir aproximadamente 1 cm en la muestra a analizar y otra en el patrón.

6.2 Comparar el olor entre el patrón y la muestra a ser analizada. La muestra deberá ser aprobada cuando no hubiera diferencia de olor entre el patrón y la muestra.

6.3 Se reportará en el registro correspondiente si se acepta o rechaza la muestra y si es necesario reportar características por las que fue aceptado o rechazado

6.4 Con el dictamen del panel responsable se puede reunir las fracciones aprobadas
6.5 Homogenizar el aceite esencial aprobado por el panel de catadores en un recipiente de acero inoxidable en el que se pesará 1 Kg de aceite esencial
6.5 Verter el aceite esencial en frascos de aluminio
6.6 Cerrar herméticamente
6.7 Etiquetar en la que se incluirá el siguiente código

Lote Industrial 001 del año 2008

6.8 El código cambiará para cada año de producción
Nota: La aceptación o rechazo de una muestra de aceite esencial la determina un panel de tres personas previamente entrenadas
6. Registro
Ficha de control de obtención de aceite esencial de copal.

Distribución: Personas que trabajan en Proyecto Copal (*Dacryodes peruviana)*	**Usuario:** Operarios	**Copia N. ª:** 01
Elaborado: S.P.J.J.	**Revisado:** B.E.V.V.	**Aprobado:** M.A.M.C.

UTPL UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA	**PROCEDIMIENTO** **DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL** **(*Dacryodes peruviana*)**	N.º: SPJJ-MP-DP-01 Rev.: 03 Fecha: 03-08-17 Pág.: 1/1

1. Objeto

Determinar la composición química del aceite esencial de copal.

2. Alcance

Este procedimiento es aplicable a la determinación de la composición química del aceite esencial.

3. Responsable

Responsable del proceso de destilación de frutos de copal.

4. Ejecutor

Persona encargada de la determinación de la composición química del aceite esencial.

5. Materiales

5.1 Diclorometano grado cromatógrafo
5.2 Viales ámbar de 1 ml
5.3 Aceite esencial
5.4 Cromatógrafo de gases
5.5 Espectrómetro de masas
5.6 Micropipeta

6. Descripción

6.1 Preparación de la muestra.

6.1.1 En un vial de 1 ml para cromatografía colocar 10 ul de diclorometano grado cromatógrafo

6.1.2 Añadir 1 ul de aceite esencial

6.1.3 Tapar herméticamente

6.2 Inyección cromatográfica

6.2.1 Se realiza la inyección en un cromatógrafo de gases acoplado al espectrómetro de masas

6.2.1 Controlar la temperatura inicial del horno a 50ºC, temperatura final de 250ºC con 62 minutos de corrido de muestra.

6.2.3 La fase en la que se corre la muestra es HP-INNOWax de 0.25mm * 30m * 0.25um.

6.2.4 Terminado el tiempo de recorrido de muestra se reportará los datos haciendo la comparación con la biblioteca del equipo.

6.2.5 Mediante la comparación manual de los Índices de Kóvats se hace el reporte de los compuestos del aceite esencial.

6. Registro

Ficha de laudo de análisis de aceite esencial

Distribución: Personas que trabajan en Proyecto Copal (*Dacryodes peruviana)*	**Usuario:** Operarios	**Copia N. ª:** 01
Elaborado: S.P.J.J.	**Revisado:** B.E.V.V.	**Aprobado:** M.A.M.C.

UTPL UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA	**PROCEDIMIENTO** **RESOLUCIÓN DE QUEJAS SOBRE ACEITE DE COPAL (*Dacryodes peruviana*)**	N.º: SPJJ-MP-DP-01 Rev.: 03 Fecha: 03-08-17 Pág.: 1/1

1. Objeto
Resolución de quejas

2. Alcance
Este procedimiento es aplicable al proceso de venta de aceite esencial de Copal.

3. Responsable
Persona encargada del proyecto copal.

4. Ejecutor
Personas conocedoras del campo en el que se realiza la queja, con previa designación del director del proyecto

5. Materiales
Hoja de registro de quejas

6. Descripción
6.1 Se recepta la queja
6.2 Se establece las acciones correctoras
6.3 Se ejecuta las acciones correctoras
6.4 Se establece la efectividad de las acciones correctoras

7. Registro
Hoja de registro de quejas

Distribución: Personas que trabajan en Proyecto Copal (*Dacryodes peruviana)*	**Usuario:** Operarios	**Copia N. ª:** 01
Elaborado: S.P.J.J.	**Revisado:** B.E.V.V.	**Aprobado:** M.A.M.C.

UTPL UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA	**PROCEDIMIENTO ELIMINACIÓN DE DESECHOS GENERADOS EN EL PROCESO DE DESTILACIÓN (*Dacryodes peruviana*)**	N.º: SPJJ-MP-DP-01 Rev.: 03 Fecha: 03-08-17 Pág.: 1/1

1. Objeto

Eliminar los residuos sólidos generados en la extracción de aceite esencial de copal.

2.Alcance

Este procedimiento es aplicable a la eliminación de los desechos producidos en la destilación aceite esencial.

3. Responsable

Responsable del proceso de destilación de frutos de copal.

4. Ejecutor

Persona encargada de la eliminación de desechos en la línea de producción.

5. Materiales

5.1 Recipientes plásticos.

6. Descripción

6.1 Transportar los tanques con los desechos desde la zona de limpieza hasta la zona de evacuación de desechos

6.2 Los recipientes son lavados antes de ingresar nuevamente a la planta de producción

6. Registro

Ficha de control de procesamiento de aceite esencial.

Distribución: Personas que trabajan en Proyecto Copal (*Dacryodes peruviana)*	**Usuario:** Operarios	**Copia N. ª:** 01
Elaborado: S.P.J.J.	**Revisado:** B.E.V.V.	**Aprobado:** M.A.M.C.

UTPL UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA	**PROCEDIMIENTO HOMOGENIZADO Y ENVASADO DE ACEITE ESENCIAL DE COPAL (*Dacryodes peruviana*)**	N.º: SPJJ-MP-DP-01 Rev.: 03 Fecha: 03-08-17 Pág.: 1/1

1. Objeto

Homogenizar y envasar aceite esencial de copal.

2. Alcance

Este procedimiento es aplicable al homogenizado y envasado de aceite esencial de copal.

3. Responsable

Responsable del proceso de producción de aceite esencial de copal.

4. Ejecutor

Personas encargadas del homogenizado y envasado de aceite esencial de copal.

5. Materiales

5.1 Homogenizador de acero inoxidable
5.2 Frascos de aluminio de 1kg.
5.2 Aceite esencial
5.3 Etiquetas
5.4 Balanza.

6. Descripción

6.1 Las fracciones de aceite esencial que superan el control de calidad son vertidas en el homogenizador.
6.2 Se dejará reposar el aceite esencial en el homogenizador por 24 horas.
6.3 Se realiza la dosificación en los envases de aluminio, 1 kg por envase.
6.4 Se etiqueta los envases.
Ejemplo de etiqueta:

	Universidad Técnica Particular de Loja
	Instituto de Química Aplicada
	Barrio: San Cayetano Alto s/n-Loja- Ecuador
	Teléfono: 593 7 2570275
Nombre Comercial: Aceite Esencial de Frutos de Palo Santo **Nombre CTFA:** *Bursera graveolens* Fruit Essential Oil **Código.:** LI-001/12 **Origen:** Abril - Mayo 2012 **Fecha de fabricación:** 01-06-12 **Fecha de validez:** 01-06-14 **Peso bruto:** 1137 g **Peso neto:** 1000 g. Producto100% orgánico EC-BIO-154 Producto de Ecuador Certificado por Ecocert SA.	
Ingrediente: Aceite esencial extraído de frutos de palo santo (*Bursera graveolens*) 100% orgánicos.	
Almacenaje: Almacenar en refrigeración, alejado de fuentes de luz y calor.	

6.3 Se tapa los frascos herméticamente
6.4 Los frascos que contienen el aceite esencial son almacenados un lugar alejados de fuentes de luz y calor

7. Registro

Ficha técnica de control de proceso.

ANEXO 14

ANALISIS FINANCIERO DE LA PARTE CONSTRUCTIVA DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN

No.	DESCRIPCION RUBRO	UND.	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	**TRABAJOS PRELIMINARES**				**995,25**
1.1	Replanteo y nivelación	m2	150,00	1,25	187,50
1.2	limpieza de terreno	m3	150,00	1,15	172,50
1.3	Cerramiento provisional con yute inc. retiro	m2	120,00	4,00	480,00
1.4	Bodegas provisionales	m2	9,00	15,00	135,00
1.5	Desmontaje de bodegas	m2	9,00	2,25	20,25
2	**ALBAÑILERIA Y OBRA GRIS**				**22910,38**
2.1	Excavación manual en suelo sin clasificar	m3	64,68	10,15	656,50
2.2	Desalojo manual de material a escombrera en carretilla	m3	80,00	4,90	392,00
2.3	Transporte de material fuera de obra	m3	80,00	6,00	480,00
2.4	Relleno compactado con material mejoramiento	m3	55,60	13,08	727,25
2.5	Acarreo de material pétreo en carretilla a sitio de obra d=25 m.	m3	168,26	2,85	479,54
2.6	Replantillo de hormigón h=10 cm f'c 140 Kg/cm2	m3	2,88	125,00	360,00
2.7	Hormigón simple en plintos 210kg/cm2.- incluye encofrado	m3	8,64	200,00	1728,00
2.8	Hormigón simple en cuellos de columna 210kg/cm2- incluye encofrado	m3	2,56	205,00	524,80
2.9	Hormigón simple en cadenas 210kg/cm2.- incluye encofrado	m3	6,4	205,00	1312,00
2.10	hormigón simple F´c = 210 Kg/cm2 columnas .- incluye encofrado	m3	2,40	230,00	552,00
2.11	Hormigón ciclópeo en cimientos.- 60% H.S f´c = 180 kg/cm2 + 40% piedra	m3	10,00	150,00	1500,00
2.12	Hormigón en bordillos f'c = 180 Kg/cm2 H = 0.5m a = 0.2m	ml	51,25	18,00	922,50
2.13	Acera de Ho. So. F'c = 180 Kg/cm2 e = 0.10 m, incluye malla electrosoldada y empedrado 15 cm	m2	64,00	23,50	1504,00
2.14	Contrapiso f'c 180 Kg/cm2 incluye malla electrosoldada	m2	86,00	23,50	2021,00
2.15	Acero de refuerzo f'y = 4200 Kg/cm2	Kg	745,23	2,18	1624,60
2.16	Mampostería de Ladrillo	m2	194,47	15,00	2917,05
2.17	Riostras horizontales de Ho. Ao. 10x15 cm para dinteles	ml	17,00	9,95	169,15
	Estructura metálica para cubierta				
2.18	Acero estructural para cubierta	kg	1351,35	3,37	4554,05
2.19	Pintura: 1 mano de fondo anticorrosivo, 2 manos de esmalte sintético automotriz	m2	109,20	4,45	485,94

3	**ACABADOS**				**12347,19**
3.1	Cerámica en pisos con bondex standar marca graiman	m2	26,32	22,89	602,46
3.2	Cerámica en paredes con bondex estándar marca graiman	m2	19,92	22,89	455,97
3.3	Barrederas de cerámica	ml	35,00	5,50	192,50
3.4	Enlucido vertical	m2	388,94	7,50	2917,05
3.5	Enlucido de filos y fajas	ml	60,00	4,05	243,00
3.6	Empaste interior en paredes de mampostería de ladrillo	m2	276,94	2,75	761,59
3.7	Empaste exterior mampostería de ladrillo	m2	112,00	3,50	392,00
3.8	Pintura interior en mamposteía de ladrillo y paredes de gypsum	m2	276,94	3,00	830,82
3.9	Pintura exterior en mampostería de ladrillo	m2	112,00	3,25	364,00
3.10	Canales de Desague de Tool e = 0.70 mm para AA.LL	ml	33,00	20,60	679,80
3.11	Puertas de madera tamboradas	u	9,00	190,00	1710,00
3.12	Topes de puertas	u	9,00	3,25	29,25
3.13	Ventanas de aluminio negro y vidrio corredizas	m2	10,25	55,00	563,75
3.14	Suministro de inodoros de tanque	u	2,00	210,00	420,00
3.15	Suministro de lavamanos uncluye grifería	u	2,00	130,00	260,00
3.16	Cubierta de placa de duramil	m2	140,00	13,75	1925,00
4	**VARIOS**	u			**2280,00**
4.1	Espejos marco de aluminio de 0,70 x 0,50	u	2,00	40,00	80,00
4.2	Juegos de accesorio de baño	u	2,00	30,00	60,00
4.3	Limpieza general de la obra	m2	150,00	1,40	210,00
4.4	Colocación de letrero identificativo	u	1,00	200,00	200,00
4.5	Elaboración y aprobación de planos de requerimientos cableado -seguridad-alarmas - electrico	u	1,00	600,00	600,00
4.6	Elaboración planos As-Build	u	1,00	300,00	300,00
4.7	Impresión de planos de taller	u	20,00	1,50	30,00
4.8	Estudo de suelos y estructural	u	1,00	800,00	800,00
5	**AGUA POTABLE, DESAGUES**				**4306,38**
5.1	Tubería Polipropileno copolimero 32mm PN25 incluye accesorios	m	30,000	12,52	375,6
5.2	Tubería Polipropileno copolimero25mm PN25 incluye accesorios	m	20,000	4,90	98
5.3	Tubería Polipropileno copolimero 20mm PN25 incluye accesorios	m	60,000	3,35	201
5.4	Punto de agua potable 20mm (1/2") Polipropileno Copolímero	u	10,000	19,69	196,9
5.5	Llave PPC CORTADORA 20mm	u	10,000	31,01	310,1
5.6	Llave PPC CORTADORA 25mm	u	1,000	34,27	34,27
5.7	Llave PPC CORTADORA 32mm	u	1,000	43,87	43,87
5.8	PICADO DE PISOS y PAREDES ancho =0.05m	ml	40,000	1,92	76,8
5.9	Cisterna plástica V=2500 lts con recubrimiento anti algas incluye filtro y flotador	u	1,000	641,36	641,36
5.10	CAJA REVISIÓN 0.80x0.80m incluye tapa platina 1 1/2"+placa HF	u	4,000	275,65	1102,6
5.11	BAJANTE DE AASS, AALL PVC 110mm	m	18,000	11,13	200,34

5.12	TUBERIA PVC TIPO B DESAGUE DE 110mm	m	40,000	6,42	256,8
5.13	TUBERÍA PVC TIPO B DESAGÜE 2"	m	12,000	3,56	42,72
5.14	PUNTO DESAGUE INODORO y FABEICA de 4"	u	4,000	61,10	244,4
5.15	PUNTO DESAGUE LAVAMANOS,URINARIO, FREGADERO Ø 2"	u	6,000	23,86	143,16
5.16	Montaje de inodoro no incluye griferia	u	2,000	46,10	92,2
5.17	Montaje de lavamanos no incluye griferia	u	2,000	43,34	86,68
5.18	Instalación desagüe y llave fregaderos (incluye llave)	u	2,000	79,79	159,58
6	**INSTALACIONES ELÉCTRICAS**				**4573,77**
6.1	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO 120V-200W	pto.	10,00	44,53	445,30
6.2	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO 220V-500W BIFASICO	pto.	6,00	69,18	415,08
6.5	SALIDA ELECTRICA PARA USOS VARIOS	pto.	1,00	39,26	39,26
6.6	LAMPARA SOBREPUESTAS	pto.	14,00	72,64	1016,96
6.7	LUMINARIA OJO DE BUEY 2X20W	pto.	6,00	45,95	275,70
6.8	LAMPARA AUTOALIMENTADA DE EMERGENCIA 20W	pto.	5,00	55,84	279,20
6.10	INTERRUPTOR SIMPLE	pto.	4,00	25,21	100,84
6.11	INTERRUPTOR DOBLE	pto.	2,00	33,04	66,08
6.12	CONMUTADOR DOBLE	pto.	1,00	35,32	35,32
6.13	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 1P DE 10-32A (Marca: Square D)	pto.	12,00	14,66	175,92
6.14	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 2P DE 10-32A (Marca: Square D)	pto.	2,00	20,06	40,12
6.17	TABLERO TIPO CENTRO DE CARGA DE 20 ESP. BIFASICO (Marca: Square D)	u	1,00	138,19	138,19
6.20	ACOMETIDA 3X6THHN+1X6THHN+1X8DS	m	40,00	19,31	772,40
6.21	ACOMETIDA 2X6THHN+1X6THHN+1X8DS	m	20,00	16,67	333,40
6.24	POZO DE REVISION DE HORMIGON CON PLACA UTPL	u	2,00	220,00	440,00
		TOTAL OBRA CIVIL			**38532,82**
		TOTAL INGENIERIAS			**8880,15**
		TOTAL O. CIVL E INGENIR.			**47412,97**

ANEXO 15

COSTOS DIRECTOS

Los Costos directos para 1 Kg de aceite esencial de Copal se detallan a continuación.

	Unidades	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Materia Prima				**156,28**
- Fruto de copal	Kg	30,00	5,21	156,28
Materiales y equipos				**20,53**
- Probeta	u	4,00	0,17	0,68
- Embudo de decantación	u	4,00	0,07	0,29
- Frascos Boecos	u	25,00	0,01	0,30
- Envases de aluminio	u	1,00	17,00	17,00
- Destiladores	u	0,80	2,44	1,95
- Equipo de liberación de aceites	u	0,20	0,76	0,15
- Balanza	u	0,20	0,80	0,16
Mano de Obra				**19,94**
- Técnico	u	1,00	10,25	10,25
- Operarios	u	2,00	4,84	9,68
Energías				**5,90**
- Agua	m3	1,15	1,20	1,38
- Gas	Kg	4,00	1,07	4,28
- Electricidad	Kw/h	2,50	0,10	0,24
			Total, Costos Directos	**202,65**

ANEXO 16

COSTOS INDIRECTOS

Los Costos indirectos para 1 Kg de aceite esencial de Copal se detallan a continuación.

	Unidades	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Materiales y equipos				**1,93**
- Picnómetro	u	1,00	0,22	0,22
- Material de vidrio	u	1,00	0,73	0,73
- Material de Plástico	u	1,00	0,23	0,23
- Refractómetro	u	1,00	0,15	0,15
- Polarímetro	u	1,00	0,61	0,61
Mano de Obra				**17,58**
- Coordinador	u	1,00	12,73	12,73
- Contabilidad	u	1,00	4,84	4,84
Energías				**0,74**
- Agua	m3	1,15	0,05	0,06
- Electricidad	Kw/h	2,50	0,09	0,23
- Internet	u	0,01	50,00	0,45
Gastos indirectos				**30,93**
- Retiro de residuos de destilación	m3	0,12	5,00	0,60
- Valor constructivo de la planta	u	1,00	2,39	2,39
- Control de Calidad Químico	u	3,00	3,33	10,00

- Control de Calidad Físico	u	6,00	0,77	4,60
- Gastos administrativos	u	1,00	2,73	2,73
- Trámites de Certificación	u	1,00	1,52	1,52
- Certificado de fruto orgánico	u	1,00	9,09	9,09
			Total, Costos Indirectos	**51,17**