

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SANCHEZ CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALÚRGICA

Escuela Profesional de Ingeniería Química



TESIS

**DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO AGROINDUSTRIAL
PARA LA PRODUCCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE
EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus*), NO CONVENCIONAL,
BAJO LA FILOSOFÍA “ZERO WASTE”.**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico

Presentado por:

JOSÉ LUIS NATIVIDAD MERCEDES
Bachiller en Ingeniería Química

Asesor:

Ing. MANUEL JOSÉ JIMENEZ ESCOBEDO
Ingeniero Químico – Registro CIP N° 52993
Profesor Asociado DE – Código docente N° DNU053

Huacho – Perú
2019

DEDICATORIA

A mi madre, el ángel que Dios me dio:
María Elena Mercedes Garay

A mi abuelita:
Alejandrina Ventocilla Prudencio
Q.E.P.D

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, mi alma máter, por la oportunidad de permitir acceder a mi formación profesional de Ingeniero Químico, y a su plana docente que contribuyó con sus conocimientos.

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Decana de América, por las facilidades brindadas y el acceso al laboratorio del Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología - CIDET- FQIQ, para el desarrollo del presente trabajo de tesis.

A mi Asesor y amigo, el Ingeniero Manuel Jiménez Escobedo, que durante la realización del presente trabajo de tesis ha sido quien me ha guiado, por sus sugerencias, su apoyo y amistad.

A mi Asesor externo y amigo, el Dr. Alfredo Palomino Infante, docente de la FQIQ – UNMSM, por su apoyo material, sus valiosos conocimientos que brinda desinteresadamente y por sus aportes a la comunidad científica.

A mi madre María Mercedes Garay, por todo lo que me brinda, por su apoyo incondicional, y por ser la persona que más admiro.

A mis familiares, amigos y a todos los que contribuyeron con sus comentarios, críticas y sugerencias en el desarrollo del presente trabajo.

Finalmente, al Distrito de Ambar, Huaura – Lima.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
INDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
Capítulo I. ASPECTOS GENERALES	5
1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.1.1. Problema General	6
1.1.2. Problemas Específicos.....	6
1.2. OBJETIVOS	6
1.2.1. Objetivo General	6
1.2.2. Objetivos Específicos	7
1.3. IMPORTANCIA	7
1.4. JUSTIFICACIÓN	8
Capítulo II. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. LA MATERIA PRIMA: Eucalipto	10
2.1.1. Descripción Taxonómica.....	10
2.1.2. Variedades de Eucalipto	10
2.2. ACEITES ESENCIALES	11
2.2.1. Aspectos históricos de los aceites esenciales.....	11
2.2.2. Los Aceites esenciales.....	12
2.2.3. Clasificación general de aceites esenciales.....	12
2.2.4. Producción de aceites esenciales	14
2.2.5. Métodos de obtención de aceites esenciales.....	20
2.2.6. Propiedades físicas y químicas de los aceites esenciales.....	26
2.2.7. Usos y aplicaciones de los aceites esenciales	32
2.2.8. El aceite esencial de Eucalipto	33
2.3. FILOSOFÍA “ZERO WASTE”.....	35
2.3.1. Definición	35
2.3.2. Jerarquía “Zero Waste”	36
2.3.3. Ecología Industrial.....	38
2.3.4. Proyectos certificados con “Zero Waste”	39
Capítulo III. ESTUDIO DE MERCADO	41
3.1. EL PRODUCTO: Aceite esencial de Eucalipto.....	42
3.1.1. Descripción del Producto	42
3.1.2. Especificaciones técnicas y Normas.....	43
3.1.3. Composición química del producto.....	43
3.1.4. Usos del producto	45
3.1.5. Productos complementarios.....	46
3.2. LA DEMANDA DEL PRODUCTO.....	48
3.2.1. Producción histórica	48
3.2.2. Demanda y su proyección	48
3.2.3. Importaciones	52
3.2.4. Principales empresas importadoras de aceite esencial de eucalipto	53
3.3. LA OFERTA DEL PRODUCTO.....	54
3.3.1. Exportaciones	54
3.3.2. Capacidad aparente de la planta	54
3.4. PRECIO DEL PRODUCTO	55
3.4.1. Precio de venta estimado	55

3.5. COMERCIALIZACIÓN DEL PRODUCTO.....	55
Capítulo IV. ASPECTOS DEL TRABAJO EXPERIMENTAL	56
4.1. DISEÑO EXPERIMENTAL	57
4.2. MATERIALES	58
4.2.1. Materiales	58
4.2.2. Equipos e Instrumentos de laboratorio	59
4.3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	60
4.3.1. Acondicionamiento de materia prima.....	61
4.3.2. Secado de la materia prima.....	62
4.3.3. Reducción de tamaño	63
4.3.4. Extracción de aceite esencial.....	63
4.3.5. Separación del producto	64
4.3.6. Comparación de rendimientos	64
4.3.7. Análisis organoléptico y fisicoquímico	65
4.3.8. Almacenamiento del producto final	66
4.4. TABULACIÓN DE RESULTADOS	66
4.4.1. Tiempo de Secado	66
4.4.2. Resultados de Extracción	67
4.5. ANÁLISIS DE DATOS	69
4.5.1. Determinación del tiempo promedio de secado.....	69
4.5.2. Determinación del adecuado tamaño de la matriz vegetal.	70
4.5.3. Determinación del método adecuado para la extracción.	70
4.5.4. Determinación de parámetros operacionales adecuados.	70
Capítulo V. FILOSOFÍA DEL PROYECTO	71
5.1. FILOSOFÍA ZERO WASTE EN EL PROYECTO	72
5.1.1. Fundamento	72
5.2. ECONOMÍA CIRCULAR	73
5.2.1. Pilares de la Economía circular	74
5.2.2. Modelo lineal vs Modelo circular.....	75
5.2.3. Ecología industrial.....	75
5.3. GESTIÓN DE RESIDUOS EN EL PROYECTO.....	76
5.3.1. Mapa de Gestión de Residuos sólidos	76
5.3.2. Identificación de residuos por etapa	78
5.3.3. Plan de manejo de residuos en la planta piloto.....	79
5.3.4. Registro de gestión de residuos	88
5.4. ELECCIÓN DE OPERACIONES UNITARIAS PARA EL PROCESO	89
5.4.1. Método de extracción de aceite esencial de eucalipto	89
5.4.2. Secado de la matriz vegetal	90
5.5. CONSIDERACIONES EN EL ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO	90
5.5.1. Envase.....	90
5.5.2. Etiqueta.....	90
5.6. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS	91
Capítulo VI. INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	92
6.1. INGENIERÍA DEL PROCESO	93
6.1.1. Fundamentos teóricos: Método de Extracción	93
6.1.2. Análisis técnico y diagramas del proceso.....	94
6.1.3. Balance de Materia	97
6.1.4. Balance de Energía	97
6.2. INGENIERÍA DE DETALLE	100
6.2.1. Diseño de equipos principales del proceso.....	100
6.2.2. Instalaciones básicas en la planta piloto	109
6.2.3. Materia Prima e Insumos	109
6.2.4. Equipos y materiales.....	113
6.2.5. Recursos humanos	114
6.2.6. Otras necesidades	115

6.2.7. Distribución de Planta	115
Capítulo VII. LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO DE LA PLANTA	117
7.1. UBICACIÓN DE LA LOCALIDAD.....	118
7.2. FACTORES Y LOCALIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD	118
7.2.1. Determinación de las posibles ubicaciones en base a factores predominantes.....	118
7.2.2. Análisis de los factores de localización	119
7.2.3. Evaluación de las alternativas de los factores de localización	122
7.2.4. Localización de planta.....	123
7.3. TAMAÑO DE LA PLANTA.....	123
7.3.1. Factores condicionantes.....	123
7.3.2. Tamaño recomendado	125
7.4. CAPACIDAD INSTALADA.....	125
Capítulo VIII. ESTUDIO ECONÓMICO	126
8.1. INVERSIONES FIJAS (TANGIBLES)	127
8.1.1. Terreno y obras civiles	127
8.1.2. Equipos y materiales.....	127
8.2. INVERSIONES FIJAS (INTANGIBLES)	128
8.3. CAPITAL DE TRABAJO.....	128
8.4. INVERSIÓN TOTAL	129
8.5. COSTO DE FABRICACIÓN	129
8.6. INGRESOS	129
8.7. PUNTO DE EQUILIBRIO	130
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	132
CONCLUSIONES	134
RECOMENDACIONES.....	136
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	137
ANEXOS	140
A.1. RECOLECCIÓN, ACONDICIONAMIENTO Y SECADO DE MATERIA PRIMA.....	140
A.2. INFORMACIÓN TÉCNICA ADICIONAL SOBRE ANÁLISIS DE A.E. EUCALIPTO. ..	141
A.3. INFORMACIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA	143
A.4. CÁLCULOS DE VELOCIDAD DE SECADO Y HUMEDAD LIBRE.....	147
A.5. TABLAS PARA DISEÑO DE TANQUE A PRESIÓN CODIGO ASME	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rene Maurice Gattefosse	11
Figura 2. Oleorresina de Pimentón	13
Figura 3. Síntesis de vainillina o vanilina por Reimer	13
Figura 4. Clasificación de los aceites esenciales por su naturaleza química	14
Figura 5. Países exportadores de A. E. datos acumulados año 1995 - 2016.	15
Figura 6. Países importadores de A. E. datos acumulados año 1995 - 2016	15
Figura 7. Países sudamericanos exportadores de A. E. datos acumulados año 1995 – 2016.	16
Figura 8. Países sudamericanos importadores de A. E. datos acumulados año 1995 – 2016.	16
Figura 9. Importación de aceites esenciales por el Perú año 2010 - 2016.	17
Figura 10. Exportación de aceites esenciales por el Perú año 2010 - 2016.	17
Figura 11. Extracción mecánica	21
Figura 12. Montaje a presión para arrastre con vapor de agua.	22
Figura 13. Extracción por hidrodestilación	23
Figura 14. Aceite esencial de abedul (<i>Betula pendula</i>)	23
Figura 15. Extracción con solvente usando equipo Soxhlet	24
Figura 16. Diagrama de proceso de extracción con fluidos supercríticos	25
Figura 17. Montaje de Extracción asistida por microondas.	25
Figura 18. A.E. de clavo (<i>Syzygium aromaticum</i>) y su componente principal: Eugenol	26
Figura 19. Aceite esencial muy volátil - eucalipto (a), aceite menos volátil - benjuí(b)	26
Figura 20. Monoterpenos	29
Figura 21. Aromáticos volátiles	29
Figura 22. Algunos sesquiterpenos	30
Figura 23. Jerarquía cero residuos.	36
Figura 24. Etapas del Ciclo de Vida del Producto	39
Figura 25. Certificación Zero Waste - TRUE	40
Figura 26. Mezcla heterogénea aceite esencial – hidrolato	47
Figura 27. Hojas agotadas del proceso de extracción de aceite esencial.	47
Figura 28. Peso neto de importaciones de A. E. eucalipto por Perú año 2014 – 2018.	49
Figura 29. Importación de aceite esencial de eucalipto por Perú a China y Argentina.	51
Figura 30. Demanda proyectada del producto aceite esencial de eucalipto	51
Figura 31. Cantidad importada por Perú del producto 3301 año 2013-2017.	53
Figura 32. Árbol de <i>Eucalyptus globulus</i>	58
Figura 33. Insumos	58
Figura 34. Material de vidrio	59
Figura 35. Equipos de laboratorio	59
Figura 36. Instrumentos de medición y separación	60
Figura 37. Procedimiento experimental para la obtención de aceite esencial de eucalipto	61
Figura 38. Hojas de <i>Eucalyptus globulus</i> : (a) hojas jóvenes y (b) hojas adultas.	62
Figura 39. Secado natural de hojas de Eucalipto: (a) ramas y hojas, (b) hojas.	62
Figura 40. Secado forzado utilizando estufa.	63
Figura 41. Equipo para extracción por arrastre de vapor utilizado.	64
Figura 42. Decantación del producto	64
Figura 43. Equipos para análisis físico – químico	65
Figura 44. Producto aceite esencial de eucalipto.	66
Figura 45. Diagrama de rendimiento por prueba experimental.	68
Figura 46. Diagrama de tiempo de extracción por prueba experimental.	68
Figura 47. Curva de velocidad de secado.	69
Figura 48. La jerarquía Zero Waste 7.0 – 2018.	72
Figura 49. La economía circular	74
Figura 50. Modelo lineal (a) y Modelo circular (b).	75
Figura 51. Clasificación de los residuos sólidos.	76
Figura 52. Diagrama de flujo de un proceso general de gestión de residuos.	77

Figura 53. Esquema de la evolución de la materia orgánica que llega al suelo.	80
Figura 54. Temperatura, oxígeno y pH en proceso de compostaje.	81
Figura 55. Diagrama del compostaje en la planta piloto de aceite esencial de eucalipto.	84
Figura 56. Cómo clasificar tus residuos.	85
Figura 57. Reciclado integral del vidrio.	85
Figura 58. Códigos de identificación de resinas de plásticos.	86
Figura 59. Gestión del residuo papel y cartón	86
Figura 60. Proceso de segregación de residuos sólidos en la planta piloto.	87
Figura 61. Registro de manejo de residuos sólidos.	88
Figura 62. Envases y etiqueta para los productos.	90
Figura 63. Plan de manejo de residuos en la planta piloto.	91
Figura 64. Diagrama de flujo de bloques para la producción de a. e. de eucalipto.	94
Figura 65. Diagrama de flujo de proceso para la producción de a. e. de eucalipto.	95
Figura 66. Diagrama de operaciones para la producción de a.e. de eucalipto.	96
Figura 67. Balance de materia para el proceso de producción de a. e. de eucalipto	97
Figura 68. Dimensionamiento de columna de extracción.	100
Figura 69. Diseño y dimensiones de la columna de extracción.	106
Figura 70. Diseño y dimensiones del generador de vapor.	107
Figura 71. Diseño y dimensiones del decantador florentino.	108
Figura 72. Hojas jóvenes (a) y adultas (b) de eucalipto.	110
Figura 73. Módulo de ablandamiento de agua.	112
Figura 74. Distribución de planta	116
Figura 75. Fotos referenciales de la distancia de la planta piloto al mercado principal.	120
Figura 76. Vista panorámica del Pueblo de Ambar - Huaura - Lima	123
Figura 77. Cálculo del punto de equilibrio de forma gráfica.	131

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Jerarquía Taxonómica del Eucalyptus Globulus	10
Tabla 2. Principales países exportadores de Aceites esenciales.	18
Tabla 3. Principales países importadores de Aceites esenciales.	19
Tabla 4. Mercados más importantes para el producto 3301 exportado por Perú.	20
Tabla 5. Métodos de extracción de aceites esenciales.	21
Tabla 6. Índice de volatilidad de algunas esencias.	27
Tabla 7. Propiedades de los aceites esenciales según su grupo funcional	28
Tabla 8. Propiedades generales de los aceites esenciales	31
Tabla 9. Componentes químicos del aceite esencial de hojas de E. globulus.	34
Tabla 10. Descripción del Eucaliptol (Cineol), a-pineno y Limoneno.	35
Tabla 11. Jerarquía Zero Waste	36
Tabla 12. Proyectos destacados con certificación TRUE Zero Waste.	40
Tabla 13. Requisitos del Producto aceite esencial de Eucalyptus globulus	42
Tabla 14. Correlaciones para la subpartida nacional 3301.29.20.00	42
Tabla 15. Análisis comparativo del aceite esencial de Eucalyptus globulus.	44
Tabla 16. Partidas arancelarias de aceite esencial de eucalipto y afines.	46
Tabla 17. Valores FOB de importaciones y exportaciones de aceite esencial de eucalipto por Perú.	48
Tabla 18. Peso neto de importaciones y exportaciones de aceite esencial de eucalipto por Perú.	48
Tabla 19. Importación de aceite esencial de eucalipto por Perú año 2014.	49
Tabla 20. Importación de aceite esencial de eucalipto por Perú año 2015.	49
Tabla 21. Importación de aceite esencial de eucalipto por Perú año 2016.	50
Tabla 22. Importación de aceite esencial de eucalipto por Perú año 2017.	50
Tabla 23. Importación de aceite esencial de eucalipto por Perú año 2018.	50
Tabla 24. Valores de productos importados por Perú afines al producto 3301.	52
Tabla 25. Cantidad de productos importados por Perú afines al producto 3301.	52
Tabla 26. Empresas en el Perú que importan aceite esencial de eucalipto.	53
Tabla 27. Valores de productos exportados por Perú afines al producto 3301.	54
Tabla 28. Cantidades de productos exportados por Perú afines al producto 3301.	54
Tabla 29. Factores y dominio experimental	57
Tabla 30. Matriz de experimentos y plan de experimentación.	57
Tabla 31. Relación entre hojas y ramas de la materia prima recolectada.	66
Tabla 32. Evolución de la etapa de secado natural del Eucalyptus globulus.	67
Tabla 33. Data obtenida del proceso de extracción de aceite esencial de eucalipto.	67
Tabla 34. Comparación entre modelo lineal y circular.	75
Tabla 35. Identificación de residuos por actividades de la planta piloto.	78
Tabla 36. Control de aireación.	81
Tabla 37. Parámetros de humedad óptimos.	82
Tabla 38. Parámetros de temperatura óptimos.	82
Tabla 39. Parámetros de pH óptimos.	83
Tabla 40. Parámetros de la relación Carbono / Nitrógeno.	83
Tabla 41. Parámetros de compostaje.	83
Tabla 42. Comparación de métodos para la extracción de aceite esencial de eucalipto.	89
Tabla 43. Comparación entre secado natural y forzado, para hojas de eucalipto.	90
Tabla 44. Características de la Materia Prima	109
Tabla 45. Análisis comparativo de valores promedios.	110
Tabla 46. Análisis de materia prima para producción diaria.	111
Tabla 47. Análisis de materia prima para producción mensual.	111
Tabla 48. Equipos y materiales que se utilizarán en la planta piloto.	113
Tabla 49. Recursos humanos	114
Tabla 50. Análisis de los elementos climáticos	119
Tabla 51. Análisis de la proximidad a la materia prima.	119
Tabla 52. Análisis de la proximidad a los mercados.	120

Tabla 53. Análisis del costo del terreno.	120
Tabla 54. Análisis de los servicios públicos.	121
Tabla 55. Evaluación de los factores de localización.	122
Tabla 56. Inversiones fijas tangibles (terreno y obras civiles)	127
Tabla 57. Inversiones fijas tangibles (equipos y materiales)	127
Tabla 58. Inversiones Fijas (Intangibles)	128
Tabla 59. Capital de trabajo para un mes.	128
Tabla 60. Costo de fabricación.	129
Tabla 61. Ingreso mensual por venta de productos	129
Tabla 62. Utilidad o pérdida operacional	130

RESUMEN

El presente trabajo de tesis muestra el diseño de una planta piloto agroindustrial, para producir aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), haciendo uso de los parámetros de operación más adecuados obtenidos en las pruebas experimentales, además, se considera desde el diseño, la aplicación de la filosofía “Zero Waste”.

Se obtuvieron los mejores resultados, al trabajar con una matriz vegetal seca sometida a reducción de tamaño aproximado de 20 mm, la cual fue sometida a extracción por el método de arrastre de vapor, no convencional, a 10 bar de presión, en un tiempo de extracción de 24 minutos, obteniendo un rendimiento promedio de 2.8 % (g/g) del producto aceite esencial de eucalipto, que presentó una densidad de 0.924g/mL. El producto obtenido fue analizado en la Unidad de productos naturales de la UPCH - Perú, por GC-MS, el cual identificó la presencia de 26 componentes, siendo los componente mayoritarios el Eucaliptol en un 54.88% y el α -pineno en un 15.36%, cumpliendo los estándares de calidad requeridos.

Se diseñó una planta piloto agroindustrial, aplicando la filosofía “Residuo Cero”, para lo cual se realizó una identificación de residuos que se generarán en el dominio, se eligió las operaciones unitarias más amigables al medio ambiente que intervendrán en el proceso, y se elaboró un plan de manejo de residuos parcial, compuesto por las etapas de minimización, segregación y almacenamiento. La planta piloto tendrá una producción de 48 Kg al año, pretendiendo satisfacer el 0.8% de la demanda nacional proyectada para el 2020 del producto aceite esencial de eucalipto, teniendo como referencia las importaciones del producto al país Argentina por el Perú, además, estará construida en un terreno de 300 m², dividido en área de secado, de reducción de tamaño, de proceso, de ablandamiento de agua y de residuos. Finalmente, se calculó una inversión necesaria de S/. 79480, para la construcción y arranque de planta.

Palabras clave: Aceite esencial, extracción por arrastre de vapor, filosofía “Zero Waste”.

ABSTRACT

This thesis presents the design of an agro industrial pilot plant, to produce essential oil of eucalyptus (*Eucalyptus globulus*), making use of the most adequate operating parameters obtained in the experimental tests, in addition, the "Zero Waste" philosophy was applied in the design.

The best results were obtained when working with a dry vegetable matrix subjected to an approximate size reduction of 20 mm, which was subjected to extraction by the unconventional steam drag method, at 10 bar pressure, in a time of 24 minutes extraction, obtaining an average yield of 2.8% (g/g) of the eucalyptus essential oil product, which presented a density of 0.924 g/mL. The product obtained was analyzed in the Natural Products Unit of UPCH - Peru, by GC-MS, which identified the presence of 26 components, with Eucalyptol as the major component in 54.88% and α -pinene in 15.36%, complying with the required quality standards.

The agro industrial pilot plant was designed, under the "Zero Waste" philosophy, so, the waste that will be generated in the domain was identified, the unit operations that are friendlier to the environment that will intervene in the process were chosen, and a partial waste management plan was elaborated, composed of the stages of minimization, segregation and storage. The pilot plant will have a production of 48 kg per year, aiming to satisfy 0.8% of the national demand projected for the year 2020 of the product essential oil of eucalyptus, taking as a reference the imports of the product to the country Argentina by Peru, in addition, it will be built in a area of 300 m², divided into drying area, size reduction, process, water softening and waste. Finally, an investment of S /.79480 is necessary for the construction and plant start-up.

Key words: Essential oil, Extraction by steam drag, "Zero Waste" philosophy.

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal del trabajo de tesis está enfocado en desarrollar el diseño de una planta piloto agroindustrial para la producción de aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), bajo la filosofía Zero Waste. El trabajo de tesis consta de ocho capítulos que de manera concisa se describen como sigue.

En el capítulo 1, se desarrolla los aspectos generales, el problema de investigación, los objetivos, la importancia y justificación del estudio.

El capítulo 2 presenta el marco teórico, donde se exponen los fundamentos teóricos relacionados a los métodos de extracción, propiedades y producción de aceites esenciales, y composición química del aceite esencial de eucalipto, se concluye con los conceptos de la filosofía Residuo Cero.

En el capítulo 3 se desarrolla el estudio del mercado, se presentan datos de exportación e importación obtenidos de portales webs como The Observatory of Economic Complexity, Trade statistics for international business development, y de la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria – SUNAT, datos requeridos para establecer el tamaño de planta y conocer la oferta y demanda del producto, y los principales importadores del producto aceite esencial de eucalipto en el Perú.

En el capítulo 4 se desarrolla los aspectos del trabajo experimental, tales como, el diseño y el procedimiento experimental, la tabulación de resultados y el análisis de datos, con el fin de obtener los parámetros operacionales más adecuados.

El capítulo 5 se describe la filosofía del proyecto, los fundamentos sobre la economía circular y gestión de residuos, luego se realiza la identificación de residuos que serán producidos en cada etapa del proceso productivo, se establece un plan interno de manejo de residuos, además, la elección de operaciones unitarias más adecuadas desde el punto de vista medioambiental.

En el capítulo 6 se desarrolla la ingeniería del proyecto, dividido en la ingeniería del proceso, que está compuesto por la descripción del método de extracción, los diagramas y balances del proceso, y la ingeniería de detalle, donde se expone el diseño de los principales equipos, la materia prima, insumos, equipos y accesorios necesarios para el proceso productivo.

En el capítulo 7 se realiza la localización y tamaño de planta, bajo un análisis de factores de localización, utilizando el método de factores ponderados, y se exponen los factores condicionantes para el tamaño de planta.

El capítulo 8 muestra el estudio económico del proyecto, exponiendo la inversión necesaria para la construcción de la planta piloto, el capital de trabajo para el primer mes de producción, el costo de fabricación, y el punto de equilibrio con el fin de evitar pérdidas operacionales.

Además, se presenta el análisis y discusión de resultados, las conclusiones y recomendaciones, en concordancia a los objetivos de presente trabajo de investigación. Finalmente, se incluyen las referencias bibliográficas y los anexos.

Capítulo I. **ASPECTOS GENERALES**

1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1. Problema General

¿Será posible diseñar una planta piloto agroindustrial para la producción de aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), no convencional, bajo la filosofía “Zero Waste”?

1.1.2. Problemas Específicos

- ¿Es posible evaluar la influencia de las características operacionales, y el tamaño de la materia prima sobre el rendimiento del proceso de extracción de aceite esencial, de forma experimental a escala banco?
- ¿Es posible seleccionar un método no convencional de extracción de aceites esenciales, de características ecológicas y alto rendimiento, para aplicarlo al diseño de una planta productiva de aceite esencial de eucalipto?
- ¿Será posible la caracterización del aceite crudo obtenido por el método aplicado a nivel banco que brinda el mayor rendimiento, haciendo uso de diversas técnicas estandarizadas de análisis organoléptico, químico y fisicoquímico?
- ¿Es posible aplicar la filosofía “Zero Waste” al proceso de producción de aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus*)?
- ¿Será posible, con la data experimental obtenida a nivel banco, diseñar una planta piloto agroindustrial para la producción de aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus*)?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Diseñar una planta piloto agroindustrial para la producción de aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), no convencional, bajo la filosofía “Residuo Cero”.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Evaluar experimentalmente la influencia de las características operacionales, y el tamaño de la materia prima sobre el rendimiento del proceso de extracción del aceite esencial crudo, a escala banco.
- Evaluar y seleccionar un método de extracción no convencional de aceites esenciales, de alto rendimiento y amigable con el medio ambiente, para aplicarlo en el diseño de una planta piloto productiva de aceite esencial de *Eucalyptus globulus*.
- Caracterizar y evaluar la calidad del producto obtenido, utilizando los métodos estándares de laboratorio.
- Desarrollar la metodología ingenieril para el diseño de una planta piloto agroindustrial, no convencional, de producción de aceite esencial de eucalipto bajo la filosofía “Zero Waste”, utilizando la data experimental obtenida y validada a escala banco.

1.3. IMPORTANCIA

El presente trabajo de investigación es de gran importancia, porque su propósito es el de diseñar una planta piloto agroindustrial, bajo la filosofía “Zero Waste”, una filosofía medioambiental, relacionada con la economía circular, un nuevo paradigma en proceso de consolidación, “Zero Waste” pretende minimizar la producción de residuos en las etapas del proceso y gestionarlos para su tratamiento; Así mismo, se busca utilizar un método de extracción amigable con el medio ambiente, que nos permita obtener un buen rendimiento del producto aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus*). La producción y venta de aceite esencial de eucalipto será un objetivo de la planta piloto, otro de los objetivos será la búsqueda de nuevo conocimientos, permitiéndonos predecir, el comportamiento de una planta a nivel industrial, las condiciones de operación, parámetros de diseño, corrosión y otros, conjuntamente el desarrollo de habilidades como la toma de decisiones, trabajo en equipo,

manejo y manipulación de variables, comprensión de procesos, resolución de problemas y creatividad por parte de los involucrados.

1.4. JUSTIFICACIÓN

- Los resultados mostrados en la sección experimental, han sido obtenidos de materia prima de procedencia local en cantidad y calidad suficiente, lo que permitió realizar el estudio correspondiente.
- Los ensayos experimentales descritos en la sección correspondiente, fueron desarrollados en un módulo experimental a nivel banco, en el Laboratorio del Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología – CIDET, del Departamento de Procesos, Facultad de Química e Ingeniería Química - UNMSM, bajo la asesoría externa del Dr. Alfredo Palomino Infante.
- De acuerdo a los resultados obtenidos, es factible caracterizar fisicoquímicamente el producto obtenido, utilizando la Norma Técnica Peruana NTP 319.093:1974 (Revisada el 2016) ACEITES ESENCIALES. aceite esencial de *Eucalyptus globulus*, y normas incluidas en su contenido, para tal efecto se debe contar con los medios y equipos descritos en la norma.
- La caracterización química del producto obtenido ha sido realizada por la Unidad de Investigación en Productos Naturales, de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, universidad acreditada internacionalmente; aplicando análisis por instrumentación método GC-MS, que ha validado y garantiza la calidad y pureza del producto final.
- Los resultados del estudio pueden aplicarse con un impacto positivo en el sector agroindustrial del país, para tal efecto se propone el diseño de un proceso ambientalmente amigable, en el que se aplica una filosofía para la minimización de residuos y considera el uso alternativo de los mismos, contribuyendo de esta manera en considerar el cuidado ambiental desde el diseño de una planta agroindustrial.

Capítulo II. **MARCO TEÓRICO**

2.1. LA MATERIA PRIMA: Eucalipto

El eucalipto (*Eucalyptus globulus*) es una especie arbórea de la familia de las mirtáceas, originarias del sureste de Australia y Tasmania, pero que también se encuentran en nuestro Perú, producto de su siembra por parte de investigadores y extranjeros quienes trajeron las semillas australianas, con la finalidad de cultivarlos para uso como combustible.

2.1.1. Descripción Taxonómica

Tabla 1. Jerarquía Taxonómica del Eucalyptus Globulus

Jerarquía Taxonómica	
Reino	Plantae
Sub reino	Viridiplantae
Infra reino	Streptophyta – Plantas terrestres
Superdivisión	Embryophyta
División	Tracheophyta – Plantas vasculares, traqueofitas
Subdivisión	Spermatophyta – espermatofitos, plantas de semillas, Phanérogames
Clase	Magnoliopsida
Superorden	Rosanae
Orden	Myrtales
Familia	Myrtaceae – myrtles, myrtacées
Género	Eucalyptus
Especie	Eucalyptus Globulus

Fuente: adaptado de ITIS Standard Report Page: *Eucalyptus globulus* (2018)

2.1.2. Variedades de Eucalipto

Según ITIS (2018), nos muestra 281 especies del género *Eucalyptus*, algunas de éstas se nombran a continuación:

- *Eucalyptus globulus*
- *Eucalyptus coronata*
- *Eucalyptus largiflorens*
- *Eucalyptus camadulensis*

2.2. ACEITES ESENCIALES

2.2.1. Aspectos históricos de los aceites esenciales

Los aceites esenciales han estado presentes en la vida del hombre desde tiempos remotos, sirviendo principalmente como medicina. Para el arte de la alquimia, el alma de una planta es su aceite y el alcohol su espíritu. Según los antiguos jeroglíficos egipcios y los manuscritos chinos, los sacerdotes y los alquimistas utilizaban los aceites esenciales para curar algunas enfermedades. La cultura china utilizó aceites esenciales para la curación desde 3000 a. C, como lo demostró el descubrimiento del libro herbario de Shen Nong Shi, el cual expone más de 350 hierbas, usos y aplicación en la medicina, incluida su aplicación. Las culturas griega y romana adoptaron los métodos de curación de los egipcios, Grecia fue conocida por sus casas de baño y los antiguos romanos eran grandes creyentes en la higiene para promover la salud y siempre dieron gran importancia al poder de las fragancias, practicando la aromaterapia. Rene Maurice Gattefosse acuñó el término aromaterapia, así que durante la Segunda Guerra Mundial, como resultado de los experimentos de Gattefosse, el Dr. Jean Valet usó aceites esenciales para tratar con éxito las infecciones y heridas de soldados heridos (Essanté ORGANICS, s.f.).



Figura 1. Rene Maurice Gattefosse

Fuente: Essanté ORGANICS, s. f.

2.2.2. Los Aceites esenciales

“Son sustancias odoríferas de naturaleza oleosa encontradas prácticamente en todos los vegetales; son muy numerosos y están ampliamente distribuidos en las distintas partes de la misma planta: en las raíces, tallos, hojas, flores y frutos” (Vásquez , Alva, & Marreros, 2001). Son los constituyentes odoríferos o “esencias” de una planta. El término aceite, probablemente, se origina del hecho que el aroma de una planta existe en las glándulas o entre las células en forma líquida, el cual al igual que los aceites grasos son inmiscibles con el agua. (Lock de Ugaz, 1994)

Según Briga (1962), citado en Vásquez et al. (2001), “los aceites esenciales son componentes heterogéneos de terpenos, sesquiterpenos, ácidos, ésteres, fenoles, lactonas; todos ellos fácilmente separables ya sean por métodos químicos o físicos, como la destilación, refrigeración, centrifugación, etc.”

2.2.3. Clasificación general de aceites esenciales

2.2.3.1. Por su consistencia

Los aceites esenciales por su consistencia, según Martínez (2003), se clasifican en las esencias fluidas que vienen a ser líquidos volátiles a temperatura ambiente, los bálsamos que son extractos naturales obtenidos de un arbusto o un árbol, tienen alto contenido de ácido benzoico y cinámico, de consistencia espesa, poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización, y finalmente, las oleorresinas que tienen el aroma de las plantas en forma concentrada y son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas.

- Ejemplos de sustancias fluidas: esencia de eucalipto, romero, menta, salvia, limón y albahaca.
- Ejemplos de bálsamos: bálsamo de copaiba, benjuí, tolú y estoraque.
- Ejemplos de Oleorresinas: caucho, gutapercha, chicle, balata, oleorresina de paprika, de pimienta negra, de clavero, etc.

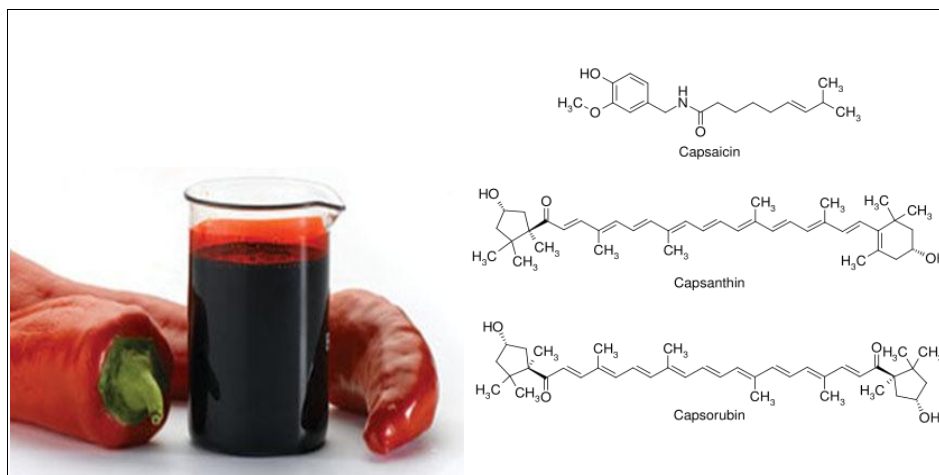


Figura 2. Oleoresina de Pimentón

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Oleoresina_de_piment%C3%B3n

2.2.3.2. Por su origen

Los aceites esenciales clasificados por su origen, según Martínez (2003), se pueden clasificar en naturales, que son obtenidos de forma directa de la planta sin sufrir modificaciones físicas ni químicas posteriores y debido a su bajo rendimiento son costosas (aceite esencial de eucalipto), los artificiales, que se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes, y los sintéticos, que son producidos por la combinación de sus componentes o por síntesis química, dado a su forma de su producción son de menor costo y muy utilizados como aromatizantes y saborizantes (esencias de vainilla, limón, fresa, etc.).

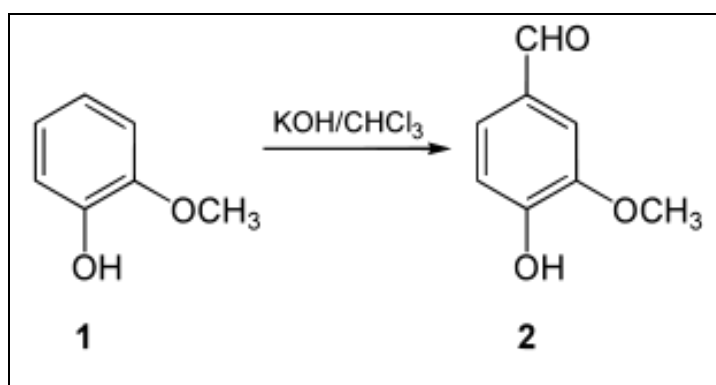


Figura 3. Síntesis de vainillina o vanilina por Reimer

(1) Guayacol

(2) Vainilina

Fuente: <https://en.wikipedia.org/wiki/Vanillin>

2.2.3.3. Por naturaleza química

A pesar de su composición compleja con diferentes tipos de sustancias, los aceites esenciales se pueden clasificar de la siguiente manera:

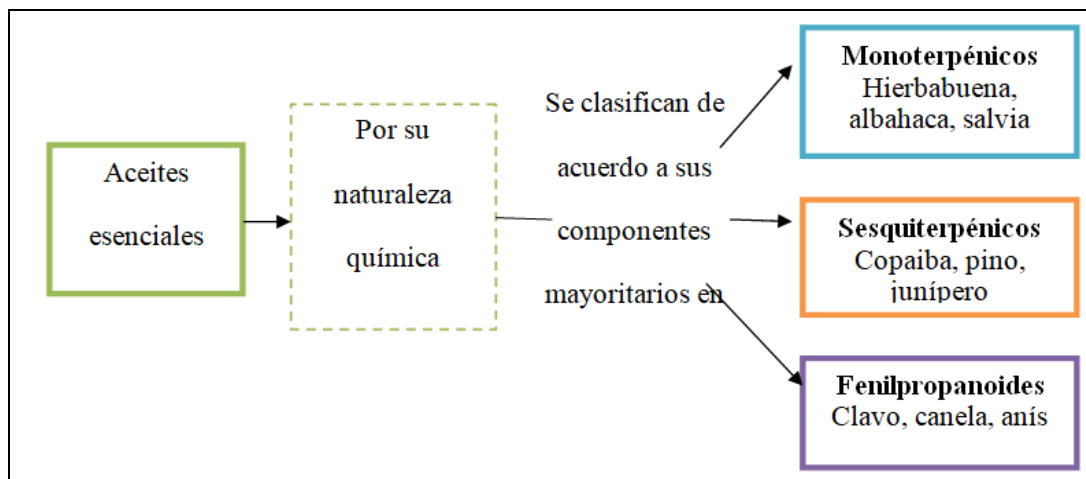


Figura 4. Clasificación de los aceites esenciales por su naturaleza química

Fuente: Adaptado de Martínez, (2003).

2.2.4. Producción de aceites esenciales

2.2.4.1. Producción mundial

The Observatory of Economic Complexity - OEC (2018), muestra datos acumulados desde el año 1995 al 2016, sobre los principales exportadores de Aceites Esenciales, los Estados Unidos lidera la lista con \$609 Millones, seguido por , la India (\$536 Millones), China (\$486 Millones), Francia (\$398 Millones) y Brasil (\$327 Millones), así mismo, los principales importadores que se presentan son, los Estados Unidos (\$1,06 Miles de millones), Francia (\$387 Millones), Alemania (\$311 Millones), el Reino Unido (\$290 Millones) y la India (\$210 Millones).

Desde el año 1995 al 2016, Estados Unidos tiene una exportación acumulada de aceites esenciales a nivel mundial del 13%, seguido de India (11%), china (10%), Francia (8.4%) y Brazil (6.9%).(OEC: The Observatory of Economic Complexity, 2018)

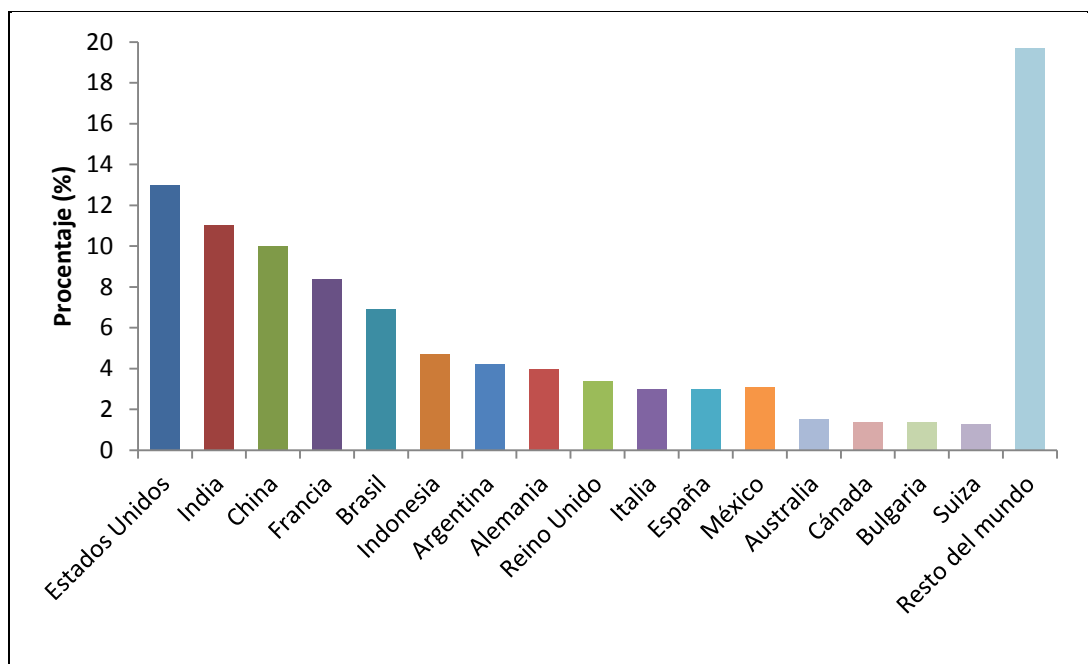


Figura 5. Países exportadores de Aceites Esenciales datos acumulados año 1995 - 2016.

Fuente: Adaptado de OEC: The Observatory of Economic Complexity, (2018)

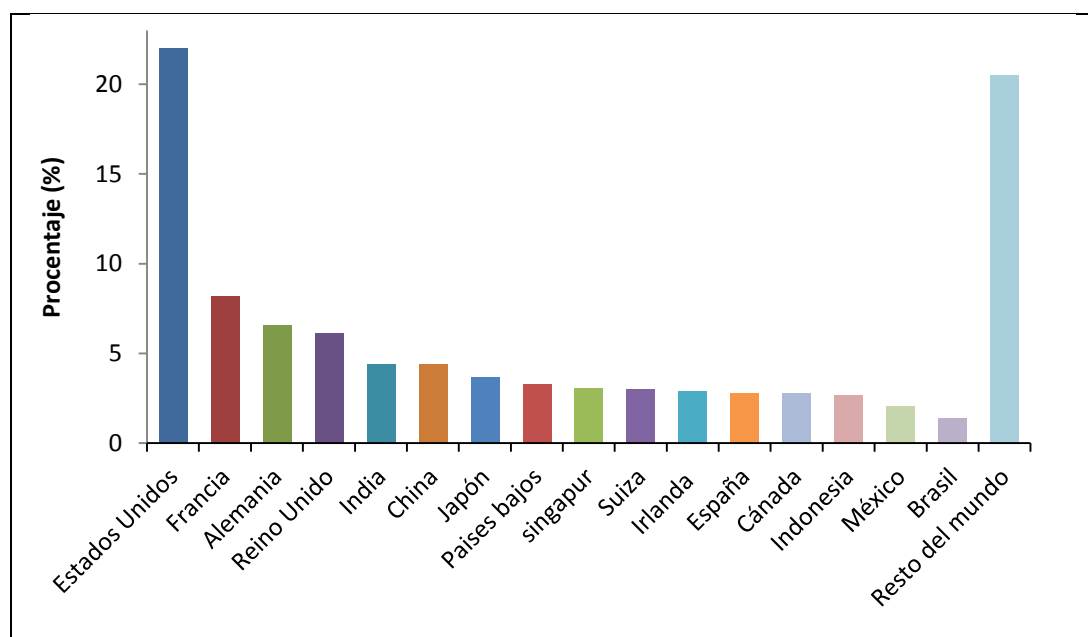


Figura 6. Países importadores de Aceites Esenciales datos acumulados año 1995 - 2016

Fuente: Adaptado de OEC: The Observatory of Economic Complexity, (2018)

En importaciones desde el año 1995 al 2016, los Estados Unidos tiene un acumulado de 22%, seguido de Francia (8.2%), Alemania (6.6%), Reino unido (6.1%), y la India (4,4%).(OEC: The Observatory of Economic Complexity, 2018)

A nivel de América del Sur, desde el año 1995 al 2016, el mayor exportador de aceites esenciales fue Brasil, con el 55% del total exportado, seguido por Argentina (33%) y Perú (5.6%). Así mismo el mayor importador de aceites esenciales fue Brasil (51%), seguido por Argentina (18%) y Colombia (10%). (OEC: The Observatory of Economic Complexity, 2018)

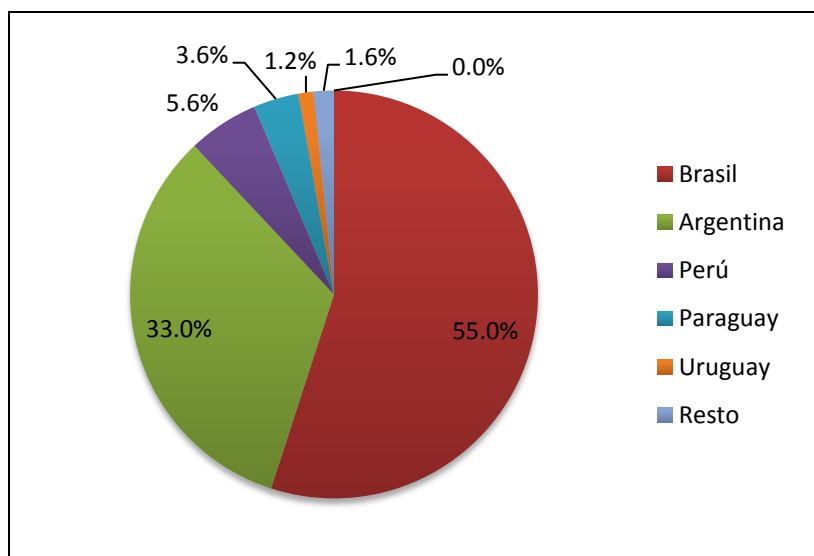


Figura 7. Países sudamericanos exportadores de Aceites Esenciales datos acumulados año 1995 – 2016.

Fuente: Adaptado de OEC: The Observatory of Economic Complexity, (2018)

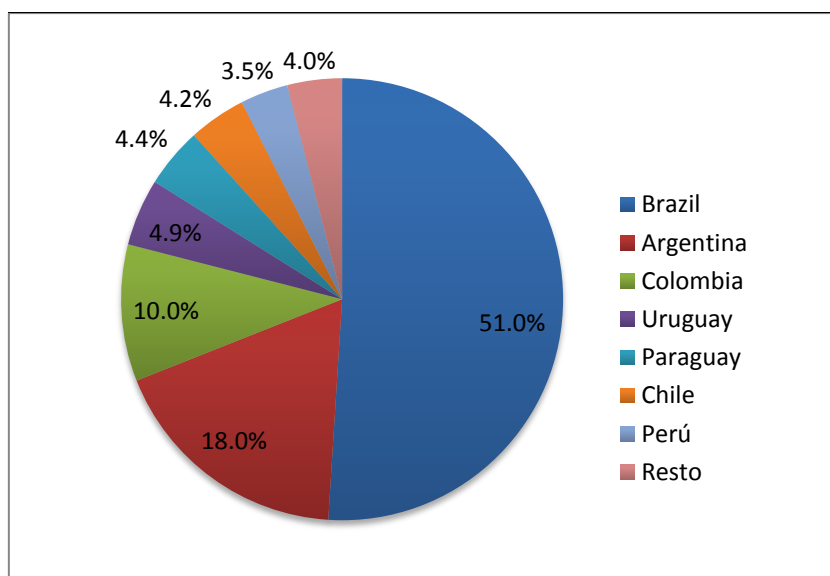


Figura 8. Países sudamericanos importadores de Aceites Esenciales datos acumulados año 1995 – 2016.

Fuente: Adaptado de OEC: The Observatory of Economic Complexity, (2018)

The Atlas of Economic Complexity (2018), nos muestra diagramas estadísticos sobre exportaciones e importaciones (Figura 9 y 10) de aceites esenciales (producto 3301).

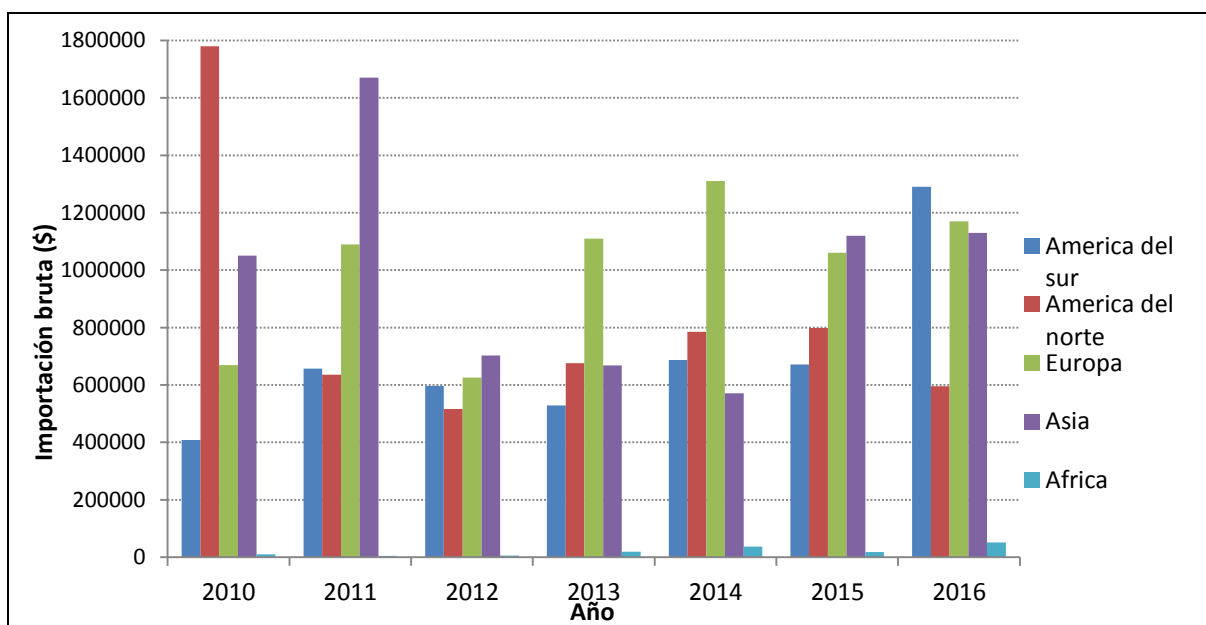


Figura 9. Importación de aceites esenciales por el Perú año 2010 - 2016.

Fuente: The Atlas of Economic Complexity, (2018)

Europa y Norteamérica, son los continentes con mayor importación, en los últimos cinco años vienen incrementando sus importaciones en aceites esenciales. Además, Sudamérica también presenta una necesidad creciente de aceites esenciales desde el 2006, siendo un mercado a tener en cuenta.

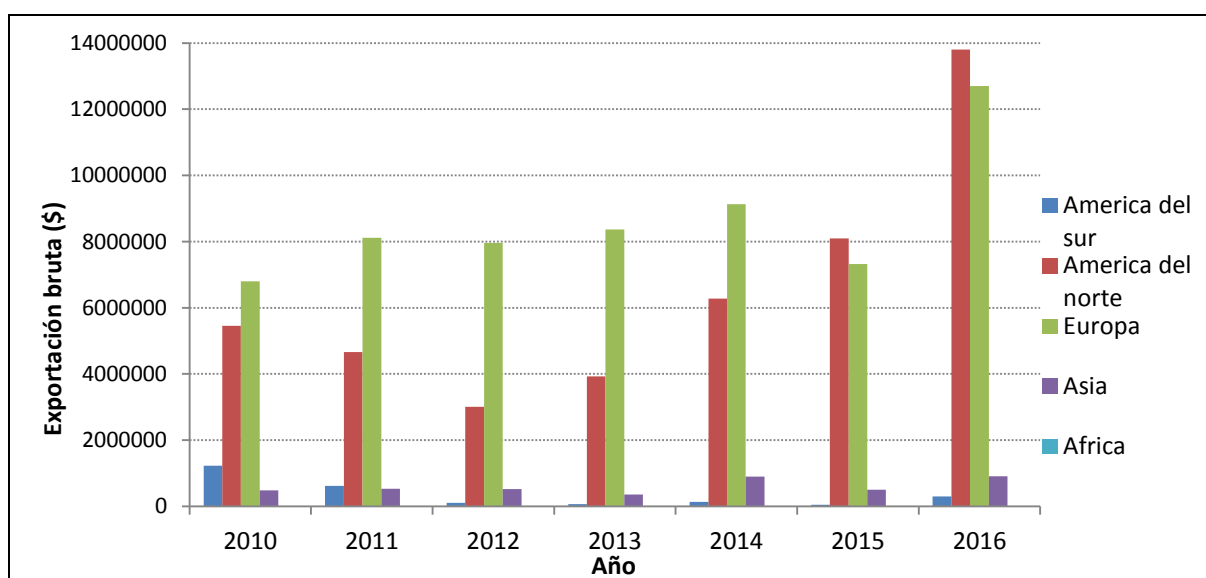


Figura 10. Exportación de aceites esenciales por el Perú año 2010 - 2016.

Fuente: The Atlas of Economic Complexity, (2018)

TradeMap – Estadísticas para el desarrollo internacional de las empresas (2018), muestra los siguientes valores de exportación e importación en miles de dólares americanos, realizados desde el año 2012 al 2017 por los principales países exportadores e importadores:

Tabla 2. Principales países exportadores de Aceites esenciales.

Exportadores	Valor de Exportación (MUS\$)					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Mundo	3.669.877	4.020.088	4.540.404	4.916.605	4.782.692	5.411.435
USA	492.636	503.184	566.551	598.495	634.821	728.974
India	724.321	725.826	606.221	572.995	607.726	608.459
Francia	273.752	300.823	366.936	355.171	396.796	471.376
Brasil	244.879	202.937	228.609	256.877	339.048	431.217
China	222.094	336.234	594.871	793.598	423.524	354.559
Reino Unido	194.997	227.866	267.655	243.714	218.628	271.915
Alemania	149.522	156.554	173.876	178.693	191.524	217.496
Países Bajos	29.800	92.124	127.024	143.853	163.595	212.181
Argentina	166.096	182.324	119.500	224.655	196.376	203.718
España	82.493	112.539	125.795	125.807	124.928	161.836
Italia	98.462	112.380	145.616	132.492	137.698	161.826
México	82.346	90.282	126.565	137.558	144.926	160.897
Indonesia	134.205	123.048	156.301	179.905	166.380	160.368
Bulgaria	34.491	39.142	51.242	62.413	59.576	100.096
Australia	51.012	53.695	58.186	58.266	60.722	88.038
Canadá	40.362	46.482	50.526	55.148	68.117	84.297
Perú *	9.419	10.880	15.513	18.057	19.796	19.323

Nota: (*) Se incluye a Perú como referencia comparativa, encontrándose éste en el puesto 33 para el año 2017.

Fuente: Trade Map - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, (2018)

Tabla 3. Principales países importadores de Aceites esenciales.

Importadores	Valor de Importación (MUS\$)					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Mundo	3.676.777	3.961.302	4.239.312	4.516.285	4.676.615	5.474.652
Estados Unidos de América	676.267	750.208	858.081	987.623	1.026.080	1.269.514
Francia	297.496	318.747	376.704	380.759	386.992	443.391
Alemania	284.902	284.876	308.413	322.693	355.509	415.443
Reino Unido	251.487	273.732	306.498	326.138	285.067	334.180
Países Bajos	71.570	137.466	166.499	179.059	212.593	290.454
China	210.299	263.384	221.099	228.330	189.290	204.299
India	120.740	135.683	159.914	160.506	212.284	204.278
Japón	235.632	175.883	171.466	155.689	174.622	179.666
Singapur	159.972	136.884	133.225	132.688	150.456	169.583
Canadá	59.208	71.647	109.863	117.849	130.955	169.326
Suiza	117.873	125.728	137.358	138.462	138.803	158.500
España	96.694	109.111	121.430	136.733	125.419	147.426
Irlanda	133.796	127.459	73.729	146.529	131.473	140.384
Indonesia	68.774	137.455	122.403	114.912	129.440	127.677
México	77.443	88.275	77.035	87.432	99.020	104.116
Arabia Saudita	53.360	56.975	67.754	85.981	66.990	86.524
Australia	36.783	35.501	39.057	49.461	58.585	84.514
República Islámica de Irán	11.174	14.823	10.142		11.119	74.830
Italia	55.749	55.986	72.558	62.282	67.390	69.715
Perú *	2.632	3.075	3.209	2.893	4.123	4.214

Nota: (*) Se incluye a Perú como referencia comparativa, encontrándose éste en el puesto 60 para el año 2017.
Fuente: Trade Map - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, (2018)

2.2.4.2. Producción Nacional

Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas – Trademap, nos provee información sobre los mercados más importantes para el producto aceite esencial (3301) producido por el Perú, del año 2013 al 2017, en miles de dólares americanos (MUS\$).

Tabla 4. Mercados más importantes para el producto 3301 exportado por Perú.

Importadores	Valor exportado (MUS\$)				
	2013	2014	2015	2016	2017
Mundo	10.880	15.513	18.057	19.796	19.323
Reino Unido	4.272	6.357	7.057	5.794	5.569
Estados Unidos de América	437	2.282	5.165	5.929	3.450
Países Bajos	1.834	1.761	1.621	4.246	3.280
Irlanda	0	0	0	0	3.010
México	3.217	2.140	3.237	2.639	3.008
Chile	2	16	38	508	362
Uruguay	0	0	0	0	254
Japón	169	393	216	441	233
Canadá	86	0	0	30	59
Francia	1	49	345	40	32
España	8	13	3	14	21
Taipei Chino	0	0	0	12	18
Argentina	9	100	3	0	10

Fuente: Trade Map - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, (2018)

2.2.5. Métodos de obtención de aceites esenciales

Existen diferentes técnicas de extracción, los cuales se utilizarán de acuerdo a las características que presente la materia prima y de los componentes del aceite esencial, algunos métodos pueden dañar la materia prima y descomponer el producto que se quiere obtener. En la Tabla 05, se resume los métodos de extracción más conocidos.

Tabla 5. Métodos de extracción de aceites esenciales.

Método	Procedimiento	Productos Obtenidos	
Métodos directos	Extrusión Compresión de cáscaras Raspado de cáscaras	Aceites esenciales cítricos	
	Exudación Lesiones mecánicas en cortezas	Gomas, resinas, bálsamos	
Destilación	Directa Arrastre con vapor de agua (directo, indirecto, a presión, a vacío)	Aceites esenciales y aguas aromáticas	
	Destilación – maceración (liberación enzimática de agliconas en agua caliente)		
Métodos Indirectos	Solventes volátiles En caliente	Infusiones y resinoides alcohólicos	
	Extracción con solventes fijos (grasas y aceites)	En frío	Concretos y absolutos
		En caliente	Absolutos de pomadas
	Técnicas de Vanguardia	En frío	Absolutos de enflorados
Utilización de ultrasonidos en el proceso extractivo de la destilación			
Extracción por microondas Extracción con fluidos en estado supercrítico			

Fuente: Adaptado de Montoya Cadavid, (2010).

2.2.5.1. Extracción mecánica.

Los métodos directos son aplicados principalmente a los cítricos, dado que sus aceites están presentes en la corteza de la fruta, y el calor de los métodos de destilación puede alterar su composición.

El aceite de los cítricos está contenido en numerosas celdillas distribuidas regularmente en el epicarpio. Al exprimir la corteza se rompen las celdillas y emerge el aceite que se recolecta en forma inmediata como un líquido turbio con el agua de las células, para evitar que sea absorbido por la corteza esponjosa que resulta después de este tipo de procesos. Por esta razón todas las maquinas que procesan cítricos cuentan con un sistema de aspersión de agua que moja constantemente la superficie del fruto. Finalmente, el aceite se separa y clarifica por decantación, centrifugación, filtración u otros métodos. (Cooksley, 1996)

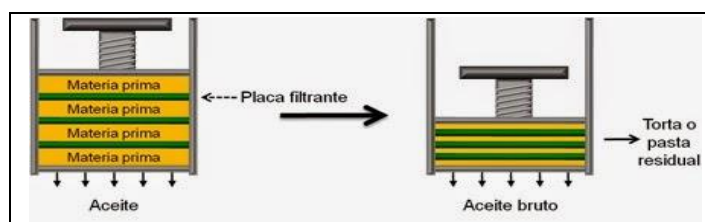


Figura 11. Extracción mecánica

Fuente: <http://elpequenoagroindustrial.blogspot.com/>

2.2.5.2.Extracción por arrastre de vapor.

Cuando se usa vapor saturado o sobrecalentado, fuera del equipo principal, es llamado destilación por arrastre de vapor. (Guenther, 1948)

Es el proceso más común para obtener los aceites esenciales de las plantas, más no es aplicable a flores. En esta técnica se aprovecha la propiedad que tienen las moléculas de agua en estado de vapor de asociarse con moléculas de aceites. La extracción se efectúa cuando el vapor por presión entra en contacto con las células de las partes de las plantas y las rompe liberando la esencia y atrapándola en las gotas de agua del vapor que luego se condensa en el destilador. (Bandoni, 2002)

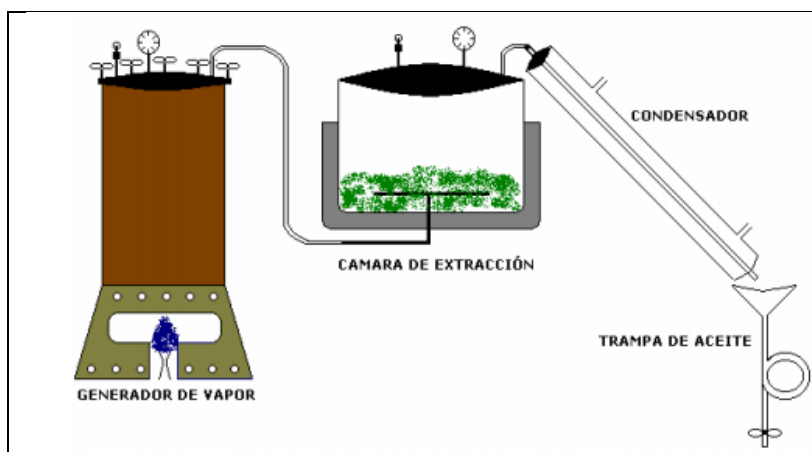


Figura 12. Montaje a presión para arrastre con vapor de agua.

Fuente: Albarracín & Gallo, (2003).

Cuando se usa vapor saturado, pero la materia no está en contacto con el agua generadora, sino con un reflujo del condensado formado en el interior del destilador y se asumía que el agua era un agente extractor, se le denominó hidroextracción. (Palomino & Cerpa, 1999)

2.2.5.3.Extracción por hidrodestilación.

Cuando se usa vapor saturado, pero la materia prima está en contacto íntimo con el agua que genera el vapor, se llama hidrodestilación. (Guenther, 1948)

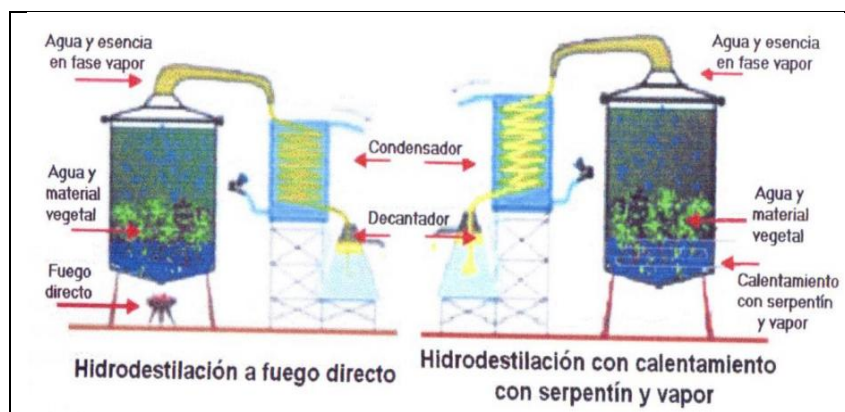


Figura 13. Extracción por hidrodestilación

Fuente: Servicio Nacional de Aprendizaje, s. f.

2.2.5.4. Destilación previa maceración.

Bandoni (2002), expresa que “en algunos casos las plantas aromáticas se someten a un proceso de maceración en agua caliente para favorecer la separación de su aceite esencial ya que sus componentes volátiles están ligados a componentes glicosidados. El método se aplica para extraer el aceite de semilla de almendras amargas, bulbos de cebolla, bulbos de ajo semillas de mostaza, hojas de gaulteria y hojas de corteza de abedul”.



Figura 14. Aceite esencial de abedul (*Betula pendula*)

Fuente: <https://belleza.uncomo.com/>

2.2.5.5. Extracción con solventes.

Este método se basa en la facilidad de los disolventes orgánicos para penetrar en el material vegetal y disolver sus aceites volátiles, esto es posible a las diferencias de punto de ebullición entre el aceite esencial y el solvente. En esta técnica, usualmente utilizando un equipo Soxhlet, la muestra seca y molida se pone en contacto con solventes tales como éter

de petróleo, pentano, éter etílico, alcohol, cloroformo, etc. Estos solventes solubilizan la esencia pero también solubilizan y extraen otras sustancias tales como ácidos grasos, ceras y pigmentos, que se pueden separar por destilación controlada. Las extracciones que se realizan son empleados básicamente en la industria perfumera (Cooksley, 1996).

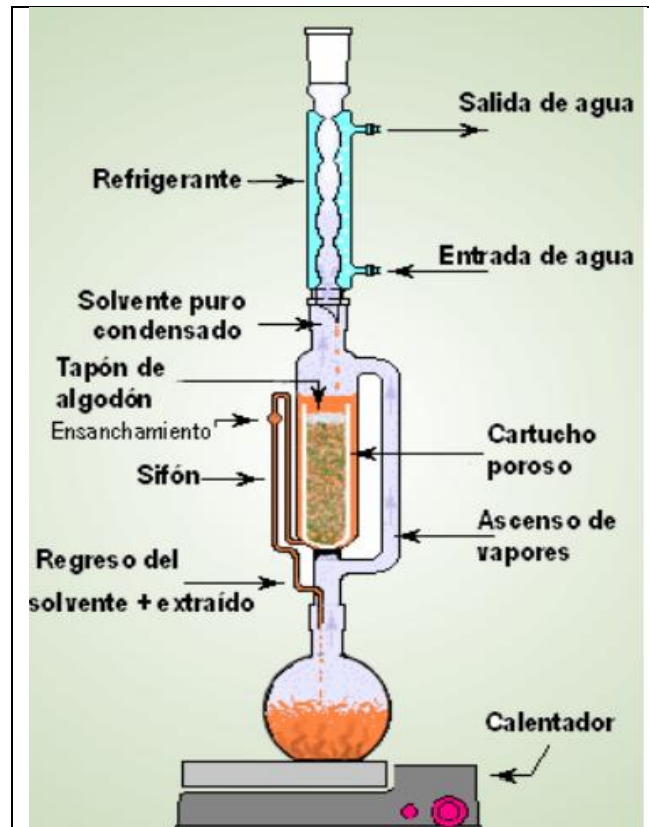


Figura 15. Extracción con solvente usando equipo Soxhlet

Fuente: cenunez.com.ar

2.2.5.6.Extracción por fluidos supercríticos (EFS).

Se conoce como fluido supercrítico a determinada sustancia que se encuentra a valores superiores a los de su punto crítico. La EFS es una operación unitaria de transferencia de masa, la cual se efectúa por encima del punto supercrítico del solvente y utiliza como agente extractor un Fluido Supercrítico. (Velasquez, 2008)

El fluido supercrítico comúnmente usado es el Dióxido de carbono (CO₂).

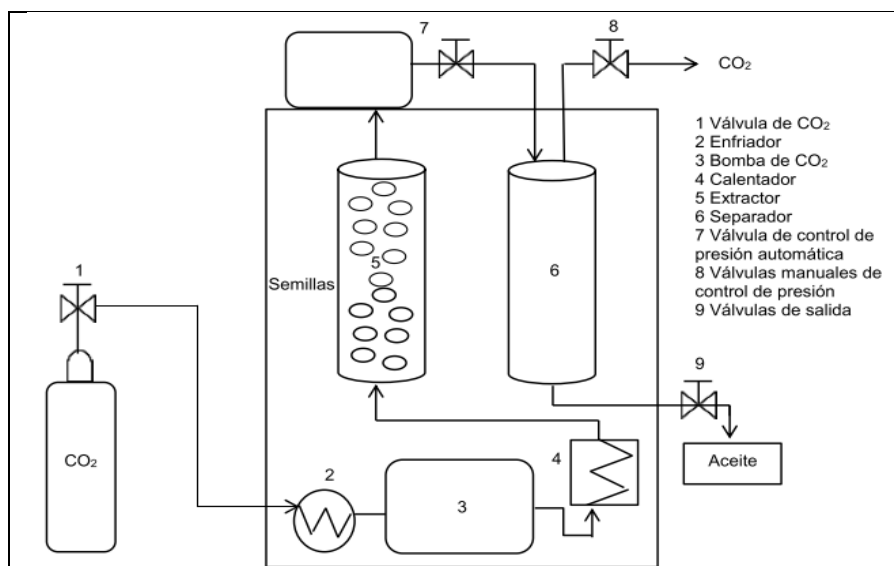


Figura 16. Diagrama de proceso de extracción con fluidos supercríticos

Fuente: Pantoja, Hurtado & Martínez, (2017)

2.2.5.7. Extracción asistida con microondas.

Consiste en calentar el agua contenida en el material vegetal, que a su vez está inmerso en un disolvente "transparente" a las microondas, como puede ser el CCl₄, el hexano o el tolueno. Al aumentar la temperatura del medio, las estructuras celulares que contienen a la esencia se rompen por efecto de su presión de vapor. La esencia liberada se disuelve en el disolvente presente en el medio. La ventaja principal de la extracción asistida con microondas, es su velocidad, dado que, pueden lograrse extracciones en minutos, cuando una técnica tradicional como la de arrastre de vapor necesita varias horas. (Bandoni, 2002)

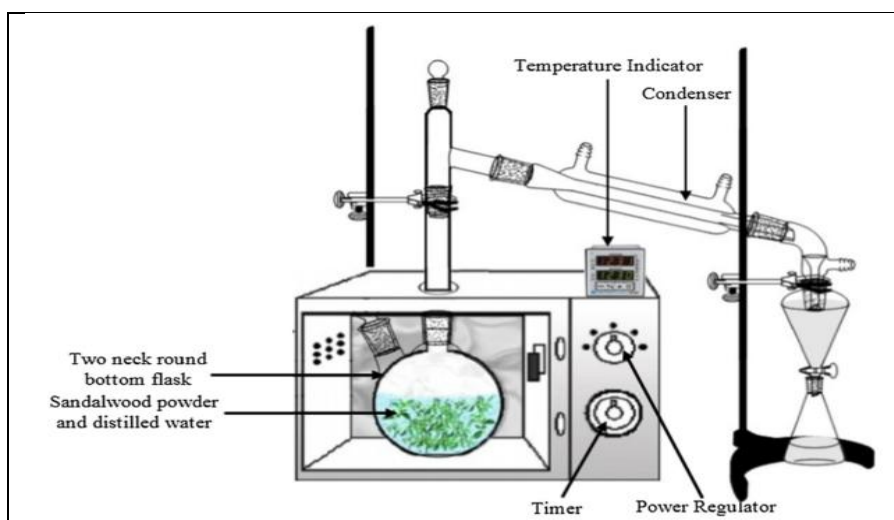


Figura 17. Montaje de Extracción asistida por microondas.

Fuente: Kusuma & Mahfud, (2016)

2.2.6. Propiedades físicas y químicas de los aceites esenciales

2.2.6.1. Físicas

Los aceites esenciales son volátiles y líquidos a temperatura ambiente. Recién destilados son incoloros o ligeramente amarillos. Tienen una densidad inferior a la del agua (excepto la esencia de safrás o de clavo). En muchos casos dotados de poder rotatorio, tienen un índice de refracción elevado. Solubles en alcoholes y en disolventes orgánicos habituales, como éter o cloroformo, y alcohol de alta gradación. Siendo liposolubles y muy poco solubles en agua, pero son arrastrables por el vapor de agua. (Arraiza Bermúdez, 2010)

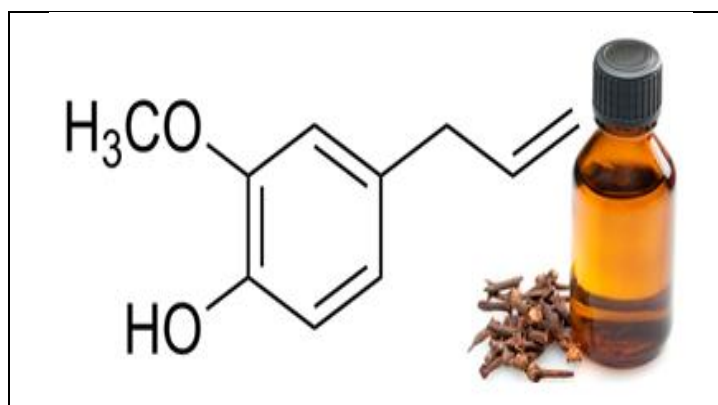


Figura 18. Aceite esencial de clavo (*Syzygium aromaticum*) y su componente principal: Eugenol

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Syzygium_aromaticum

Volatilidad de las esencias

“La volatilidad es la velocidad con la que se evaporan las esencias una vez expuestas al aire”

(Padrini & Lucheroni, 1997).

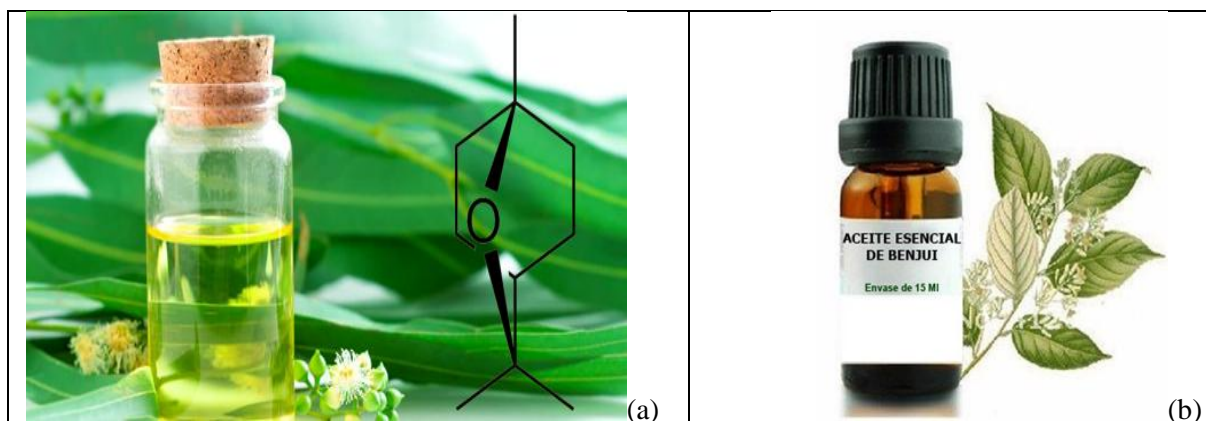


Figura 19. Aceite esencial muy volátil - eucalipto (a), aceite menos volátil - benjui(b)

Fuente: Fotos referenciales de la web.

Tabla 6. Índice de volatilidad de algunas esencias.

Nº	Aceite Esencial	Índice de volatilidad	Nº	Aceite Esencial	Índice de Volatilidad
1	Eucalipto	5	12	Azahar	79
2	Romero	18	13	Salvia	82
3	Ciprés	30	14	Hinojo	85
4	Mejorana	40	15	Lavanda	85
5	Manzanilla	47	16	Poleo	86
6	bergamota	55	17	Geranio	87
7	Hisopo	65	18	Jazmín	95
8	Cardamomo	68	19	Madera de cedro	97
9	Menta	70	20	Rosa	99
10	Incienso	75	21	Pachulí	100
11	Albahaca	78	22	Benjuí	100

Nota: Los valores más altos en la tabla indican las esencias que se evaporan con más lentitud, y por lo tanto son más viscosas.

Fuente: Padrini & Lucheroni, (1997)

Cada esencia tiene un determinado índice de evaporación, algunas pueden ser muy ligeras y volátiles, otras son más pesadas y menos volátiles.

2.2.6.2. Químicas

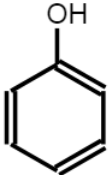
Tenemos los no terpenoides y los terpenoides. En el grupo de los no terpenoides, están las sustancias alifáticas de cadena corta, sustancias aromáticas, sustancias con azufre y sustancias nitrogenadas (Arraiza Bermúdez, 2010).

Los terpenoides son más importantes en cuanto a propiedades y desde el punto de vista comercial, estos derivan de unidades de isopropeno (C5) unidades en cadena. Los terpenos son una clase de sustancia química que se halla en los aceites esenciales, resinas y otras sustancias aromáticas de muchas plantas. (Arraiza Bermúdez, 2010)

Principalmente encontramos los monoterpenos (C10), los sesquiterpenos (C15) y los diterpenos (C20), pueden ser alifáticos, cíclicos o aromáticos.

Según los grupos funcionales que tengan, pueden clasificarse como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Propiedades de los aceites esenciales según su grupo funcional

Compuesto	Grupo funcional	Ejemplo	Propiedades
Alcohol	$\begin{array}{c} \\ -C- \\ \end{array} OH$	Mentol, geraniol	Antimicrobiano, antiséptico, tonificante, espasmolítico.
Aldehído	$\begin{array}{c} O \\ \\ R-C-H \end{array}$	Citral, citronelal	Espasmolítico, sedante, antiviral.
Cetona	$\begin{array}{c} O \\ \\ R_1-R-R_2 \end{array}$	Alcanfor, tuyona	Mucolítico, regenerador celular, neurotóxico.
Éster	$\begin{array}{c} O \\ // \\ R_1-C \\ \backslash \\ O-R_2 \end{array}$	Metil salicilato	Espasmolítico, sedativo, antifúngico.
Éteres	$-C-O-C-$	Cineol, ascaridol	Expectorante, estimulante.
Éter fenólico	Anillo - O - C	Safrol, anetol, miristicina	Diurético, carminativo, estomacal, expectorante.
Fenol		Timol, eugenol, carvacrol	Antimicrobiano Irritante Estimulante inmunológico
Hidrocarburo	Solo contiene C y H	Pineno, limoneno	Estimulante Descongestionante antivírico, antitumoral.

Fuente: Arraiza Bermúdez, (2010)

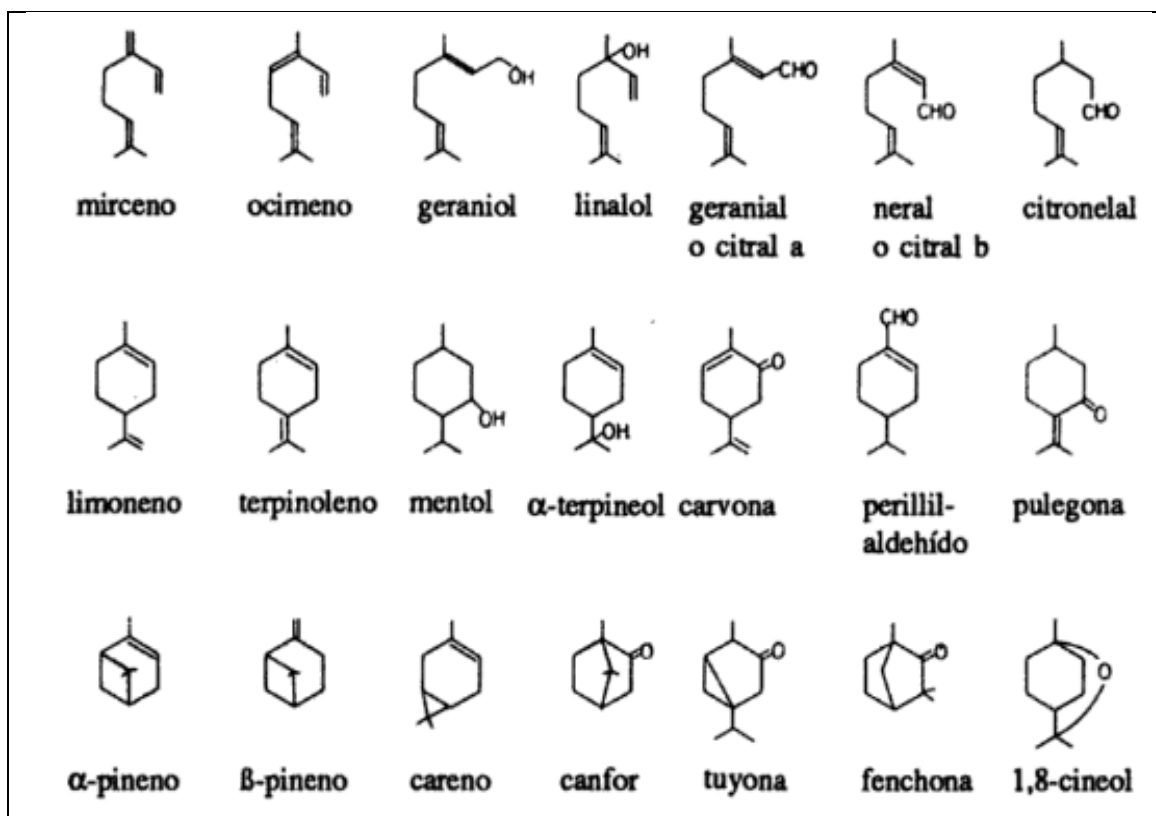


Figura 20. Monoterpenos

Fuente: Lock de Ugaz, (1994)

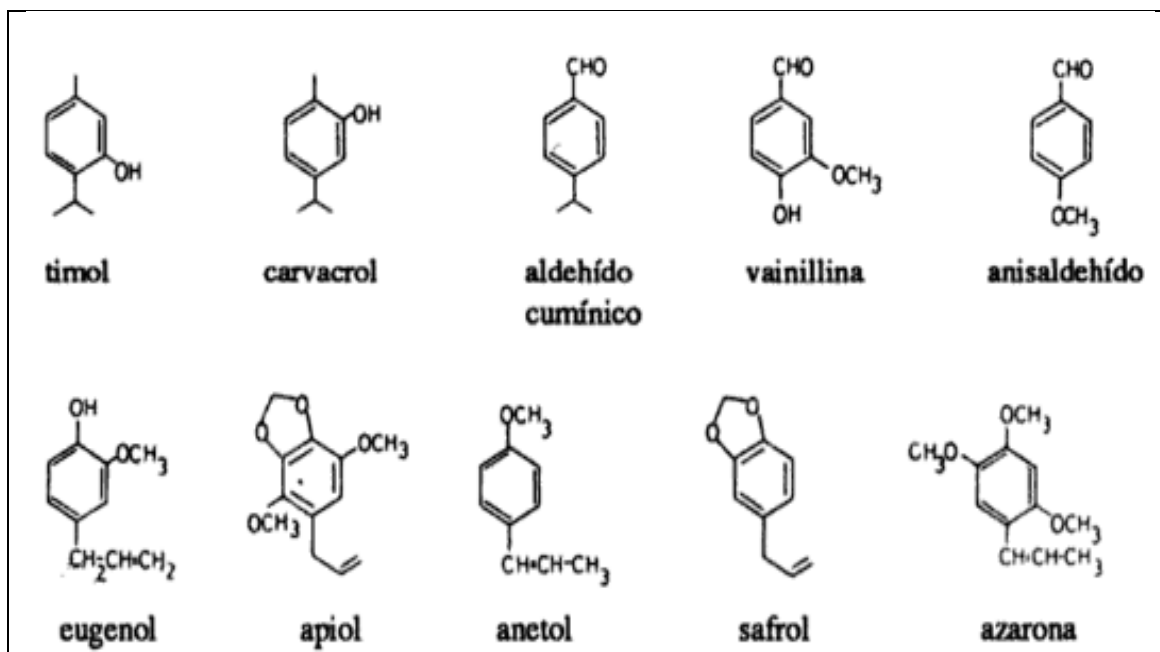


Figura 21. Aromáticos volátiles

Fuente: Lock de Ugaz, (1994)

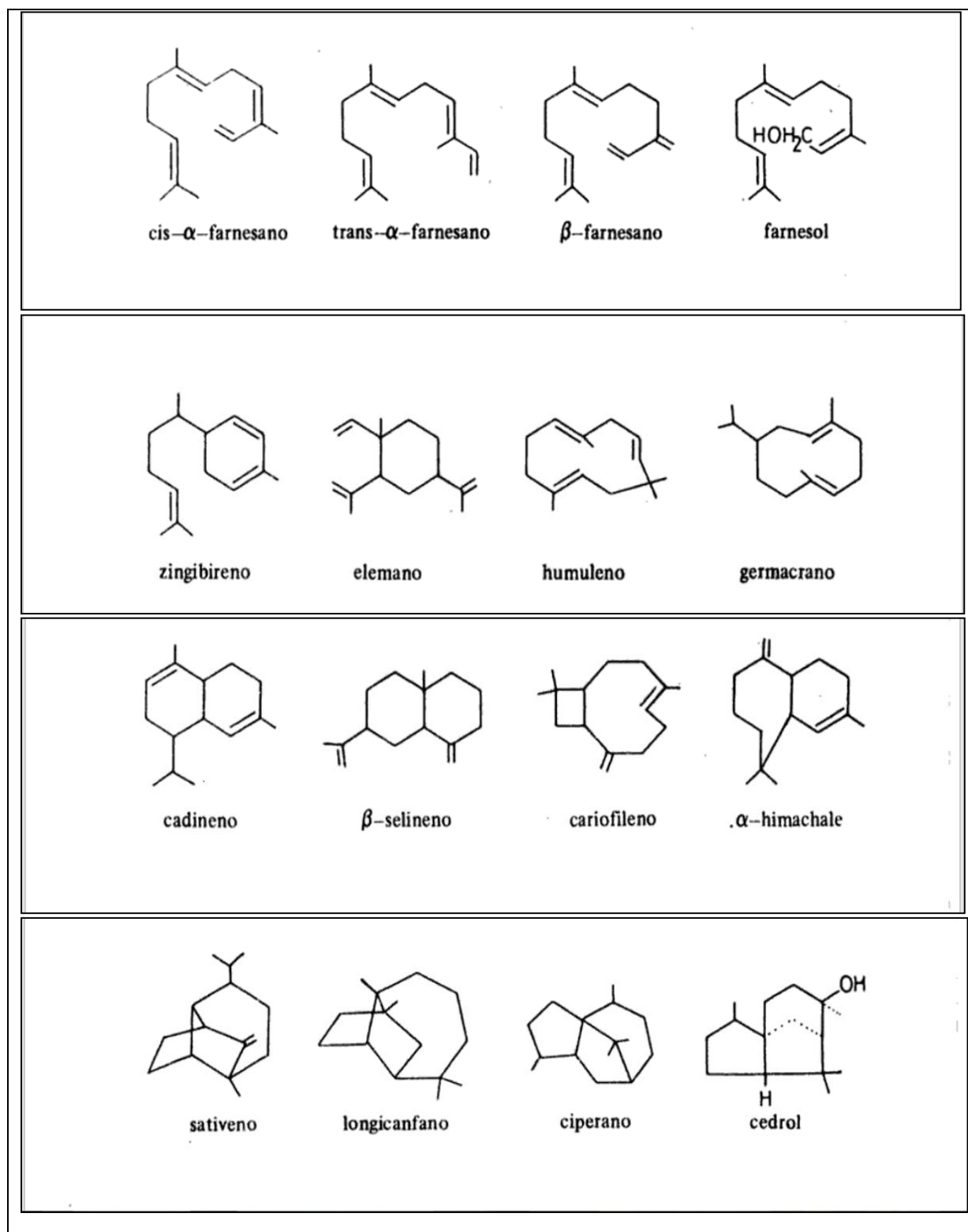


Figura 22. Algunos sesquiterpenos

Fuente: Lock de Ugaz, (1994)

Padrini & Lucheroni (1997), nos presentan algunas propiedades de los aceites esenciales y sus respectivas descripciones, estas se exponen en la Tabla 8.

Tabla 8. Propiedades generales de los aceites esenciales

Propiedades	Descripción /Aceite esencial
Antisépticas	<p>Contrarrestan el desarrollo de gérmenes y los matan.</p> <p>Limón, tomillo, naranja, bergamota, enero, clavo, cidronela, lavanda, melaleuca, menta, romero, sándalo y eucalipto.</p>
Antitóxicas	<p>Inhiben a los productos que deterioran las células, en llagas infectadas estas se unen a las toxinas y las inhiben, no para cubrir el olor desagradable, sino para impedir los procesos de descomposición.</p>
Cicatrizantes	<p>Estimulan la regeneración celular.</p> <p>Lavanda, salvia, romero y tomillo</p>
Antiparasitarias	<p>Ahuyentan los insectos, polillas y mosquitos, también son evidentes en el tratamiento de la pediculosis y la sarna.</p> <p>Tomillo, geranio y laurel.</p>
Antivenenosas	<p>Contribuyen a neutralizar el veneno de abejas, avispas y arañas.</p> <p>Lavanda y geranio.</p>
Antirreumáticas y antineurálgicas	<p>Útiles en el tratamiento de afecciones dolorosas articulares (artrosis, gota, etc.). Estas actúan incluso si se aplican de forma local, mediante emplastes o masajes.</p> <p>Romero y manzanilla.</p>
Estimulante y tonificante	<p>Del aparato genital y de la sexualidad (jazmín, azahar y pachulí). Para las glándulas endocrinas y la corteza suprarrenal, responsable de la capacidad de resistencia al estrés (pino, geranio, albahaca, ajedrea y romero).</p>
Antiespasmódicas	<p>Permiten tratar trastornos de espasmos viscerales como cólicos, colon irritable, hipo y tendencia a los cólicos hepáticos o renales.</p> <p>Lavanda, Mejorana, verbena y melisa.</p>
Hormonales	<p>Ejercen una acción reguladora en las glándulas endocrinas. La esencia de ciprés actúa sobre los ovarios, y el pino y la albahaca en la corteza suprarrenal.</p> <p>Salvia, ciprés, verbena e hinojo.</p>

Fuente: adaptado de Padrini & Lucheroni, (1997)

2.2.7. Usos y aplicaciones de los aceites esenciales

2.2.7.1. Industria farmacéutica y dental.

Debido a su variada actividad biológica (principios activos), los aceites esenciales se emplean ampliamente en esta rama de la industria, por ejemplo, en la fabricación de neutralizantes de sabor, problemas de vías respiratorias, infecciones urinarias, infecciones de epidermis, además se utilizan en la producción de antisépticos bucales, dentífricos, artículos de tocador, etc.

2.2.7.2. Industria alimentaria.

La conservación de algunos alimentos, principalmente cárnicos, se facilita con la ayuda de aceites esenciales.

La seguridad o inocuidad de los alimentos viene a ser uno de los principales objetivos en la industria de este tipo, por ello, se investiga de manera constante nuevos y mejores agentes antimicrobianos, que satisfagan las necesidades de los consumidores, los cuales deben cumplir con las exigencias de los estándares de calidad, así es que los aditivos naturales, como los aceites esenciales, están sustituyendo a los sintéticos, por razón de la tendencia “verde” actual. (Olivares & Lopez, 2013)

2.2.7.3. Industria cosmética.

En cosmética y perfumería los aceites esenciales se utilizan ampliamente. Su empleo de estos es debido a las características olfativas que presentan, por este motivo, son incorporados en un sin número de composiciones: desde perfumes para aguas de colonia hasta fragancias para detergentes de ropa. En cosmética es de uso importante, por sus propiedades y funciones específicas sobre la piel, además, del uso como aromatizante en diferentes preparaciones cosméticas (López, 2004).

2.2.7.4.Productos de uso veterinario.

Alimento para animales, aerosoles y desodorantes, medicamentos y preparaciones antiparásitos.

2.2.7.5.Industria fitosanitaria.

Los plaguicidas están perdiendo efectividad debido a la dificultad en el manejo de resistencia de las plagas a los mismos, y la búsqueda de nuevos compuestos sintéticos es una tarea altamente demandante en tiempo y dinero. Los aceites esenciales están formados fundamentalmente por monoterpenoides y sesquiterpenoides, así como fenilpropanoides entre otros. Estos compuestos que conforman el aceite son los responsables de la actividad de repelencia o mortalidad que causan sobre el insecto. Cada aceite esencial está compuesto por un gran número de compuestos, teniendo algunos más predominantes que otros en su composición (Cantó, Guirao & Pascual, 2017).

2.2.7.6.Aromaterapia.

Los aceites esenciales se aplican en el área de la aromaterapia, que es la curación de enfermedades y el desarrollo del potencial humano mediante la utilización de aceites esenciales (Padrini & Lucheroni, 1997).

“Una aportación muy importante de la aromaterapia ha sido la profundización y el desarrollo de los tratamientos anti-infecciosos a partir de aceites esenciales, con los que se obtienen resultados equiparables, en muchos casos, a los de la antibioticoterapia, pero con menos efectos secundarios y poca aparición de resistencias” (López, 2004).

2.2.8. El aceite esencial de Eucalipto

El aceite esencial de eucalipto es obtenido de las hojas frescas del eucalipto (*Eucalyptus globulus*). El aceite esencial de eucalipto es de color de casi incoloro o amarillo claro, olor penetrante alcanforado y de aspecto límpido. Sus potentes beneficios medicinales se deben a un compuesto llamado eucaliptol o cineol, que presenta múltiples propiedades.

2.2.8.1. Características físicas y químicas

Nombre Botánico: *Eucalyptus globulus*, Myrtaceae

CAS N°: 8000-48-4

Según la Norma Técnica Peruana NTP 319.093:1974 (Revisada el 2016), las principales características Físicas y químicas que debe presentar el Aceite esencial de *Eucalyptus globulus* son:

- Índice de refracción a 20°C: Mínimo 1.459 – Máximo 1.467
- Densidad relativa a 20°C/ 20°C: Mínimo 0.906 – Máximo 0.925
- Desviación polarimétrica a 20°C en un tubo de un decímetro: comprendido entre 0°C y +10°C.
- Componente mayoritario: cineol o eucaliptol

Tabla 9. Componentes químicos del aceite esencial de hojas de *E. globulus*.

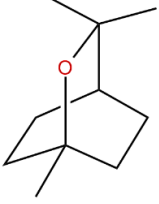
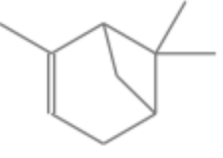
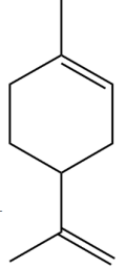
Peak	RT (min)	Composición (%)	Compuesto	Identificación *
1	5.0	18.18	1R- α -pineno	IR, EM
2	5.7	0.69	(-)- β -pineno	IR, EM
3	5.9	0.78	Desconocido	IR, EM
4	6.5	0.37	o-cimeno	IR, EM
5	6.6	55.49	Eucaliptol	IR, EM, S
6	7.0	0.21	Metil m-tolil carbinol	IR, EM
7	8.9	0.33	(-)-terpinen-4-ol	IR, EM
8	9.1	0.79	α -terpineol	IR, EM
9	11.7	0.50	Desconocido	IR, EM
10	12.2	2.98	α -gurjuneno	IR, EM
11	12.5	0.39	(+)-calereno	IR, EM
12	12.6	8.15	Longiborn-2-eno	IR, EM
13	12.9	2.09	(-)-alloaromadendreno	IR, EM
14	13.3	0.55	Desconocido	IR, EM
15	13.3	3.91	(+)-ledeno	IR, EM
16	13.6	0.37	α -cadineno	IR, EM
17	14.1	0.48	Desconocido	IR, EM
18	14.2	0.21	Humulano-1,6-dien-3-ol	IR, EM
19	14.4	2.34	(-)-isolongifolol acetato	IR, EM
20	14.5	0.89	Longifoleno	IR, EM
21	14.9	0.30	(+)-rosifoliol	IR, EM

RT: tiempo de retención.

*: Compuestos identificados por comparación con la base de datos del espectro de masa (EM), índice de retención de Kovats (IR) y estándares puros (S).

Fuente: González, Silva, Urbina & Gerding, (2016)

Tabla 10. Descripción del Eucaliptol (Cineol), α -pineno y Limoneno.

Nombre	Fórmula	Masa molar	Nombres adicionales	Fórmula estructural
1,3,3-trimethyl-2-oxabicyclo[2.2.2]octane	C ₁₀ H ₁₈ O	154.253	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 1,8-cineol ✓ Eucalyptol ✓ cineol 	
α -pineno	C ₁₀ H ₁₆	136.234	<ul style="list-style-type: none"> ✓ α-pineno 	
1-metil-4-(1-metiletenil) ciclohexano	C ₁₀ H ₁₆	136.234	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 1-metil-p-isopropenil-1-ciclohexeno ✓ 1-metil-4-isopropenil-1-ciclohexeno ✓ Limoneno ✓ P-mentha-1,8-dieno ✓ Dipenteno ✓ Cineno 	

Fuente: Adaptado de NIST/TRC, (2018)

2.3. FILOSOFÍA “ZERO WASTE”

2.3.1. Definición

La definición internacionalmente aceptada y revisada por Zero Waste International Alliance, 29 de Noviembre del 2004, nos expresa que “Zero Waste es un objetivo que es ético, económico, eficiente y visionario, para guiar a las personas a cambiar sus estilos de vida y prácticas para emular ciclos naturales sostenibles, donde todos los materiales descartados están diseñados para convertirse en recursos para que otros los utilicen. Zero Waste significa diseñar y administrar productos y procesos para evitar y eliminar sistemáticamente el volumen y la toxicidad de los desechos y materiales, conservar y recuperar todos los recursos, y no quemarlos o enterrarlos” (Zero Waste International Alliance, 2018).

2.3.2. Jerarquía “Zero Waste”

La jerarquía Residuo Cero describe una progresión de políticas y estrategias para apoyar el sistema Cero residuos, desde el uso más alto y mejor hasta el más bajo de los materiales. Diseñado para ser aplicable a todos los públicos. Su objetivo es proporcionar más profundidad a los 3Rs reconocidos internacionalmente (Reducir, Reutilizar, Reciclar); alentar la política, la actividad y la inversión en la parte superior de la jerarquía; y proporcionar una guía para aquellos que deseen desarrollar sistemas o productos que nos acerquen a Residuo Cero (Zero Waste International Alliance, 2018).



Figura 23. Jerarquía cero residuos.

Fuente: Zero Waste International Alliance, (2018)

Tabla 11. Jerarquía Zero Waste

Repensar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseñe y compre productos de materiales no tóxicos, reutilizados, reciclados o cosechados de forma sostenible, para que sean duraderos, reparables, reutilizables, totalmente reciclables o compostables, y fáciles de desmontar. 2. Cambie fondos e incentivos financieros para apoyar una Economía Circular sobre la cosecha y el uso de recursos naturales vírgenes. 3. Promulgar nuevos incentivos para el uso cíclico de materiales y desincentivos para el desperdicio. 4. Facilitar el cambio en la forma en que se satisfacen las necesidades de los usuarios finales, desde la “propiedad” de los bienes hasta los bienes “compartidos” y la provisión de servicios. 5. Apoye y amplíe los sistemas donde la fabricación de productos considera el ciclo de vida completo de sus productos de una manera que sigue a la jerarquía de desechos cero y avanza hacia productos y procesos más sustentables. Los productores recuperan sus productos y empaques en un sistema que sigue la jerarquía de desechos cero. 6. Identificar y eliminar los materiales que causan problemas para los sistemas de circuito cerrado. 7. Facilitar e implementar políticas y sistemas para alentar y apoyar las Economías Locales. 8. Reconsidere las necesidades de compra y busque alternativas a la propiedad del producto. 9. Proporcionar información para permitir la toma de decisiones informadas. 10. Tener en cuenta y desalentar los sistemas que impulsan el consumo innecesario.
-----------------	--

Fuente: Zero Waste International Alliance, (2018).

Tabla 11. Continuación

Reducir	11. Planificar el consumo y la compra de productos perecederos para minimizar los descartes por deterioro y no consumo.
	12. Implementar compras sostenibles que apoye los objetivos sociales y medioambientales, así como los mercados locales siempre que sea posible.
	13. Minimizar la cantidad y la toxicidad de los materiales utilizados.
	14. Minimice la huella ecológica requerida para el producto, el uso del producto y la prestación del servicio.
	15. Elija productos que maximicen la vida útil y las oportunidades para la reutilización continua.
	16. Elija productos que están hechos de materiales que pueden reciclarse fácil y continuamente.
	17. Priorizar el uso de alimentos comestibles para las personas.
	18. Priorizar el uso de alimentos comestibles para animales.
Reutilizar	19. Maximiza la reutilización de materiales y productos.
	20. Mantener, reparar o restaurar para conservar el valor, la utilidad y la función.
	21. Refabricación con piezas desmontadas; Desmontar y conservar piezas “de recambio” para reparar y mantener productos que todavía están en uso.
	22. Reutilizar productos para usos alternativos.
Reciclar/ Compost	23. Admite y expande sistemas para mantener los materiales en su bucle de producto original y para proteger la plena utilidad de los materiales.
	24. Mantener sistemas de desviación que permitan el mayor y mejor uso de los materiales, incluidos los orgánicos.
	25. Recicle y use materiales para un propósito tan alto como sea posible.
	26. Desarrollar mercados locales resilientes y usos para materiales recolectados siempre que sea posible.
	27. Proporcionar incentivos para crear flujos limpios de abono y reciclaje de materia prima.
	28. Apoye y expanda el compostaje lo más cerca posible del generador (priorizando el hogar o el compostaje local o local siempre que sea posible)
	29. Cuando el compostaje casero / descentralizado no sea posible, considere el compostaje industrial, o si las condiciones locales lo requieren / permiten, la digestión anaeróbica.
	30. Maximice la recuperación de materiales de descartes mixtos y fines de investigación después de una separación de fuente extensa.
Recuperar	31. Si las condiciones lo permiten, recupere energía usando solo sistemas que operan a temperatura y presión biológica.
	32. Examine los materiales que quedan y utilice esta información para refinar los sistemas para repensar, reducir, reutilizar y reciclar a fin de evitar futuros descartes.
Gestión de residuos	33. Asegurar la minimización de impactos mediante la estabilización biológica de materiales fermentables.
	34. Fomentar la preservación de los recursos y desalentar su eliminación destructiva o su dispersión.
	35. Planear que los sistemas y la infraestructura se ajusten a medida que se reducen los descartes y cambia su composición.
	36. Minimice la producción y liberación de gas y maximice la recolección de gas.
	37. Use la capacidad de vertedero existente y maximice su vida útil. Asegúrese de que esté administrado responsablemente.
	38. Contener y controlar los residuos tóxicos para una gestión responsable.

Fuente: Zero Waste International Alliance, (2018).

Tabla 11. Continuación

Inaceptable	<p>39. No admite políticas y sistemas que fomenten la eliminación destructiva de compuestos orgánicos y / o la destrucción de materiales reciclables.</p> <p>40. No es compatible con sistemas de energía y eliminación destructiva que dependen de la producción continua de descartes.</p> <p>41. No permita la Incineración de descartes.</p> <p>42. No permita residuos tóxicos en productos de consumo o materiales de construcción</p>
--------------------	--

Fuente: Zero Waste International Alliance, (2018).

2.3.3. Ecología Industrial

Cervantes (2007), expresa que “la Ecología industrial es el área interdisciplinaria que intenta asimilar el funcionamiento de los ecosistemas industriales al de los naturales, con una interrelación entre industrias, el medio social y natural que tiende a cerrar el ciclo de materia, y quiere llevar los sistemas industriales hacia el desarrollo sostenible”.

2.3.3.1. Herramientas y métodos de la Ecología Industrial

La Ecología Industrial se sirve de métodos que contribuyan a disminuir el impacto ambiental, mejorar la ecoeficiencia y aumentar la rentabilidad, siempre tendiendo hacia un mayor desarrollo sostenible.

a) Simbiosis industrial (SI)

Es un método que promueve el establecimiento de sinergias entre industrias de manera que se produce una interrelación beneficiosa para las industrias involucradas.

b) Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

Viene a ser un método que analiza todos los impactos ambientales de un producto o servicios “desde la cuna hasta la tumba”, desde su extracción de materias primas para producirlo hasta que son dispuestos los residuos posteriores a su utilización. (Guinée, 2002)



Figura 24. Etapas del Ciclo de Vida del Producto

Fuente: <https://www.gestiopolis.com/analisis-del-ciclo-vida-producto/>

c) *Análisis de flujos de materia (AFM)*

AFM grupa los métodos bulk-AFM y análisis de flujo de sustancias. Bulk-AFM es un método para identificar todos los flujos materiales relacionados con los procesos de un sistema determinado (materias primas, productos, residuos y contaminación) que entra y sale del sistema, y el método de análisis de flujo de Sustancias (AFS), que se centra en una sustancia o grupo de sustancias, incluyendo todos los procesos en los cuales la sustancia entra y sale. (Cervantes, 2007)

d) *Producción más limpia (P+L)*

Es una estrategia que estableció el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente que pretende cambiar los sistemas de producción para generar menos residuos o residuos menos contaminantes. Éste método ayuda a descubrir oportunidades de optimización.

2.3.4. **Proyectos certificados con “Zero Waste”.**

TRUE-Total Resource Use & Efficiency es un enfoque de sistemas completos que tiene como objetivo cambiar la forma en que los materiales fluyen a través de la sociedad, lo que no genera desperdicio. TRUE fomenta el rediseño de los ciclos de vida de los recursos para

que todos los productos se reutilicen, Además, promueve procesos que consideran todo el ciclo de vida de los productos utilizados dentro de una instalación. (TRUE, s. f.)

Tabla 12. Proyectos destacados con certificación TRUE Zero Waste.

Compañía	Ubicación	Porcentaje de desviación total logrado (%)
Tesla Factory	Fremont, California	97
Yellowstone General Stores Warehouse	West Yellowstone, Montana	94.8
Stirling Ultracold	Atenas, Ohio	92.4
Sierra Nevada Brewing Co.	Mills River, North Carolina	98.9
Sierra Nevada Brewing Co.	Chico, California	99.8
Que Pasa Mexican Foods Plant	Delta , BC, Canada	96
Piazza Produce , LLC	Indianapolis, Indiana	94
Pennsuco Cement Complex	Medley, Florida	97
Nature's Path Foods	Blaine, Washington	94
Nature's Path Foods	Sussex, Wisconsin	90
Mountain Rose Herbs	Eugene, Oregon	96
Maple Grove Farms of Vermont	St. Johnbury, Vermont	92
American Licorice Company	La Porte, Indiana	96
Cintas Toronto DC	Toronto, Ontario, Canada	93
Atlanta Journal – Constitution (AJC) Printing Plant	Norcross, Georgia	98
HP Inc. Headquarters	Palo Alto, California	95.7

Fuente: Adaptado de TRUE projects, (2018)

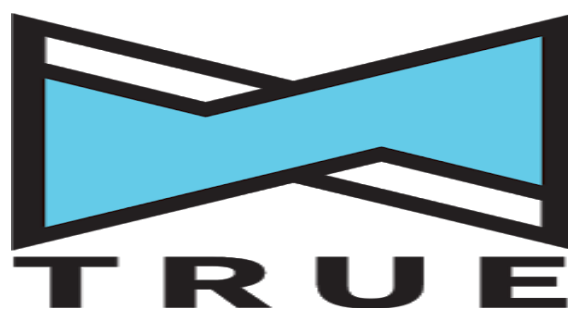


Figura 25. Certificación Zero Waste - TRUE

Fuente: TRUE, (2018)

Capítulo III. **ESTUDIO DE MERCADO**

3.1. EL PRODUCTO: Aceite esencial de Eucalipto.

3.1.1. Descripción del Producto

Según la Norma Técnica Peruana NTP 319.93:1974 (revisada el 2016), el aceite esencial de Eucalipto es el aceite esencial obtenido por destilación al vapor de agua de las hojas del *Eucalyptus globulus* Labillardière.

3.1.1.1. Nombre del Producto

Aceite Esencial de *Eucalyptus globulus*.

3.1.1.2. Requisitos

En cumplimiento a la Norma técnica peruana NTP 319.093 (revisada el 2016), el producto debe cumplir las características que se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. Requisitos del Producto aceite esencial de *Eucalyptus globulus*

Características	Descripción
Organolépticas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aspecto: Límpido ✓ Color: De casi incoloro o amarillo claro. ✓ Olor: Penetrante, alcanforado.
Físicas	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Densidad relativa a 20 °C/20°C: Mínimo 0.906 Máximo 0.925 ❖ Índice de refracción: Mínimo 1.459 Máximo 1.467 ❖ Desviación polarimétrica a 20 °C en tubo de un decímetro: Comprendido entre 0°C y +10 °C. ❖ Solubilidad en alcohol etílico a 70 % (en volumen a 20 °C).
Químicas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Componente principal: Cineol (Eucaliptol)

Fuente: Adaptado de NTP 319.093 (Revisada el 2016)

3.1.1.3. Partida nacional arancelaria y Correlacionnes

Partida y subpartida arancelaria: 3301 y 3301.29.20.00 respectivamente.

Tabla 14. Correlaciones para la subpartida nacional 3301.29.20.00

CORRELACIÓN NANDINA NABANDINA	
NANDINA	Descripción
33.01.01.06.00	Aceites esenciales de eucalipto
33.01.01.06	Aceites esenciales de eucalipto
CORRELACIÓN CUODE	
Código	Descripción
552	Materias primas y productos intermedios industriales. Prod. Químico – farmacéuticos. Semi-elaborados.

Fuente: SUNAT - <http://www.aduanet.gob.pe/itarancel/arancelS01Alias>

3.1.2. Especificaciones técnicas y Normas

- NTP 319.093 (revisada el 2016) ACEITES ESENCIALES. Aceite esencial de *Eucalyptus globulus*
- NTP ISO 280:2011 ACEITES ESENCIALES. Determinación del índice de refracción
- NTP 319.076 ACEITES ESENCIALES. Determinación del poder rotatorio específico y de la desviación polarimétrica.
- NTP 319.077 ACEITES ESENCIALES. Preparación de la muestra para análisis
- NTP 319.079 ACEITES ESENCIALES. Extracción de muestras
- NTP 319.080 ACEITES ESENCIALES. Envases
- NTP-ISO 279:2011 ACEITES ESENCIALES. Determinación de la densidad y de la densidad relativa a 20 °C. Método de referencia.
- ISO 770:2002 Crude or rectified oils of *Eucalyptus globulus* (*Eucalyptus globulus* Labill.)

3.1.3. Composición química del producto

El aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), tiene como componente mayoritario al 1.8-Cineol o Eucaliptol, siendo este el principal responsable de dar al aceite sus características y propiedades particulares, de beneficio para diversos rubros de la industria y aromaterapia, asimismo, contiene un porcentaje regular de α -pineno, siendo este un componente broncodilatador.

Con el fin de caracterizar el producto y conocer sus componentes, se analizó una muestra representativa, obtenida bajo los parámetros de operación más adecuados, que se exponen en los siguientes capítulos del presente trabajo de tesis, el análisis se realizó en la Unidad de Investigación de Productos Naturales – UPCH, a solicitud del autor de la presente tesis; la Tabla 15 muestra un análisis comparativo entre dos muestras de aceite esencial de *Eucalyptus globulus*, una de las cuales es el aporte del presente trabajo de tesis :

Tabla 15. Análisis comparativo del aceite esencial de *Eucalyptus globulus*.

Compuesto	Gonzales et al. ¹ 2016		Natividad ² , 2019	
	TR (min)	Comp. (%)	TR (min)	Comp. (%)
1R- α -pineno	5.0	18.18	13.4	15.36
(-)- β -pineno	5.7	0.69	14.9	0.65
Desconocido	5.9	0.78	-	-
o-cimeno	6.5	0.37	16.3	6.51
Eucaliptol	6.6	55.49	16.7	54.88
Metil m-tolil carbinol	7.0	0.21	-	-
(-)-terpinen-4-ol	8.9	0.33	-	-
α -terpineol	9.1	0.79	21.7	3.43
Desconocido	11.7	0.50	-	-
α -gurjuneno	12.2	2.98	27.8	1.95
(+)-calereno	12.5	0.39	-	-
Longiborn-2-eno	12.6	8.15	-	-
(-)-alloaromadendreno	12.9	2.09	29.3	1.42
Desconocido	13.3	0.55	-	-
(+)-ledeno	13.3	3.91	-	-
α -cadineno	13.6	0.37	-	-
Desconocido	14.1	0.48	-	-
Humulano-1,6-dien-3-ol	14.2	0.21	-	-
(-)-isolongifolol acetato	14.4	2.34	-	-
Longifoleno	14.5	0.89	-	-
(+)-rosifoliol	14.9	0.30	-	-
β -Mirceño	-	-	15.0	0.75
α -Felandreno	-	-	15.7	0.24
D-Limoneno	-	-	16.5	6.51
γ -Terpineno	-	-	17.3	0.36
Terpinoleno	-	-	18.2	0.61
Desconocido (C ₁₀ H ₁₈ O)	-	-	20.9	0.15
4-Terpineol	-	-	21.3	0.51
Geraniol	-	-	23.1	0.75
α -Acetato de terpenilo	-	-	25.9	1.79
Acetato de geraniol	-	-	26.6	0.32
Isoledeno	-	-	26.8	0.23
β -Gurjuneno	-	-	28.5	0.37
1,1,7-trimetil-4-metilen-decahidro-1H-Cicloprop(e)azuleno.	-	-	28.7	5.34
Desconocido (C ₁₅ H ₂₄)	-	-	28.9	0.28
Isovalerato de Fenetilo	-	-	29.8	0.20
Varidifloreño	-	-	30.1	1.75
Epiglobulol	-	-	32.1	0.27
Globulol	-	-	32.8	1.29
Viridiflorol	-	-	33.1	0.43
Número de componentes	21		26	
Rendimiento	No especifica		2.8% (g/g)	
Método de extracción	No especifica		Arrastre de vapor, presión 10bar.	
Método de análisis	GC-MS		GC-MS	
Tiempo de extracción	No especifica		24 minutos	
Materia prima/ procedencia	Hojas de <i>Eucalyptus globulus</i> / Facultad de agronomía de la Universidad de Concepción – Chillán, Chile.		Hojas de <i>Eucalyptus globulus</i> / Distrito de Ambar – Huaura –Lima, Perú.	

TR: tiempo de retención.

GC-MS: Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masa.

Fuente: (1) González et al., (2016). (2) Datos proporcionados por la Unidad de Investigación en Productos Naturales de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, a solicitud del autor de la presente Tesis, (2019).

Para información técnica adicional sobre el análisis realizado, ver ANEXO A.2.

3.1.4. Usos del producto

3.1.4.1. General

a) Terapéutica

Tratamiento de alergias y sinusitis, tratamiento de problemas respiratorios, hidratante de piel de manos y pies, mal aliento.

b) Aromaterapia

Es utilizado para calmar los resfriados y las gripes por su propiedad antiinflamatoria, mediante un masaje balsámico en el pecho, junto a otros aceites esenciales. Aporta frescura y tonifica el cuerpo, combate problemas de caspa o dermatitis seborreica por su propiedad antibacteriano. Es estimulante, promueve la atención y concentración.

c) Alimentario

Usado para la conservación de algunos alimentos, también como saborizante de bebidas y alimentos.

d) Perfumería y cosméticos

El 1.8-cineol se usa abundante en la industria cosmética por sus propiedades antisépticas, además de que es un componente muy aromático lo que determina que aparezca en la composición de productos como shampoos, dentífricos, jabones, pomadas, lociones y ambientadores.

e) Industria química

Su capacidad para eliminar o repeler los insectos y microorganismos lo hace presente en numerosos preparados de la industria química como insecticida, fungicida o repelente de insectos y parásitos.

3.1.4.2. Usos en el Mercado internacional

Tabla 16. Partidas arancelarias de aceite esencial de eucalipto y afines.

Partida arancelaria	Descripción
3301	Aceites esenciales, desterpenados o no, incl. los "concretos" o "absolutos"; resinoides; oleorresinas de extracción; disoluciones concentradas de aceites esenciales en grasas, aceites fijos, ceras o materias simil., obtenidas por enflorado o maceración; subproductos terpénicos residuales de la desterpenación de los aceites esenciales; destilados acuosos aromáticos y disoluciones acuosas de aceites esenciales.
3302	Mezclas de sustancias odoríferas y mezclas, incluida las disoluciones alcohólicas, a base de una o varias de estas sustancias, de los tipos utilizados como materias básicas para la industria; las demás preparaciones a base de sustancias odoríferas, de los tipos utilizados para la elaboración de bebidas.
3303	Perfumes y aguas de tocador (excepto lociones para después del afeitado y desodorantes corporales).
3304	Preparaciones de belleza, maquillaje y para el cuidado de la piel, incluido las preparaciones antisolares y las bronceadoras (excepto medicamentos); preparaciones para manicuras o pedicuros.
3305	Preparaciones capilares.
3306	Preparaciones para higiene bucal o dental, incluido los polvos y cremas para la adherencia de las dentaduras; hilo utilizado para limpieza de los espacios interdentes "hilo dental", en envases individuales para la venta al por menor.
3307	Preparaciones para afeitarse o para antes o después del afeitado, desodorantes corporales, preparaciones para el baño, depilatorios y demás preparaciones de perfumería, de tocador o de cosmética; preparaciones desodorantes de locales, incluido sin perfumar, aunque tengan propiedades desinfectantes.

Fuente: Trade Map - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, (2018)

3.1.5. Productos complementarios

- **Hidrolato**

En el proceso de extracción, el vapor arrastra el aceite esencial y al condensarse se obtiene una mezcla heterogénea, de aceite esencial de eucalipto (parte superior) y de agua floral o hidrolato (parte inferior).

El hidrolato, posee una menor concentración de aceite esencial, por lo que presenta propiedades importantes, lo cual lo convierte en un subproducto con valor comercial, especialmente en la aromaterapia.

Se utiliza como aromatizante ambiental natural, desinfectante y repelente de insectos. Por sus propiedades expectorantes, alivia trastornos respiratorios; Además, sirve como tónico capilar y facial, limpiador facial, mascarillas, perfume ligero, desodorante ambiental y repelente de mosquitos.



Figura 26. Mezcla heterogénea aceite esencial – hidrolato
Fuente: Fotografía capturada por el autor (izquierda).

- **Material agotado**

Son las hojas y/o ramas que permanecen en la columna luego de la extracción de aceite esencial de eucalipto, siendo estas un residuo tipo orgánico compostable.



Figura 27. Hojas agotadas del proceso de extracción de aceite esencial.

Fuente: Fotografía capturada por el autor.

Esta materia agotada pueden ser utilizada como materia prima para la elaboración de compost, con el fin de usar este abono en el enriquecimiento de campos de cultivo con materia orgánica y nutrientes.

3.2. LA DEMANDA DEL PRODUCTO

De acuerdo a la revisión de la literatura y fuentes de información económica, es mínima la información obtenida sobre la producción nacional y exportaciones del producto aceite esencial de eucalipto globulus, en este caso, se tomaron en cuenta los datos adquiridos de la web de Trademap – Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de empresas y de la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria- SUNAT.

3.2.1. Producción histórica

En la consulta a la SUNAT, vía online, se obtuvieron datos de importación (Tabla 17) y exportación (Tabla 18). No se observan datos de exportación del producto aceite esencial de eucalipto en los años 2015, 2016 y 2017; en el año 2014 se puede observar que el peso neto de exportación es inferior a 1Kg.

Tabla 17. Valores FOB de importaciones y exportaciones de aceite esencial de eucalipto por Perú.

	Valor FOB (\$)				
	2014	2015	2016	2017	2018
Importaciones	53920.75	34654.66	138146.81	123760.94	303056.47
Exportaciones	4.61	-	-	-	10.40

Fuente: Adaptado de SUNAT

Tabla 18. Peso neto de importaciones y exportaciones de aceite esencial de eucalipto por Perú.

	Peso neto (Kg)				
	2014	2015	2016	2017	2018
Importaciones	1541.76	1581.64	3027.97	2371.13	5359.74
Exportaciones	0.15	-	-	-	2.318

Fuente: Adaptado de SUNAT

3.2.2. Demanda y su proyección

Consideramos los datos de importaciones por año, que nos muestra la SUNAT, para ver la cantidad de producto aceite esencial de eucalipto que demanda el mercado interno peruano y conocer los países exportadores que abastecen del producto antes mencionado a empresas en el Perú.

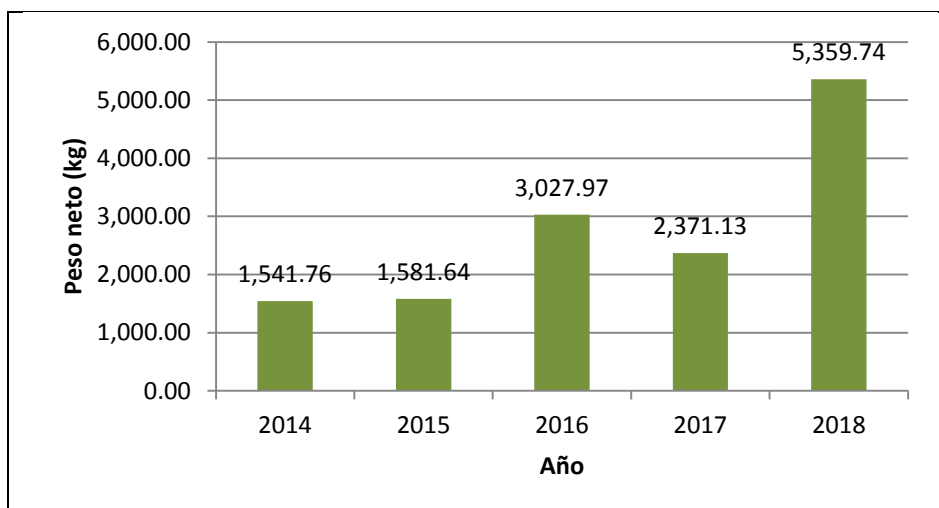


Figura 28. Peso neto de importaciones de aceite esencial de eucalipto por Perú año 2014 – 2018.

Fuente: Adaptado de SUNAT

Tabla 19. Importación de aceite esencial de eucalipto por Perú año 2014.

País de Origen	Valor FOB(\$)	Valor CIF(\$)	Peso Neto(Kg)	Peso Bruto(Kg)	Porcentaje CIF
AR - ARGENTINA	41002.00	44117.13	901.76	951.19	76.59
ID - INDONESIA	5250.00	5448.72	200	224.85	9.46
CN - CHINA	4902.08	5154.15	280	320.98	8.95
ES - SPAIN	2766.67	2883.90	160	180.27	5.01
LOS DEMAS - LOS DEMAS	0	0	0	0	0
TOTAL - TOTAL	53920.75	57603.90	1541.76	1677.29	100

Fuente: SUNAT

Tabla 20. Importación de aceite esencial de eucalipto por Perú año 2015.

País de Origen	Valor FOB(\$)	Valor CIF(\$)	Peso Neto(Kg)	Peso Bruto(Kg)	Porcentaje CIF
CN - CHINA	19656.83	20145.13	1155.00	1308.43	55.89
AR - ARGENTINA	5413.20	5642.49	69.64	74.07	15.66
ID - INDONESIA	4295.52	4339.61	200	212	12.04
US - UNITED STATES	1651.64	1988.28	50	65.8	5.52
IN - INDIA	1350.00	1378.71	50	54.4	3.83
BR - BRAZIL	1310.00	1529.65	5	6.04	4.24
ES - SPAIN	838.29	872.15	50	56.17	2.42
MG - MADAGASCAR	81.05	85	1	1.9	0.24
AU - AUSTRALIA	58.13	60.96	1	1.9	0.17
LOS DEMAS - LOS DEMAS	0	0	0	0	0
TOTAL - TOTAL	34654.66	36041.98	1581.64	1780.71	100

Fuente: SUNAT

Tabla 21. Importación de aceite esencial de eucalipto por Perú año 2016.

País de Origen	Valor FOB(\$)	Valor CIF(\$)	Peso Neto(Kg)	Peso Bruto(Kg)	Porcentaje CIF
AR - ARGENTINA	125401.51	129353.07	2409.67	2550.86	90.38
CN - CHINA	4972.80	5161.57	305	349.29	3.61
SG - SINGAPORE	2050.00	2081.21	100	110.35	1.45
MX - MEXICO	1825.70	1885.54	53.3	56.51	1.32
ES - SPAIN	1674.62	1763.97	100	112.66	1.23
US - UNITED STATES	1448.00	1993.07	50	64.4	1.39
MG - MADAGASCAR	408.85	463.11	5	9.76	0.32
AU - AUSTRALIA	365.33	414.56	5	9.76	0.29
LOS DEMAS - LOS DEMAS	0	0	0	0	0
TOTAL - TOTAL	138146.81	143116.10	3027.97	3263.59	100

Fuente: SUNAT

Tabla 22. Importación de aceite esencial de eucalipto por Perú año 2017.

País de Origen	Valor FOB(\$)	Valor CIF(\$)	Peso Neto(Kg)	Peso Bruto(Kg)	Porcentaje CIF
AR - ARGENTINA	117750.88	121119.37	1856.15	2253.48	94.89
CN - CHINA	3911.27	4085.96	464.98	531.4	3.2
BR - BRAZIL	1095.00	1261.43	5	6.1	0.99
ES - SPAIN	603.79	760	25	28.33	0.6
IN - INDIA	400	408.68	20	22.4	0.32
LOS DEMAS - LOS DEMAS	0	0	0	0	0
TOTAL - TOTAL	123760.94	127635.44	2371.13	2841.71	100

Fuente: SUNAT

Tabla 23. Importación de aceite esencial de eucalipto por Perú año 2018.

País de Origen	Valor FOB(\$)	Valor CIF(\$)	Peso Neto(Kg)	Peso Bruto(Kg)	Porcentaje CIF
AR - ARGENTINA	288049.26	297196.64	4879.19	6119.04	95
CN - CHINA	9656.14	9818.31	280	313.14	3.14
ID - INDONESIA	5300.00	5759.50	200	208	1.84
AU - AUSTRALIA	24.02	29.07	0.26	0.29	0.01
MG - MADAGASCAR	15.95	19.3	0.17	0.19	0.01
PT - PORTUGAL	11.1	13.44	0.12	0.14	0
LOS DEMAS - LOS DEMAS	0	0	0	0	0
TOTAL - TOTAL	303056.47	312836.26	5359.74	6640.80	100

Fuente: SUNAT

De acuerdo a la SUNAT sobre datos de importación (Tablas 19 - 23), se observa que Argentina y China son los principales países que abastecen del producto esencial de eucalipto al Perú, desde el 2014 al 2018.

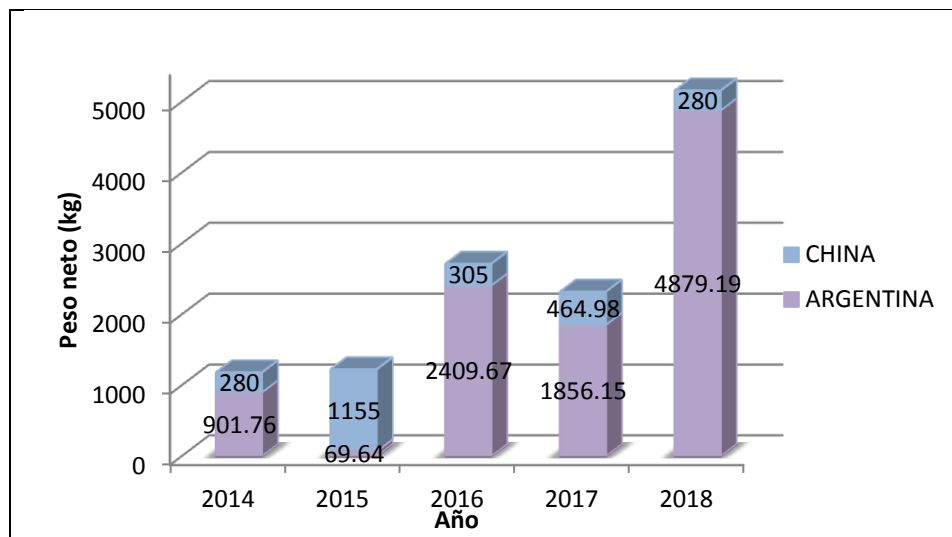


Figura 29. Importación de aceite esencial de eucalipto por Perú a China y Argentina.

Fuente: adaptado de SUNAT

Se percibe un crecimiento en la necesidad de adquirir el producto aceite esencial de eucalipto por empresas en el Perú. Por tanto, se tomará en cuenta la data de importaciones al vecino país de Argentina, con el fin de realizar una proyección de la demanda para los años 2019 y 2020.

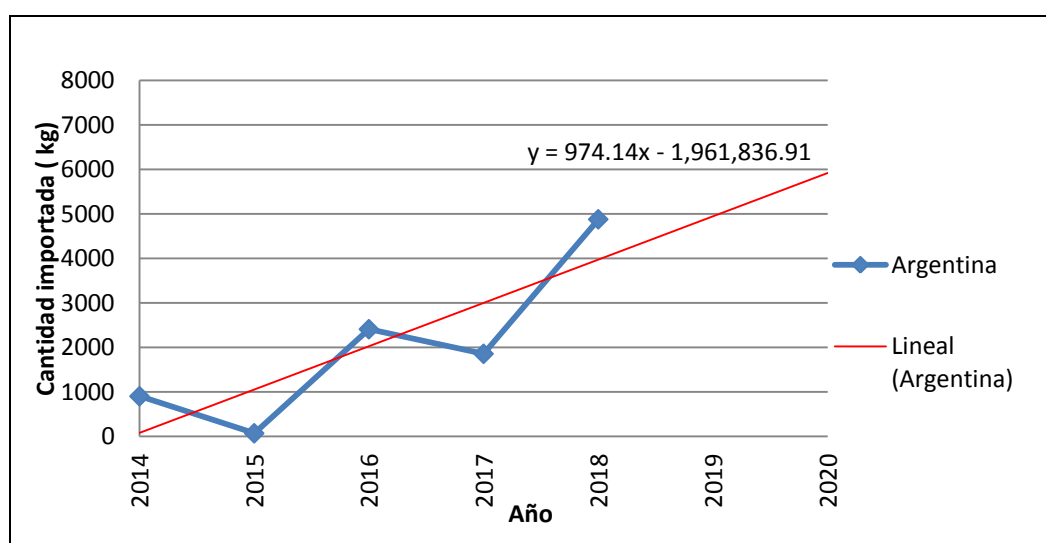


Figura 30. Demanda proyectada del producto aceite esencial de eucalipto

Fuente: Elaborado por el autor, considerando datos proporcionados por SUNAT.

A partir de la ecuación de la línea de tendencia, se proyecta una demanda para el año 2020:

$$y = 974.14x - 1961863.91$$

Reemplazando:

$$Demanda\ proyectada_{2019} = 974.14(2019) - 1961836.91 = 4951.8\ Kg$$

$$Demanda\ proyectada_{2020} = 974.14(2020) - 1961836.91 = 5925.9\ Kg$$

En base a lo anterior, se estable una capacidad aparente de planta para el presente trabajo, el cual se detalla en la sección 3.3.2.

3.2.3. Importaciones

Tabla 24. Valores de productos importados por Perú afines al producto 3301.

Código(*)	Valor importado (MUS\$)				
	2013	2014	2015	2016	2017
3305	131.572	131.355	125.857	132.664	130.046
3304	80.764	87.220	88.127	86.195	99.587
3302	89.619	83.676	76.201	79.702	81.974
3303	66.894	61.000	62.923	46.670	52.428
3307	55.313	46.866	48.182	44.449	43.451
3306	36.973	38.066	33.710	31.637	32.962
3301	3.075	3.209	2.893	4.123	4.214

(*) Ver Tabla 16, Códigos correspondientes de partidas arancelarias.

Fuente: Trade Map - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, (2018)

Tabla 25. Cantidad de productos importados por Perú afines al producto 3301.

Código(*)	Cantidad importada (Toneladas)				
	2013	2014	2015	2016	2017
3301	235	246	189	299	272
3302	4974	5314	4695	4612	4517
3303	4475	4016	4211	4566	5210
3304	6138	6854	7424	7561	8925
3305	30166	32532	32236	35456	35090
3306	11357	11592	11098	11294	11547
3307	10298	8484	9704	10062	8713

(*) Ver Tabla 16, Códigos correspondientes de partidas arancelarias.

Fuente: Trade Map - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, (2018)

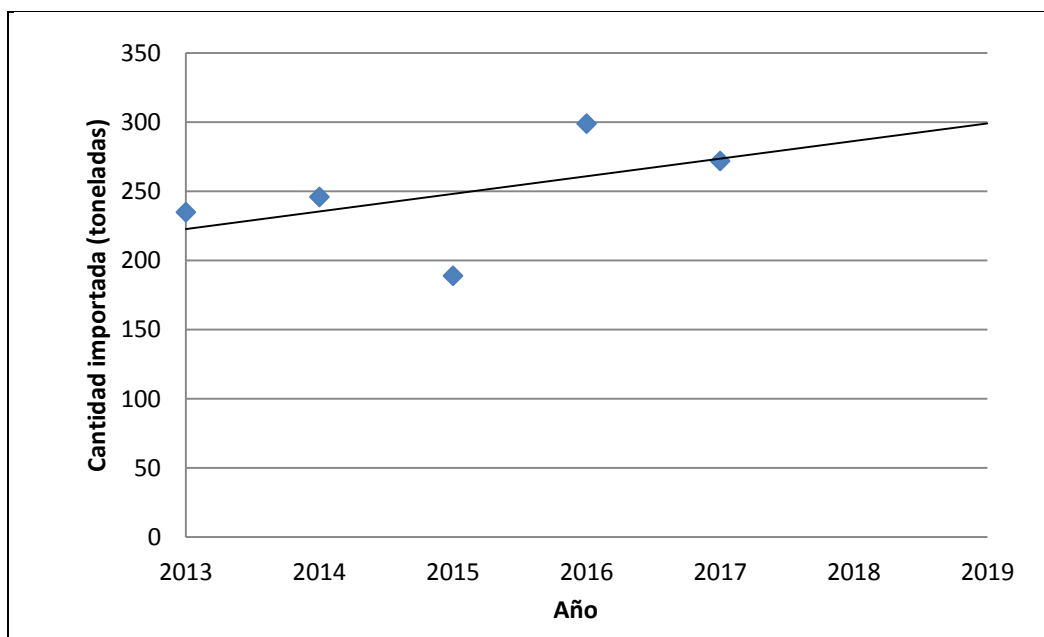


Figura 31. Cantidad importada por Perú del producto 3301 año 2013-2017.

Fuente: Adaptado de Trade Map - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, (2018).

3.2.4. Principales empresas importadoras de aceite esencial de eucalipto

Las empresas que importan aceite esencial de eucalipto, en mayoría son del rubro de la aromaterapia, siendo este un mercado en crecimiento por las nuevas tendencias de tratamientos a bases de aceites esenciales.

Tabla 26. Empresas en el Perú que importan aceite esencial de eucalipto.

Nº	EMPRESA IMPORTADORA	Nº	EMPRESA IMPORTADORA
1	AROMAS DEL PERÚ SA	11	FARMINDUSTRIA S.A.
2	SWISSJUST LATINOAMERICA S.A. SUCURSAL PERÚ	12	MONTANA S A
3	CALLIZO AROMAS S.A.C.	13	AROMAFLOR PERU S.A.C.
4	ESENCIAS FRAGANCIAS Y SABORES INDUSTRIAL	14	IMPORTACIONES GOICOCHEA S.A.C
5	ESENCIAS QUIMICAS S.A.C.	15	FRUTAROM PERU S.A.
6	GRUPO DROGAVET S.A.C.	16	BODYLOGIC DE PERU S.A.
7	MARVA S.A.C.	17	NATURE`S SUNSHINE PRODUCTS DEL PERU S.A
8	CONSORCIO INDUSTRIAL DE AREQUIPA SA	18	VIVA CLEAN S.A.C.
9	COMPAÑIA DE PRODUCTOS INDUSTRIALES PERU	19	EQUIPOS & QUIMICOS EMPRESA INDIVIDUAL
10	AROMAFLOR PERU S.A.C.	20	QUIMTIA S.A.

Fuente: Adaptado de SUNAT

3.3. LA OFERTA DEL PRODUCTO

3.3.1. Exportaciones

Tabla 27. Valores de productos exportados por Perú afines al producto 3301.

Código (*)	Valor exportada (MUS\$)				
	2013	2014	2015	2016	2017
3304	50.623	49.740	36.278	24.766	23.483
3301	10.880	15.513	18.057	19.796	19.323
3303	41.642	32.521	27.296	25.089	15.088
3305	12.773	12.646	12.813	10.404	14.051
3307	11.653	14.514	13.329	13.437	13.278
3302	5.941	5.939	4.448	4.939	5.597
3306	784	1.196	2.461	1.161	2.079

(*) Ver Tabla 16, Códigos correspondientes de partidas arancelarias.

Fuente: Trade Map - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, (2018)

Tabla 28. Cantidades de productos exportados por Perú afines al producto 3301.

Código(*)	Cantidad exportada (Toneladas)				
	2013	2014	2015	2016	2017
3301	437	363	453	618	571
3302	706	696	585	532	559
3303	3658	2787	2566	2143	1236
3304	4560	4299	3291	2332	2170
3305	2890	2977	2599	2021	2807
3306	360	477	799	582	1010
3307	3405	3086	2861	3463	3679

(*) Ver Tabla 16, Códigos correspondientes de partidas arancelarias.

Fuente: Trade Map - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, (2018)

3.3.2. Capacidad aparente de la planta

Para efectos de establecer una capacidad aparente de planta, se tendrá en cuenta los datos de importación publicados por la SUNAT, periodo 2014 – 2018, que se exponen en la sección 3.2.2.

Del análisis de los datos citados anteriormente, y evaluando la realidad del mercado nacional que se pretende satisfacer en la oferta de un producto de calidad de acuerdo a los estándares exigidos en la NTP 319.093:1974 (revisada el 2016); se tomará como base de cálculo la demanda proyectada para el año 2020 del producto aceite esencial de eucalipto, teniendo

como referencia las importaciones al país Argentina. Por tanto, se estima como base inicial una producción mensual de 4Kg, siendo un total de 48 Kg/año, pretendiendo de esta forma, satisfacer el 0.8% de la demanda proyectada para el año 2020.

El costo de producción será especificado en la sección correspondiente del Capítulo VIII.

3.4. PRECIO DEL PRODUCTO

3.4.1. Precio de venta estimado

El precio de venta de aceite esencial de eucalipto promedio en la ciudad de lima, es de 30 soles la unidad de 10 ml. Por tanto, el precio de venta del aceite esencial que se producirá en el presente proyecto será de 25 soles.

3.5. COMERCIALIZACIÓN DEL PRODUCTO

De la revisión de literatura sistemática realizada, se ha verificado que gran parte del consumo nacional está orientado a la aromaterapia, perfumería y preparaciones farmacológicas tradicionales (ungüentos, jarabes, aceites, tónico facial, bioinsecticidas, etc). Por tanto, se pretende que la comercialización del producto, será directamente a las pequeñas empresas nacionales dedicadas a estos rubros, en especial a aquellas empresas importadoras que se muestran en la Tabla 26.

Capítulo IV. **ASPECTOS DEL TRABAJO EXPERIMENTAL**

4.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el diseño experimental del presente trabajo de tesis, aplicamos la técnica estadística del diseño factorial 2^k , que describe los experimentos adecuados para conocer simultáneamente el efecto que tienen k factores sobre una respuesta y conocer si existe interacción entre ellos.

En la Tabla 29, se muestran los factores escogidos y su dominio experimental, expresando los valores máximos y mínimos que pueden tomar, con el fin de evaluar y cumplir el objetivo del presente estudio de extracción de aceite esencial.

Tabla 29. Factores y dominio experimental

Factores	Dominio experimental	
	Nivel (-)	Nivel (+)
x1: presión de operación (bar).	1	10
x2: procedencia de materia prima.	Huancayo (H)	Ambar (A)
x3: Tamaño de matriz vegetal.	Entero (E)	Partida* (P)

(*): Materia prima seca, partida manualmente a 20 mm aproximadamente.

Fuente: Elaborado por el autor

La Tabla 30, nos muestra el diseño factorial 2^3 completo, su respectiva matriz de experimentos y plan de experimentación.

Tabla 30. Matriz de experimentos y plan de experimentación.

Matriz de experimentos			Plan de experimentación		
x_1	x_2	x_3	Presión (bar)	Procedencia	Granulometría
+	+	+	10	A	E
-	+	+	1	A	E
+	-	+	10	H	E
-	-	+	1	H	E
+	+	-	10	A	P
-	+	-	1	A	P
+	-	-	10	H	P
-	-	-	1	H	P

Fuente: Elaborado por el autor, usando diseño factorial 2^k , (2018).

4.2. MATERIALES

4.2.1. Materiales

4.2.1.1. Materia prima:

- Hojas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*).



Figura 32. Árbol de *Eucalyptus globulus*

Árbol de *Eucalyptus globulus*(a), ramas de *Eucalyptus globulus* (b) y hojas de *Eucalyptus globulus*(c).

Fuente: Fotos capturadas por el autor, árboles de eucalipto ubicados en el distrito de Ambar.

4.2.1.2. Insumos

- Agua blanda
- Gas (combustible)

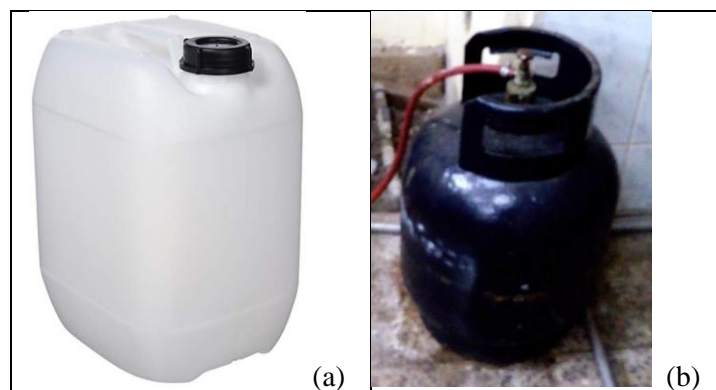


Figura 33. Insumos

Agua blanda(a) y combustible (b)

Fuente: Fotos capturadas por el autor

4.2.1.3. Material de vidrio y otros materiales.

- 5 Probetas de 250 ml
- 1 Vaso de precipitado de 250 ml
- Tubos de ensayo
- Otros recipientes varios
- 1 Soporte universal

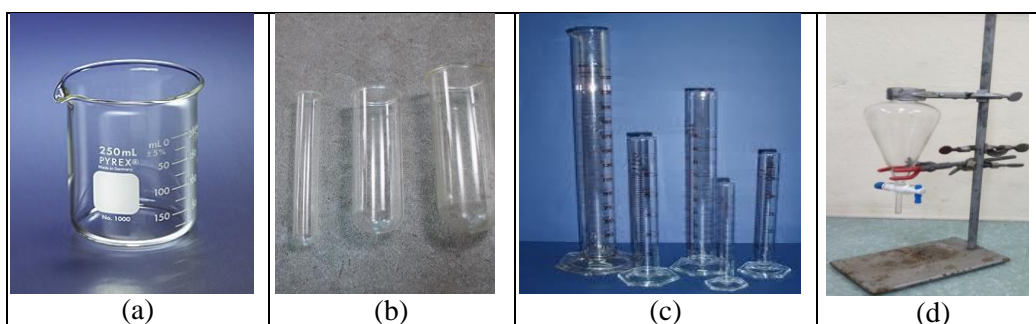


Figura 34. Material de vidrio

Vaso de precipitado (a), tubos de ensayo (b), probetas (c) y soporte universal (d).

Fuente: Material de vidrio del laboratorio del CIDET - FQIQ – UNMSM.

4.2.2. Equipos e Instrumentos de laboratorio

4.2.2.1. Equipos

- Módulo de extracción a nivel banco con instrumentación requerida (manómetro, termocuplas)
- Estufa



Figura 35. Equipos de laboratorio

Refractómetro (a), balanza cuantitativa (b) y estufa(c).

Fuente: Equipos del laboratorio FIQyM -UNJFSC y FQIQ - UNMSM

4.2.2.2. Instrumentos

- De medición (refractómetro, balanza analítica, picnómetro, termómetro, manómetro, cronómetro, potenciómetro)
- De separación (floreentino, pera de decantación)

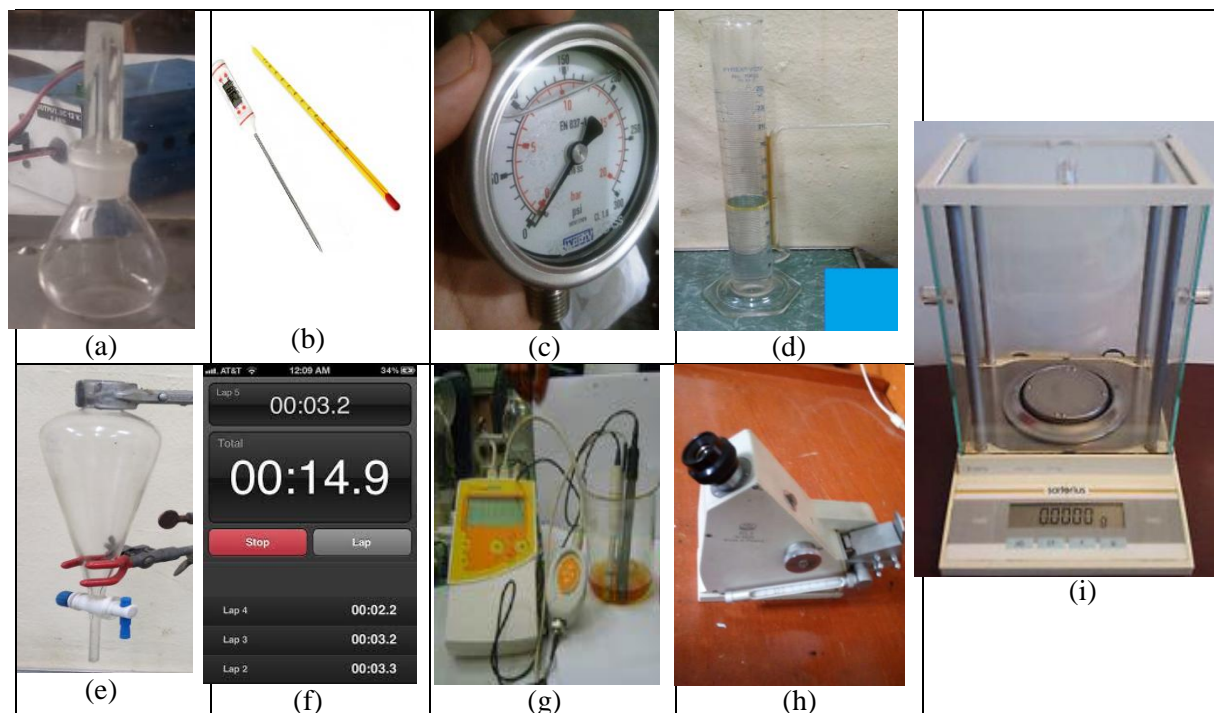


Figura 36. Instrumentos de medición y separación

Picnómetro (a), termómetro (b), manómetro (c), florentino (con producto de extracción) (d), pera de decantación (e), cronómetro (f), potenciómetro (g), refractómetro (h) y balanza analítica (i).

Fuente: Instrumentos de propiedad del laboratorio del CIDET - FQIQ – UNMSM (d, e), laboratorio de operaciones unitarias FIQyM - UNJFSC (g), instrumentos propios del autor (a, b, c, f).

4.3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El trabajo experimental fue realizado en el Laboratorio del Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología- CIDET- Departamento de Procesos de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Lima. Así mismo, algunas actividades complementarias de análisis de laboratorio y tratamiento de datos, se realizaron en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión - Huacho.

El procedimiento experimental para la obtención del aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) se muestra en el siguiente esquema de trabajo:

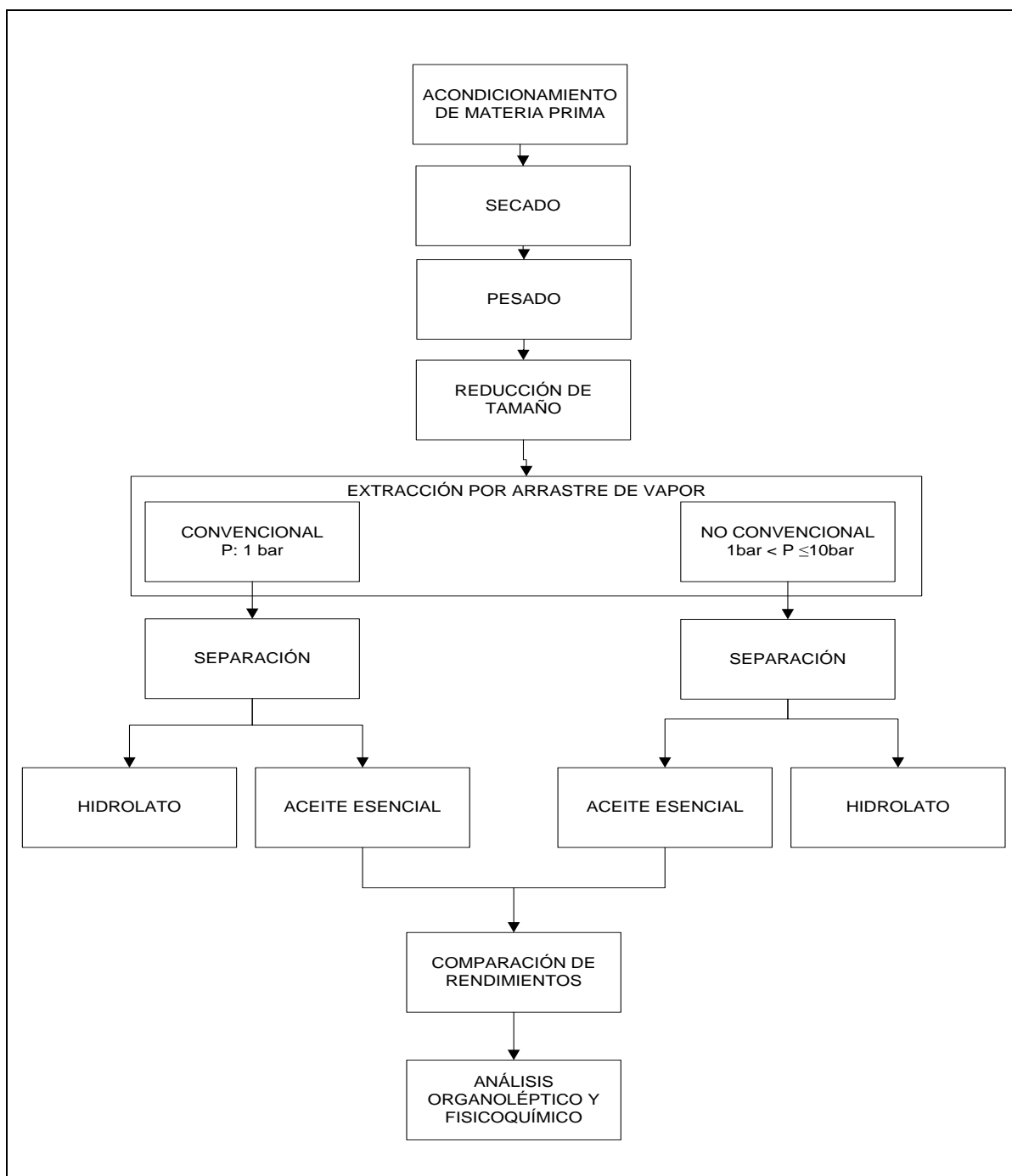


Figura 37. Procedimiento experimental para la obtención de aceite esencial de eucalipto

Fuente: Elaborado por el autor.

4.3.1. Acondicionamiento de materia prima

Las hojas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) son recolectadas, teniendo en cuenta que las hojas pueden ser jóvenes o adultas, en el presente trabajo, se utilizaron hojas jóvenes. Las hojas jóvenes de los eucaliptos son sésiles, ovaladas, grisáceas y de forma falciforme. Estas se alargan y se tornan de un color verde azulado brillante de adultas.

Posteriormente, se seleccionan manualmente y se separan los sólidos extraños que puedan contener, generalmente residuos orgánicos.

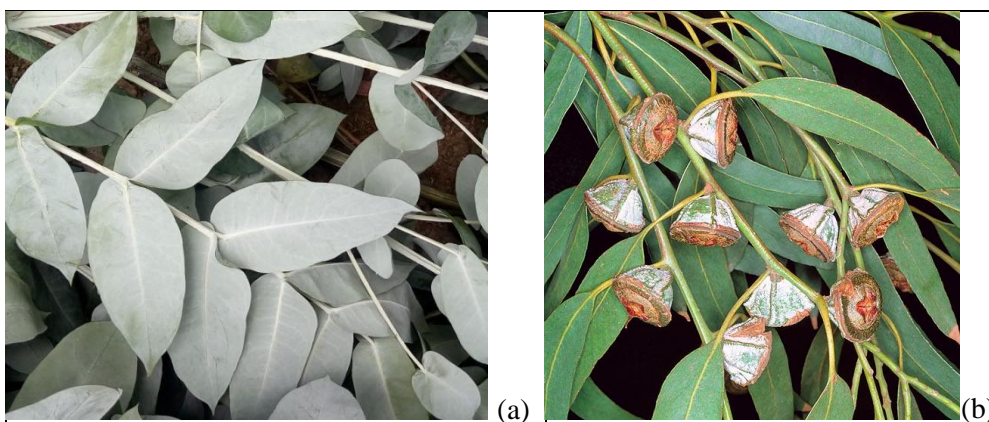


Figura 38. Hojas de *Eucalyptus globulus*: (a) hojas jóvenes y (b) hojas adultas.

Fuente: Fotografías capturadas por el autor.

4.3.2. Secado de la materia prima

La materia prima (hojas verdes), son colocadas sobre una superficie limpia, para ser secadas por convección natural a temperatura ambiente. Estas estarán listas cuando no presenten variación de su masa.



Figura 39. Secado natural de hojas de Eucalipto: (a) ramas y hojas, (b) hojas.

Fuente: Fotografías capturadas por el autor.

Como forma opcional, se puede realizar un secado forzado, haciendo uso de una estufa, con el fin de acelerar el proceso, pero se debe tener en cuenta el tipo de materia prima a tratar y si el proceso altera los componentes de interés. Luego se realiza el pesado de la materia prima seca, y se anota los datos obtenidos.



Figura 40. Secado forzado utilizando estufa.

Fuente: Equipo del laboratorio del CIDET - FQIQ – UNMSM.

4.3.3. Reducción de tamaño

Las materia prima (hojas secas de *Eucalyptus globulus*) se somete a una reducción de tamaño la cual se realiza de forma manual, e inmediatamente se procede a realizar la extracción de su aceite esencial, siendo esto lo más conveniente, dado que, mientras más tiempo permanezca al medio ambiente, tendrá pérdidas de componentes volátiles. Esta etapa del procedimiento puede ser obviada, si se desea trabajar con hojas secas enteras.

4.3.4. Extracción de aceite esencial

La materia prima entera o partida manualmente, es colocada sobre una balanza para el pesado correspondiente, luego es cargada a la columna de extracción, donde formará un lecho fijo compacto. El generador de vapor, alimentado con agua blanda, es calentado verificando de tal manera que las variables de presión y temperatura deben mantenerse dentro del rango de trabajo establecido (Tabla 29).

Una vez alcanzado el valor de presión requerido, el vapor de agua es suministrado hacia la columna cargada, esto se realiza mediante una válvula accionada manualmente.

Se trabaja usando el método de extracción por arrastre de vapor convencional, a presión atmosférica, aproximadamente 1 bar, además, se trabaja usando el mismo método pero a una presión mayor a la atmosférica, no convencional, como máximo a 10 bar.

La salida del vapor que contiene aceite esencial, es condensado y recepcionado en un decantador dinámico florentino con el fin de separar con mayor facilidad el producto principal (aceite esencial de eucalipto) posteriormente.



Figura 41. Equipo para extracción por arrastre de vapor utilizado.

Fuente: Equipos pertenecientes al Laboratorio de operaciones unitarias – FQyM-UNJFSC.

4.3.5. Separación del producto

El condensado (aceite esencial y agua) obtenido luego de la extracción, es colocado en una pera de decantación, donde se aprovecha la diferencia de densidades para separar el producto principal aceite esencial del producto secundario agua floral.

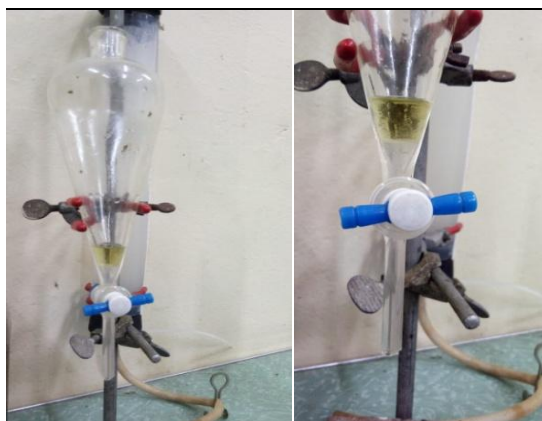


Figura 42. Decantación del producto

Fuente: Fotografías capturadas por el autor.

4.3.6. Comparación de rendimientos

Se realiza las anotaciones siguientes, la cantidad de producto obtenido, tanto principal (aceite esencial) y secundario (agua floral), para posteriormente calcular el rendimiento de

cada prueba experimental y realizar la comparación entre ellos. Para dicho cálculo, utilizamos la siguiente ecuación matemática, que corresponde al rendimiento n_{EO} (g/g):

$$\%n_{EO} = \frac{\text{Masa del Aceite esencial}}{\text{Masa total de Materia prima}} * 100 = \left(\frac{\rho_{EO} V_{EO}}{W_T} \right) 100$$

Donde:

ρ_{EO} : Densidad del aceite esencial, g/mL

V_{EO} : Volumen del aceite esencial, mL

W_T : Masa total de materia prima seca, g

Los resultados de los rendimientos de las extracciones experimentales realizadas, se presentan en la Tabla 33.

4.3.7. Análisis organoléptico y fisicoquímico

El producto principal (aceite esencial de *Eucalyptus globulus*), obtenido en las diversas pruebas experimentales, se analiza desde el aspecto organoléptico (color y el olor) y desde el aspecto fisicoquímico (índice de refracción y densidad). Se utiliza la balanza cuantitativa y el picnómetro para hallar la densidad del producto, y el refractómetro para obtener su índice de refracción, cuyos resultados se muestran en la Tabla 33.

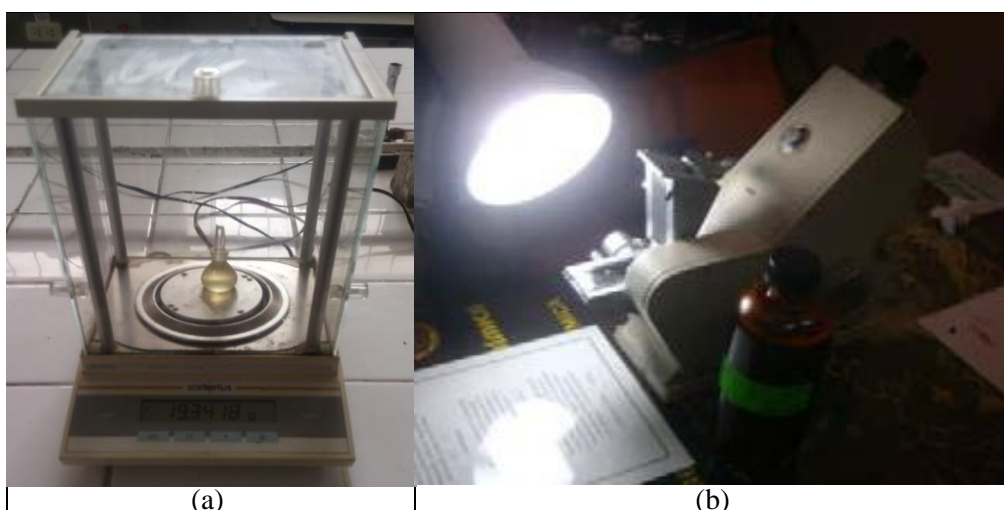


Figura 43. Equipos para análisis físico – químico

Fuente: Fotografías capturadas por el autor. Equipos pertenecientes al Laboratorio de Operaciones unitarias, Laboratorio de Química Analítica– FIQyM- UNJFSC.

4.3.8. Almacenamiento del producto final

El producto principal, aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), es almacenado en frascos de vidrio color ámbar, con el fin de evitar que la luz produzca una alteración química en su composición, de forma rápida.



Figura 44. Producto aceite esencial de eucalipto.

Fuente: Fotografías capturada por el autor.

4.4. TABULACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en las diversas pruebas experimentales realizadas por el Autor del presente trabajo, fueron obtenidos haciendo uso de un módulo de extracción a escala banco con la instrumentación correspondiente.

4.4.1. Tiempo de Secado

En la etapa de recolección, donde tenemos hojas y ramas, se realizó la toma de datos másicos de hojas y ramas por separado, con el fin de encontrar una relación del porcentaje de hojas presentes en un total de muestra recolectada (hojas y ramas).

Tabla 31. Relación entre hojas y ramas de la materia prima recolectada.

Nº	*Cantidad de Materia prima recolectada (gr)	Hojas verdes (%)	Ramas (%)
1	6120	72%	28%
2	4100	70%	30%
3	3540	68%	32%
4	1148	74%	26%
Promedio	100%	71%	29%

En base a los datos, se puede deducir que en 1000 g de materia prima, 70 g son sólo hojas.

Materia prima recolectada del Distrito de Ambar-Huaura-Lima

Fuente: Elaborado por el autor.

Además, se tomaron datos en la etapa de secado natural, con muestras procedentes del distrito de Ambar (Lima), secados en el pueblo del mismo nombre, y muestras procedentes de la región Junín (Huancayo), secados en el distrito de Comas (Lima metropolitana), con el objetivo de determinar un tiempo de secado promedio, que es de importancia para el tratamiento de muestra en la planta piloto agroindustrial de aceite esencial de eucalipto.

Tabla 32. Evolución de la etapa de secado natural del *Eucalyptus globulus*.

Muestra	Días										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4400	3470	2720	2080	1900	1800	1750	1750	1750	-	-
2	4334	3460	2705	2110	1810	1732	1670	1640	1640	-	-
3	2410	1980	1581	1232	1049	985	946	920	920	-	-
4	4100	3428	2822	2241	1830	1690	1610	1580	1580	-	-
5*	2500	2143	1780	1535	1302	1085	952	905	890	885	884

Muestras 1, 2, 3 y 4 de procedencia del distrito de Ambar, y secados de forma natural en el pueblo de Ambar.

Muestras 1, 2, 3 compuestas por hojas, y muestra 4 compuesta por hojas y ramas.

Muestra 5* de procedencia de la región Junín, secada de forma natural en el distrito de Comas- Lima metropolitana.

Fuente: Elaborado por el autor.

4.4.2. Resultados de Extracción

A las muestras de matriz vegetal seleccionadas y de acuerdo a los factores operacionales de trabajo (Tabla 29) se les asignó un código, cuya estructura es la siguiente:

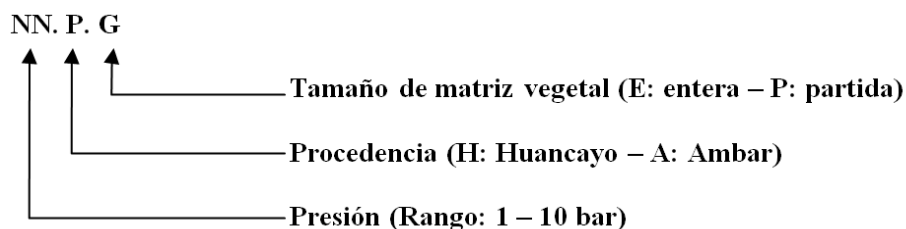


Tabla 33. Data obtenida del proceso de extracción de aceite esencial de eucalipto.

N°	Código	Presión (bar)	Materia prima (g)	Tiempo Extracción (s)	Producto				
					Volumen EO (mL)	Volumen Hidrolato (mL)	Índice de refracción EO	Densidad EO (g/mL)	Rendimiento EO (%g/g)
1	10. A. E	10	900	1325	27	2405	1.461	0.924	2.77
2	1. A. E	1	900	3342	19	4175	1.458	0.929	1.96
3	10. H. E	10	900	1348	26	2430	1.455	0.931	2.69
4	1. H. E	1	900	3593	20	4330	1.460	0.918	2.04
5	10. A. P	10	900	1434	28	2625	1.463	0.922	2.87
6	1. A. P	1	900	3484	21	4200	1.451	0.934	2.18
7	10. H. P	10	900	1379	28	2540	1.462	0.919	2.86
8	1. H. P	1	900	3762	20	4320	1.448	0.941	2.09

Fuente: Elaborado por el autor.

Para una mejor percepción de los datos obtenidos del rendimiento y tiempo de extracción en cada prueba experimental, se grafican, con el fin observar aquellas que nos proporcionan los mejores resultados.

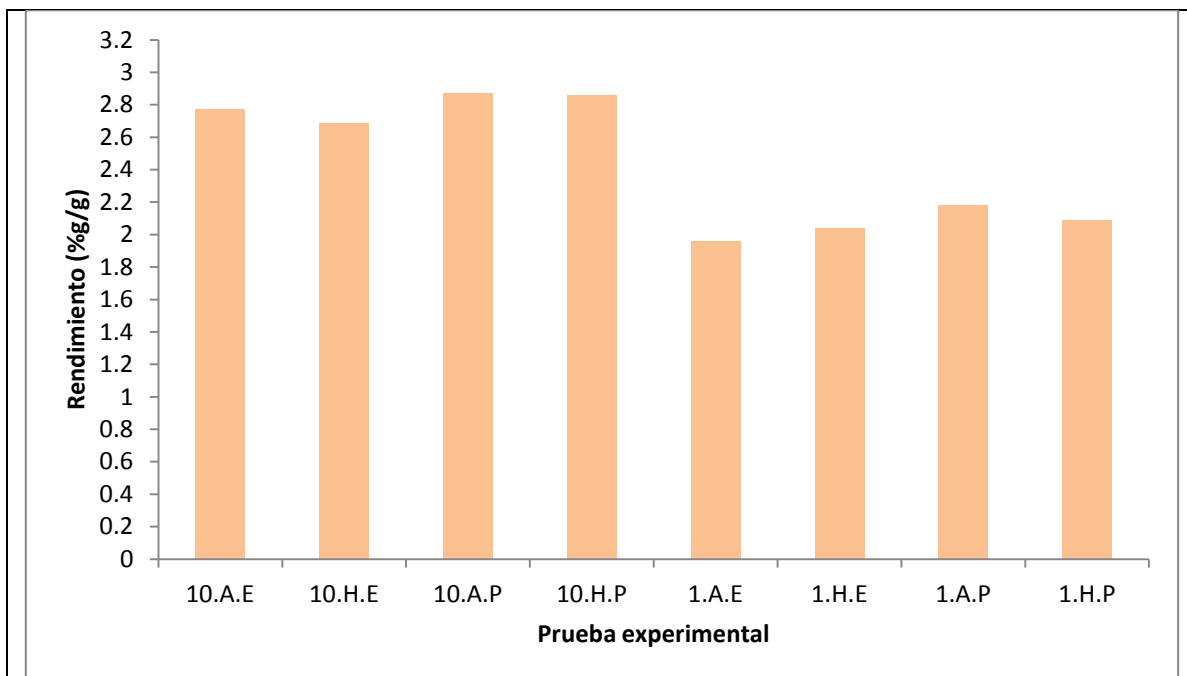


Figura 45. Diagrama de rendimiento por prueba experimental.

Fuente: Elaborado por el autor.

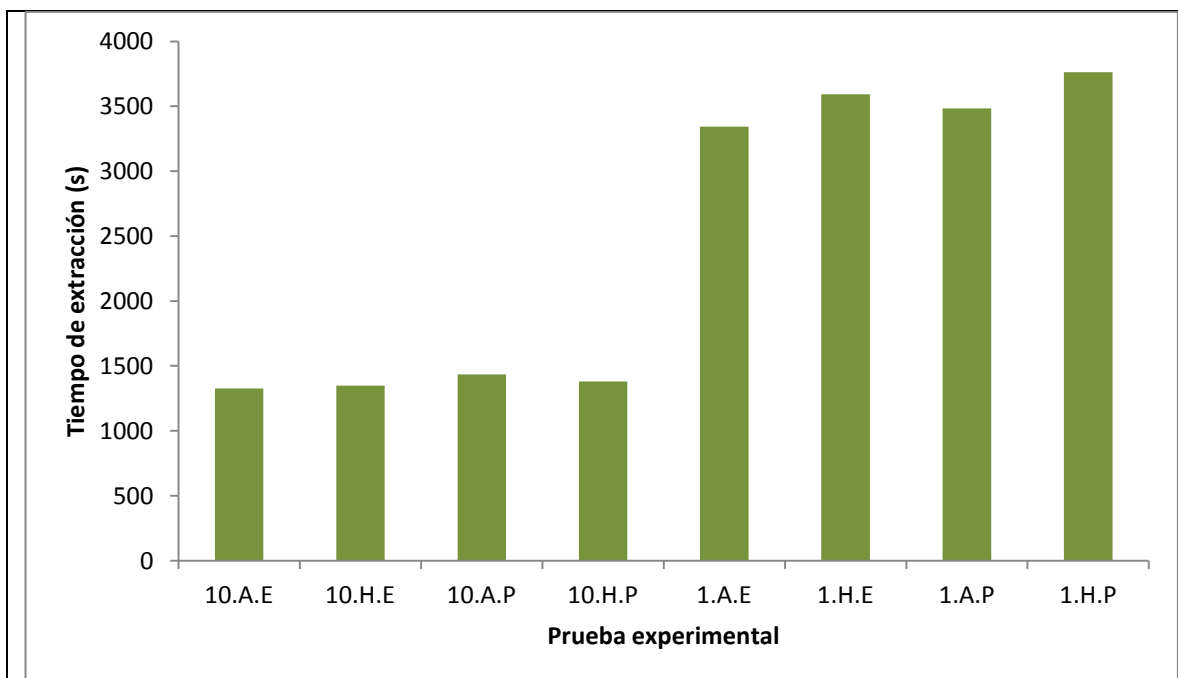


Figura 46. Diagrama de tiempo de extracción por prueba experimental.

Fuente: Elaborado por el autor.

4.5. ANÁLISIS DE DATOS

4.5.1. Determinación del tiempo promedio de secado

A partir de los datos obtenidos, que se muestran en la Tabla 32, se puede afirmar que:

- El tiempo promedio de secado, para materia prima (hojas) secada por convección natural en el pueblo de Ambar, es de 6 días.
- El tiempo promedio para materia prima (hojas y ramas) secada por convección natural en el pueblo de Ambar, es de 7 días.
- El tiempo promedio para materia prima (hojas) secada por convección natural en el distrito de comas, es de 8 días.
- La materia prima (procedente del distrito de Ambar) luego del proceso del secado disminuye su masa al 38.5% aproximadamente.
- La materia prima (procedente de la región Junín) luego del proceso de secado disminuye su masa al 35% aproximadamente.

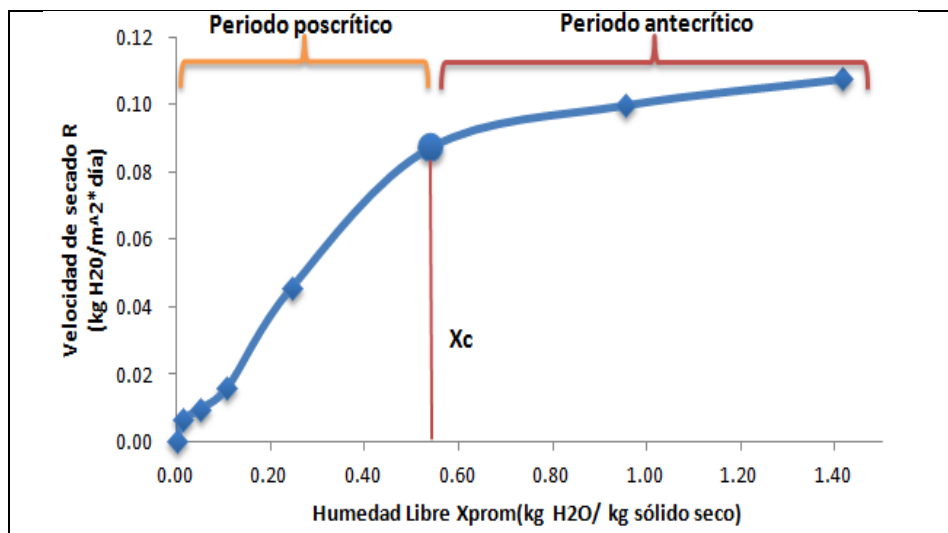


Figura 47. Curva de velocidad de secado.

Fuente: Elaborado por el autor, con data presentada en la Tabla 32, muestra 3.

Los cálculos y gráficas de velocidad de secado y contenido crítico de humedad libre (X_c), se encuentran en el ANEXO A.4.

4.5.2. Determinación del adecuado tamaño de la matriz vegetal.

Se analizan las pruebas experimentales realizadas, presentadas en la Tabla 33, se observa que la diferencia de rendimientos entre una muestra de hojas enteras y otra de hojas que fueron reducidas de tamaño manualmente, a aproximadamente 20 mm, sometidas a extracción bajo condiciones de presión similares, es mínima, siendo esta última la que presenta mayor rendimiento (ver figura 45). Por tanto, la materia prima partida de forma manual, nos proporciona un mayor rendimiento del producto aceite esencial de eucalipto.

4.5.3. Determinación del método adecuado para la extracción.

En base a la data presentada en la Figura 45 y 46, se determina que la extracción por arrastre de vapor, no convencional (10 bar de presión), es la más adecuada para la obtención de aceite esencial de eucalipto, dado que, presenta un menor tiempo de extracción en comparación con el método de arrastre de vapor convencional, a presión atmosférica. Esto se traduce como:

- Menor pérdida de componentes volátiles por el corto periodo de extracción,
- Disminución de consumo de combustible (ahorro energético), menor costo de extracción.
- Diminución de emisión de gases tóxicos.
- Método de extracción amigable con el medioambiente.

4.5.4. Determinación de parámetros operacionales adecuados.

Se determina que los parámetros operacionales más adecuados para la extracción de aceite esencial de eucalipto son los siguientes:

- La materia prima debe ser sometida a una reducción de tamaño (20 mm aprox.), para luego proceder a colocarla como un lecho fijo, dentro de la columna, para la extracción de su aceite esencial.
- La extracción por arrastre de vapor, debe realizarse considerando que la presión dentro del generador debe ser de alrededor de 10 bar, con la finalidad de reducir el tiempo de extracción y obtener un alto rendimiento del producto principal.

Capítulo V. **FILOSOFÍA DEL PROYECTO**

5.1. FILOSOFÍA ZERO WASTE EN EL PROYECTO

5.1.1. Fundamento

La ZERO WASTE INTERNATIONAL ALLIANCE, nos da el concepto de su filosofía de la siguiente manera:

“Cero residuos es una meta que es ética, económica, eficiente y visionaria, para guiar a las personas a cambiar sus estilos de vida y prácticas para emular ciclos naturales sostenibles, donde todos los materiales desechados están diseñados para convertirse en recursos para que otros los utilicen. Cero desperdicio significa diseñar y administrar productos y procesos para evitar y eliminar sistemáticamente el volumen y la toxicidad de los desperdicios y materiales, conservar y recuperar todos los recursos, y no quemarlos ni enterrarlos”.

Por tanto, la filosofía “Zero Waste” es aplicable al presente trabajo de tesis, dado que, se busca diseñar un proceso productivo, teniendo en consideración el uso adecuado de materia prima e insumos, la elección de operaciones unitarias eco-amigables más parecidas a los ciclos naturales, minimización de generación de residuos en las etapas productivas y la gestión de los mismos.



Figura 48. La jerarquía Zero Waste 7.0 – 2018.

Fuente: Zero Waste International Alliance (2018)

La Filosofía Residuo Cero, pone la restricción de alcanzar al menos un 90% de desviación de los residuos a los rellenos sanitarios, incineradores y el medio ambiente, con el compromiso de reducir la cantidad de materiales desechables y evitar que los descartes vayan a procesos térmicos.

Zero Waste se enfoca en las actividades alrededor del proceso o producto, administrarlos y evitar el desperdicio lo más posible, enfocándose en detener la basura antes de que sea generada.

5.2. ECONOMÍA CIRCULAR

Dentro de la Jeraquía Zero Waste, que se presenta en la Tabla 11, se aprecia el uso del término Economía circular, por tanto es necesario conocer sus fundamentos.

Marcet et al. (2018), expresan que la economía circular es una propuesta para romper la linealidad en que la humanidad ha ido creando cadenas de valor que generan productos no reintegrables en los ciclos naturales; viene a ser el término genérico para definir un nuevo modelo económico el cual tiene como objetivo mantener los materiales, los productos y sus componentes en procesos circulares, mediante los cuales pueden ser reintegrados en la cadena de valor una vez terminada su vida útil.

La economía circular es un paradigma nuevo, se tiene cada día más experiencias de empresas, de ciudades, de universidades que nos indican que se avanza. Los ritmos de sostenibilidad, sin embargo, son muy importantes. “Es fundamental que la economía circular vaya más rápido que el deterioro de la Tierra y ello supone agendas locales y globales auténticas” (Marcet et al., 2018).

El presente trabajo de tesis, hace empleo de los fundamentos de la Economía circular, porque está relacionado con la Filosofía Residuo Cero, esto se sustenta bajo la siguiente expresión:

“El *leitmotiv* de la economía circular es maximizar el aprovechamiento de los recursos y minimizar la generación de residuos no aprovechables” (Marcet et al., 2018).

Por tanto, se realizará una gestión de residuos, y la elección del mecanismo de producción bajo los fundamentos de la ecología industrial, guiándonos por los fundamentos de la jerarquía Zero Waste.

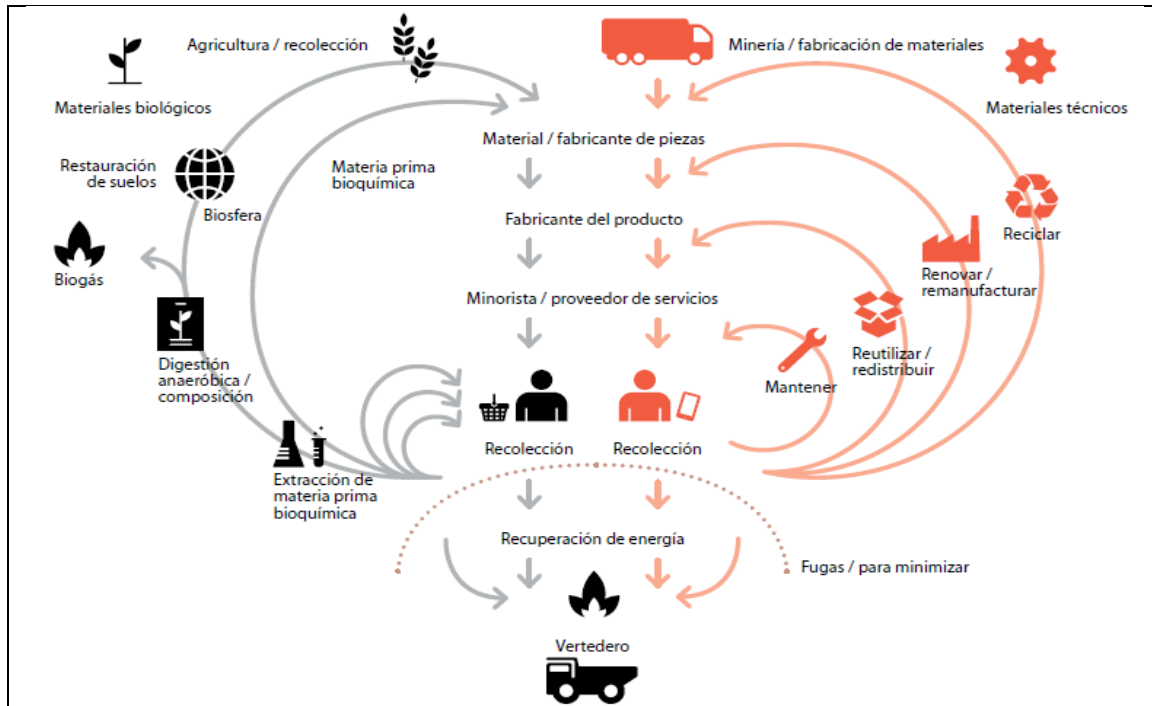


Figura 49. La economía circular

Fuente: Marcet et al., (2018)

5.2.1. Pilares de la Economía circular

Según Benoit de Guillebon, citado por Marcet et al. (2018), define los siete pilares de la economía circular, las cuales son:

- 1°. Diseño ecológico
- 2°. Economía funcional
- 3°. Reutilización
- 4°. Reparación
- 5°. Refabricación
- 6°. Reciclaje
- 7°. Ecología industrial

5.2.2. Modelo lineal vs Modelo circular

Tabla 34. Comparación entre modelo lineal y circular.

Modelo lineal	Modelo Circular
Los productos acaban convirtiéndose en residuos, pero para que eso pase, hacen falta recursos que cada vez son más limitados y cuya eliminación supone un alto coste ambiental.	La economía circular representa una estrategia de desarrollo hacia un crecimiento económico que se centra en reducir el consumo de recursos y asimilar los procesos productivos de la naturaleza, en la que cualquier residuo se convierte en recurso.

Fuente: adaptado de Marcet et al., (2018)

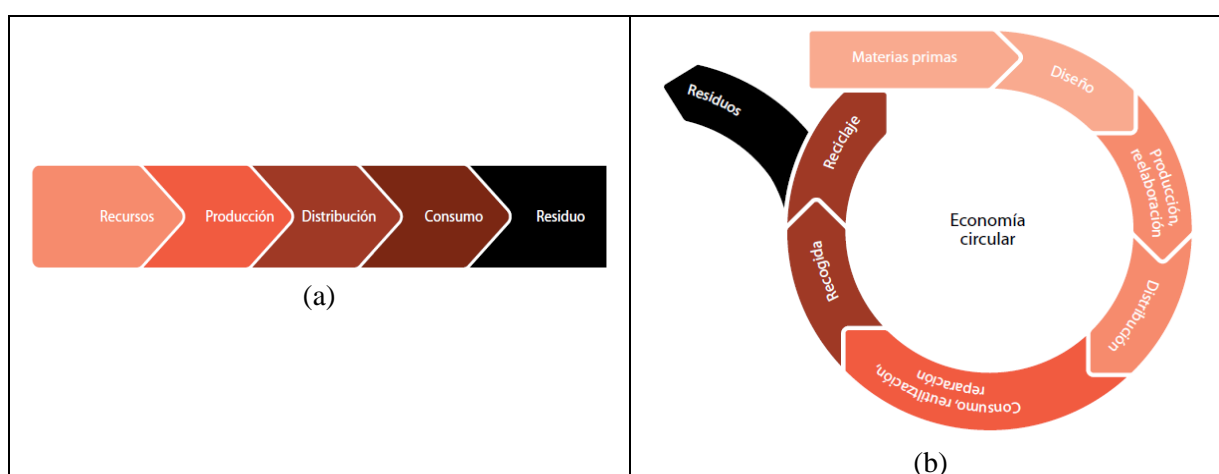


Figura 50. Modelo lineal (a) y Modelo circular (b).

Fuente: Marcet et al. (2018)

5.2.3. Ecología industrial

Según Graedel y Allenby (1995) citados por Mihelcic y Zimmerman (2002), la ecología industrial es el desplazamiento de los procesos industriales desde sistemas lineales a sistemas de vuelta cerrada en donde los desperdicios se vuelven recursos para nuevos procesos.

Este enfoque tiene como objetivo el crear procesos de circuito cerrado, donde los residuos de un proceso se conviertan en materia prima para otro, dejando de ser un subproducto no aprovechable. Bajo la filosofía industrial, se pretende el diseño de procesos productivos que respeten las restricciones ecológicas, y que consideren el impacto global de sus actividades desde el principio, teniendo como resultado, procesos que puedan realizarse cerca a los sistemas vivos.(ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, s. f.).

5.3. GESTIÓN DE RESIDUOS EN EL PROYECTO

La gestión de residuos forma parte de la jerarquía Zero Waste y tiene un rol fundamental en la economía circular, al mismo tiempo, determina el modo en que se pone en práctica la jerarquía de los residuos. La jerarquía Residuo Cero establece un orden de prioridad desde la prevención, la preparación para la reutilización, el reciclaje y la recuperación de residuos hasta su eliminación. Este principio tiene por objeto alentar las soluciones que proporcionan el mejor resultado medioambiental general.

El modo de recoger y gestionar nuestros residuos puede dar lugar a altas tasas de reciclaje y a que los materiales valiosos vuelvan a la economía.

Para la gestión de residuos tenemos en cuenta la siguiente normativa, o documentos que permiten su aplicación de forma correcta.

- Ley General de los Residuos Sólidos, Ley N° 27314 - Perú
- Lista Europea de Residuos

5.3.1. Mapa de Gestión de Residuos sólidos

Los Residuos sólidos se clasifican según su origen, según su gestión y según su peligrosidad:

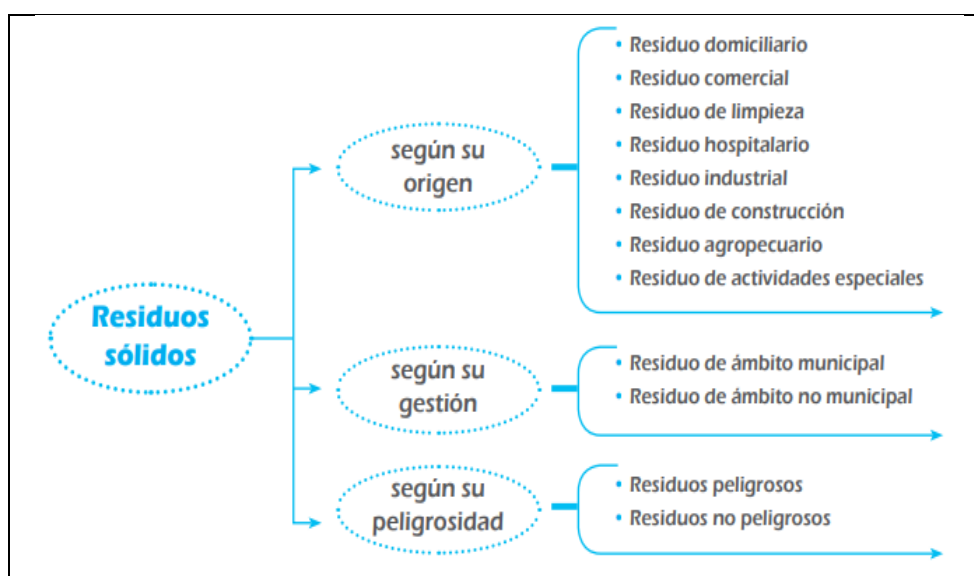


Figura 51. Clasificación de los residuos sólidos.

Fuente: según Ley N° 27314: Ley General de Residuos Sólidos

En presente trabajo de tesis, diseña una planta piloto agroindustrial para producir aceite esencial de eucalipto, que tendrá como una de sus principales actividades, la gestión de sus residuos, que son de ámbito no municipal, de origen industrial, y no peligrosos.

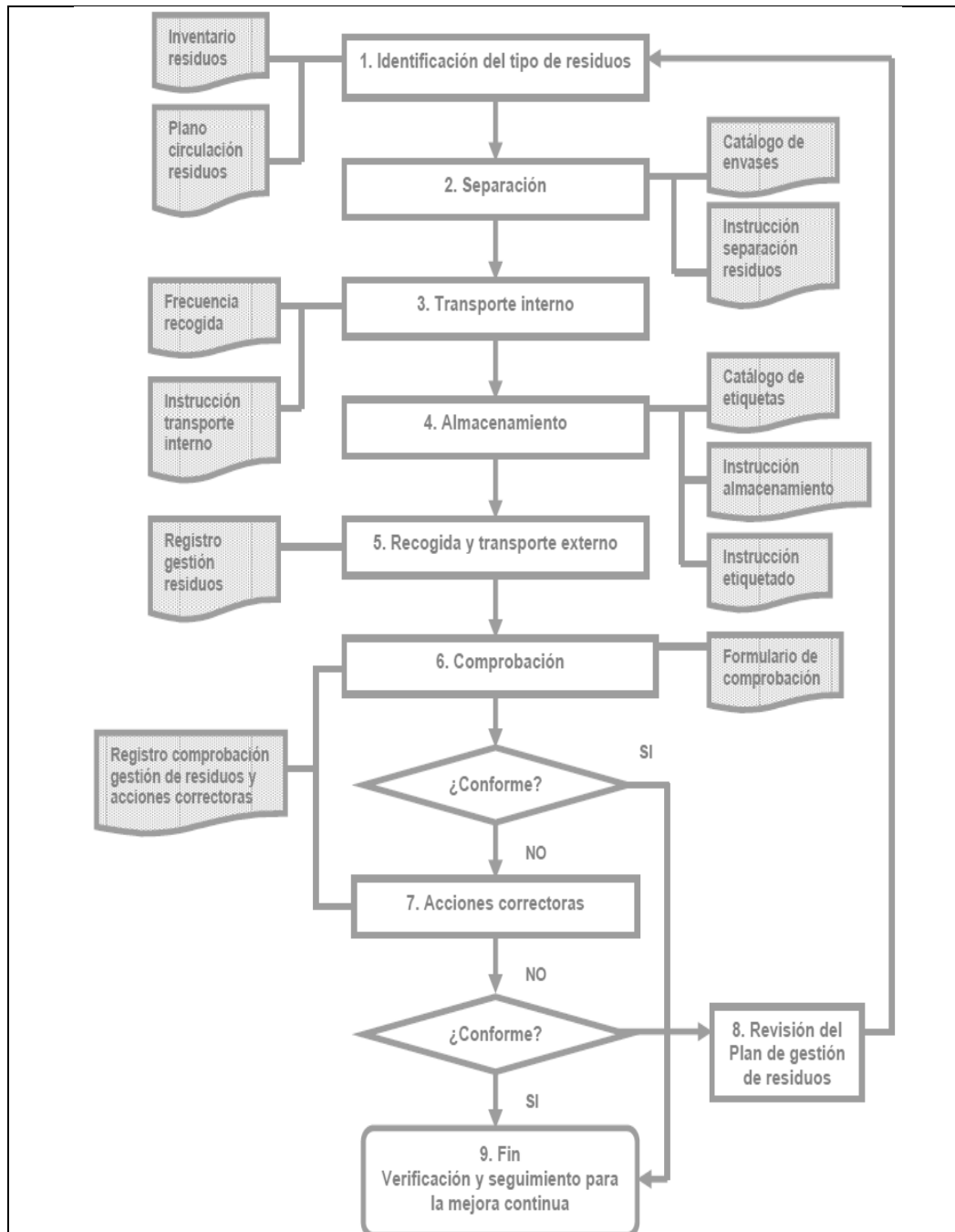


Figura 52. Diagrama de flujo de un proceso general de gestión de residuos.

Fuente: <http://gestion-calidad.com>

5.3.2. Identificación de residuos por etapa

Tabla 35. Identificación de residuos por actividades de la planta piloto.

Etapa	Residuos						
	Código *	Nombre	Orgánicos compostables	Papel y cartón	Plástico	Vidrio	Generales **
Recepción e inspección de la materia Prima	020102	Residuos de tejidos vegetales.	*				
	020701	Residuos de limpieza de materia prima.	*				*
Secado	020102	Residuos de tejidos vegetales.	*				
Reducción de tamaño	020102	Residuos de tejidos vegetales.	*				
	020701	Residuos de reducción mecánica de materia prima	*				
Extracción / Condensación	020102	Residuos de tejidos vegetales.	*				
	020399	Residuos de la extracción con arrastre de vapor	*				
Condensación	100126	Residuos del tratamiento del agua de refrigeración					
Separación	020399	Residuos de tejidos vegetales	*				
Inspección y control de calidad	150102	Envases de plástico			*		
	150107	Envases de vidrio				*	
Envasado, etiquetado y almacenamiento	101105	Partículas y polvo.					*
	150107	Envases de vidrio.				*	
	150102	Envases de plástico.			*		
Ablandamiento de agua	150101	Envases de papel y cartón.		*			
	190905	Resinas intercambiadoras de iones saturadas o usadas.					*
	190906	Soluciones y lodos de la regeneración de intercambiadores de iones.					*
Limpieza de equipos	020201	Lodos del lavado y limpieza	*				*
Registro de Gestión de residuos	200101	Papel y cartón		*			
Registro de producción	200101	Papel y cartón		*			

(*): Código basado en la Lista Europea de Residuos (LER)

Código de colores para los residuos basados en la NTP 900.058(2005)

(**): Son no reaprovechables

Fuente: Elaborado por el Autor, teniendo en cuenta la NTP 900.058 (2005) y la Lista Europea de Residuos

5.3.3. Plan de manejo de residuos en la planta piloto

La ley General de Residuos Sólidos N° 27314, nos recomienda para la gestión de manejo de residuos sólidos, las siguientes etapas:

- Minimización
- Segregación
- Almacenamiento
- Recolección
- Reaprovechamiento
- Comercialización
- Transporte
- Transferencia
- Tratamiento
- Disposición final

La planta piloto agroindustrial para la producción de aceite esencial de eucalipto, que se diseña en el presente trabajo de tesis, seguirá las etapas de minimización, segregación y almacenamiento.

5.3.3.1. Consideraciones

- La etapa de minimización, está relacionado a los ítems REPENSAR y REDUCIR de la jerarquía Residuo Cero, y es aplicada en la sección 5.5 y 5.6.
- La etapa de segregación se detalla en la sección 5.3.1, está relacionada con el ítem GESTIÓN DE RESIDUOS de la jerarquía Residuo Cero, así como también, la necesidad de tener un diagrama de plan de manejo de residuos (sección 5.6).
- El almacenamiento de los residuos se da en la planta piloto será por un pequeño periodo de tiempo, luego estos serán transportados a industrias del rubro de manejo

de residuos sólidos para su tratamiento. Se pretende aprovechar los residuos de tipo orgánico compostable, con el fin de elaborar abono para cultivos locales, ello se detalla en la sección 5.3.2.2. esto en cumplimiento del ítem RECICLAR/COMPOSTAJE de la jerarquía Residuo Cero.

- El proceso productivo principal de la planta piloto, estará bajo el ítem de REUTILIZAR al adquirir productos de empresas que reciclan, para el caso de los envases para nuestro producto, recalando que dichos envases son de calidad, teniendo como fundamento que el vidrio es reciclable de forma indefinida.

5.3.3.2. Compostaje

La FAO define como compostaje a la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes.

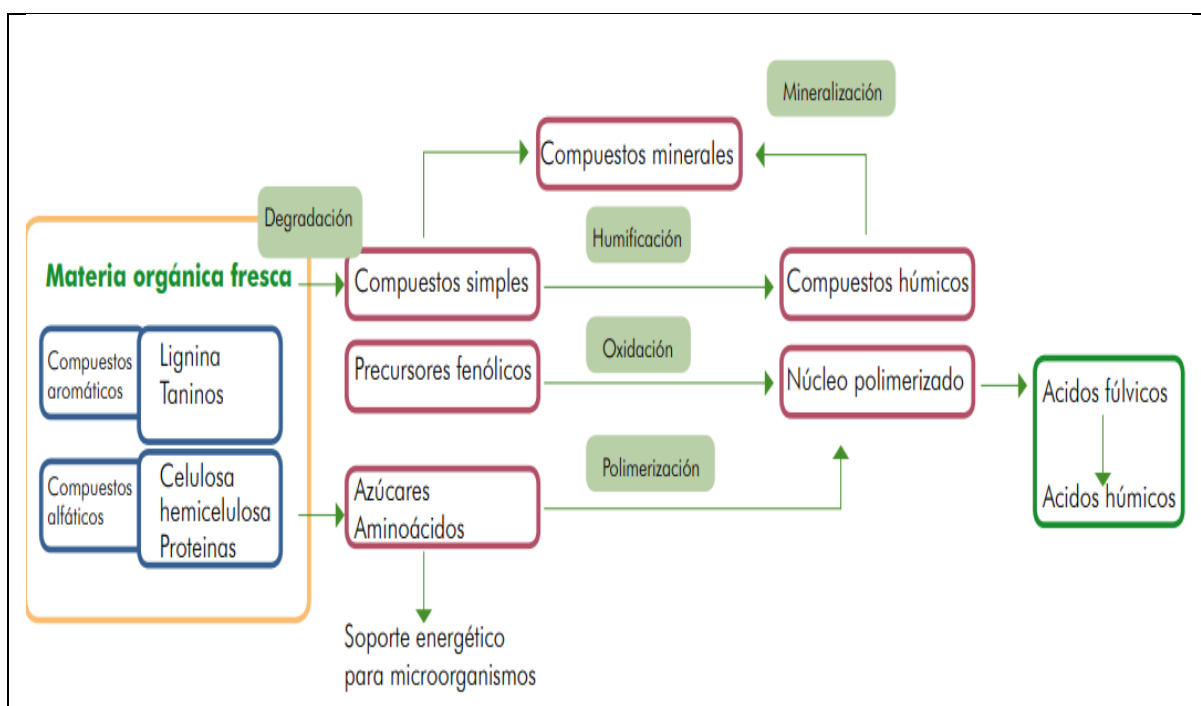


Figura 53. Esquema de la evolución de la materia orgánica que llega al suelo.

Fuente: Adaptado de Ribó 2004 citado por FAO en Manual de compostaje del agricultor , (2013)

En la planta piloto agroindustrial se realizará el compostaje con el fin de reciclar la materia orgánica, en este caso la materia agotada procedente de la etapa de extracción en su mayoría.

Para ello tomamos en consideración las fases del compostaje y el monitoreo durante el compostaje.

a) Fases del compostaje

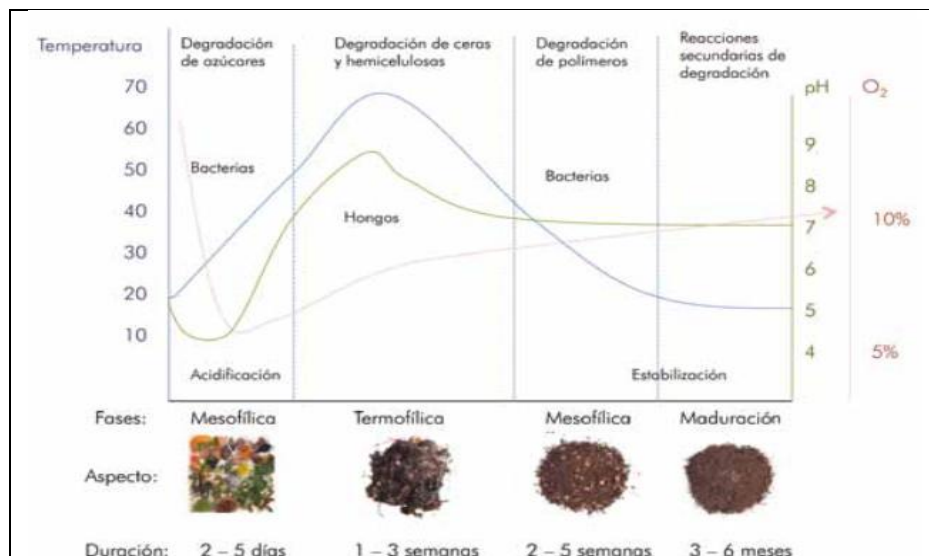


Figura 54. Temperatura, oxígeno y pH en proceso de compostaje.

Fuente: FAO, (2013)

b) Monitoreo durante el compostaje

Dado que es un proceso aerobio, se debe mantener una aireación adecuada para permitir la respiración de los microorganismos, liberando a su vez, dióxido de carbono a la atmósfera.

Tabla 36. Control de aireación.

Porcentaje de aireación	Problema	Soluciones
<5%	Baja aireación	Insuficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis.
5% - 15% Rango ideal		
>15%	Exceso de aireación	Descenso de temperatura y evaporación del agua, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua.
		Picado del material a fin de reducir el tamaño de poro y así reducir la aireación. Se debe regular la humedad, bien proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua.

Fuente: FAO, (2013)

Tenemos en cuenta, que el oxígeno sirve para transformar (oxidar) el carbono presente en las materias primas (substrato) en combustible.

El CO₂ que se produce durante el proceso de compostaje, es considerado de bajo impacto ambiental, dado que es capturado por las plantas para realizar el proceso de fotosíntesis.

La humedad es otro parámetro a monitorear, ya que el agua es medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular. La humedad óptima para el compost es alrededor del 55%.(FAO, 2013)

Tabla 37. Parámetros de humedad óptimos.

Porcentaje de humedad	Problema	Soluciones
<45%	Humedad insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos. Se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua.
45% - 60% Rango ideal		
>60%	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis. Volteo de la mezcla y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono.

Fuente: FAO, (2013)

La temperatura es otro aspecto fundamental a tener en cuenta, tiene un amplio rango de variación en función de la fase del proceso.

Tabla 38. Parámetros de temperatura óptimos.

Temperatura (°C)	Causas asociadas	Soluciones
Bajas temperaturas (T° ambiente < 35°C)	Humedad insuficiente	Falta de humedad, por lo que los microorganismos disminuyen la actividad metabólica y por tanto, la temperatura disminuye. Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad.
	Material insuficiente	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada. Añadir más material a la pila de compostaje.
	Déficit de nitrógeno o baja C:N	El material tiene una alta relación C:N y por lo tanto, los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas y disminuyen su actividad. Añadir material con alto contenido de nitrógeno como estiércol.
Altas temperaturas (T° ambiente > 70 °C)	Ventilación y humedad insuficiente	La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos mesofílicos y facilitar la terminación del proceso. Volteo y verificación de la humedad. Adición de material con alto contenido en carbono de lenta degradación para que ralentice el proceso.

Fuente: FAO, (2013)

Otros parámetros a tener en cuenta son el pH, y la relación Carbono – Nitrógeno (C: N).

Tabla 39. Parámetros de pH óptimos.

pH	Causas asociadas		Soluciones
<4.5	Exceso de ácidos orgánicos	Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir adecuada relación C:N.
4.5 - 8.5 Rango ideal			
>8.5	Exceso de nitrógeno	Se produce amoniaco, alcalinizando el medio.	Volteo de la mezcla y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono.

Fuente: FAO, (2013)

Tabla 40. Parámetros de la relación Carbono / Nitrógeno.

C:N	Causas asociadas		Soluciones
> 35:1	Exceso de carbono.	El proceso tiende a enfriarse y a ralentizarse.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir adecuada relación C:N.
15:1 – 35:1 Rango ideal			
< 15:1	Exceso de nitrógeno.	El proceso tiende a calentarse en exceso y se generan malos olores por el amoniaco.	Adición de material con mayor contenido en carbono.

Fuente: FAO, (2013)

Por tanto, se consideraran los parámetros anteriormente mencionados para el proceso de compostaje, dicho compostaje se realizará en campos de cultivo aledaños d a la planta piloto, beneficiando principalmente a las personas que se dedican a la agricultura.

Tabla 41. Parámetros de compostaje.

Parámetro	Rango ideal al inicio (2- 5días)	Rango ideal en fase termofílica II (2 -5 semanas)	Rango ideal de compost maduro(3 - 6 meses)
C:N	25:1 – 35:1	15/20	10:1 -15:1
Humedad	50% - 60%	45% - 55%	30% - 40%
Concentración de oxígeno	~10%	~10%	~10%
Tamaño de partícula	< 25 cm	~15 cm	< 1.6 cm
pH	6.5 - 8.0	6.0 – 8.5	6.5 – 8.5
Temperatura	45 – 60 °C	45 °C – T° ambiente	T° ambiente
Densidad	250 – 400 kg/m ³	< 700 kg/m ³	< 700 kg/m ³
Materia orgánica (base seca)	50% - 70%	> 20%	> 20%
Nitrógeno total (base seca)	2.5 – 3 %	1 – 2 %	~1 %

Fuente: FAO, (2013)

Para el proceso de compostaje de los residuos orgánicos compostables generados en la planta piloto agroindustrial de aceite esencial de eucalipto, se pretende seguir el siguiente diagrama de flujo:

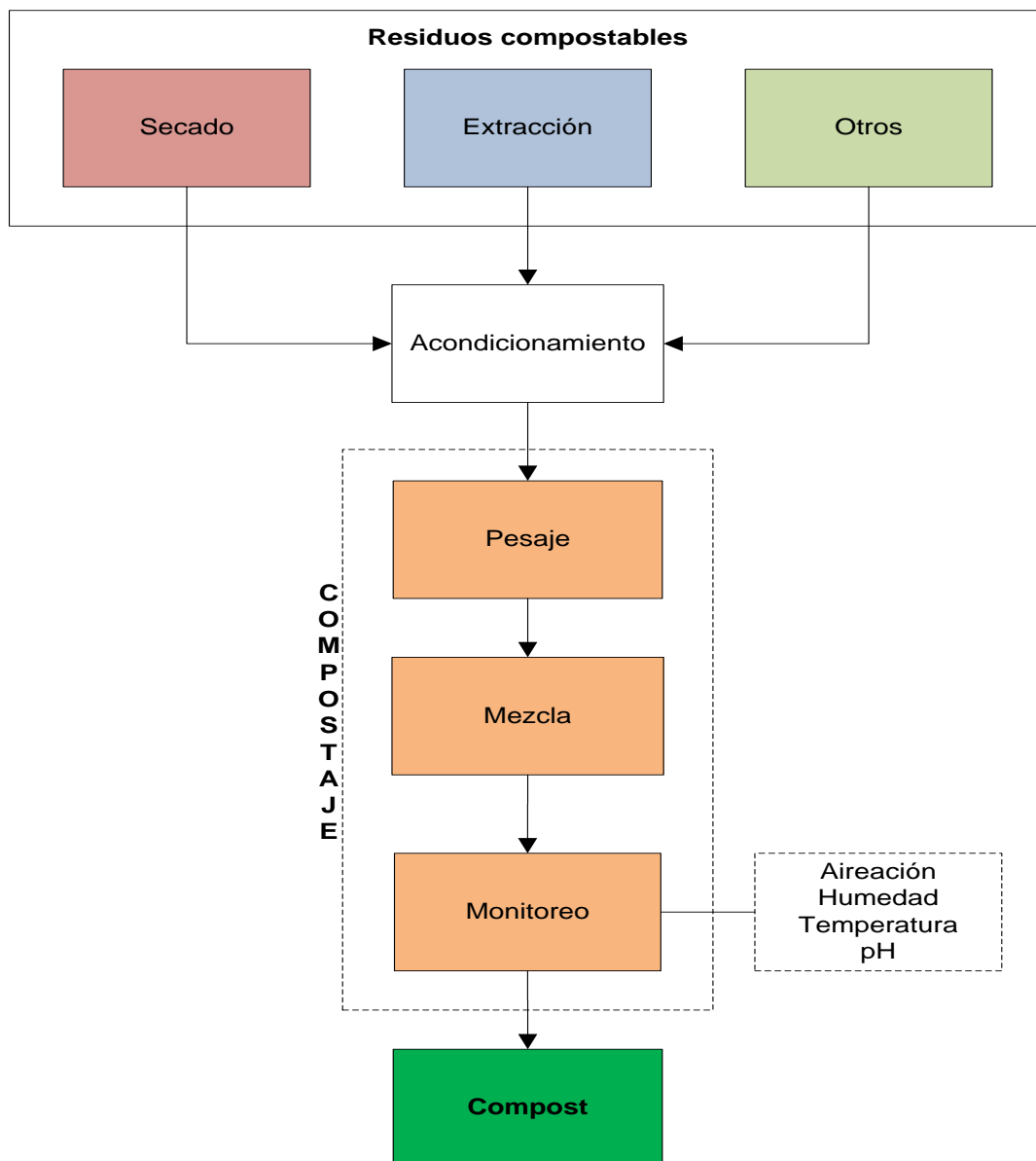


Figura 55. Diagrama del compostaje en la planta piloto de aceite esencial de eucalipto.

Fuente: Elaborado por el autor.

5.3.3.3. Segregación de residuos: vidrio, plástico, papel y cartón.

Según el MINAM (2018), en el Perú sólo se recicla el 19% del total de residuos sólidos reaprovechables. Por ello, en la planta piloto agroindustrial de aceite esencial de eucalipto,

que se expone en el presente trabajo, se realizará la segregación de residuos que sean producidos dentro de su dominio, clasificándolos en vidrio, plástico, papel y cartón.

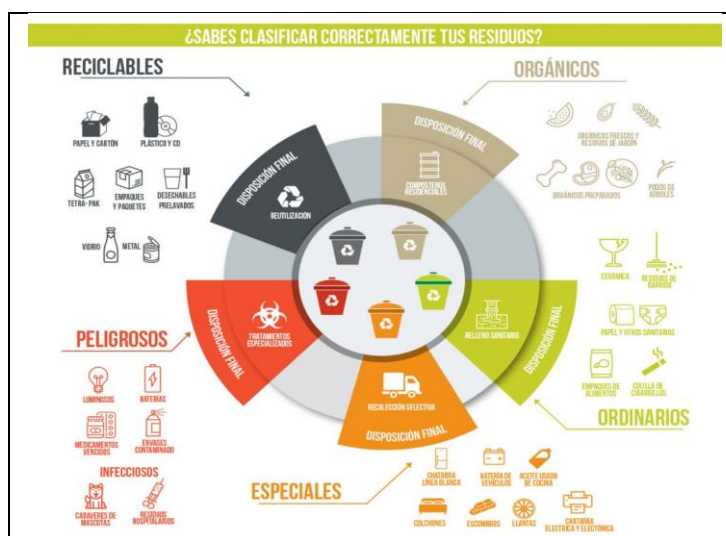


Figura 56. Cómo clasificar tus residuos.

Fuente: <http://ciclototal.co/nuestros-materiales/>

El vidrio es un producto 100% reciclable, dado que, está hecho sólo con materias primas naturales como son la arena rica en sílice, carbonato de calcio y carbonato de sodio principalmente. El reciclar vidrio significa ahorrar agua, ahorrar energía (30%) y contaminar menos (20%).

Se clasificarán los residuos de tipo vidrio, teniendo en cuenta su color: verde, ambar e incoloro, teniendo en cuenta a los Pyrex o borosilicatados como otro tipo.



Figura 57. Reciclado integral del vidrio.

Fuente: <http://www.anfevi.com/el-envase-de-vidrio/reciclado/>

En cuanto a los plásticos, se realizará la segregación, tomando en cuenta el código de identificación de resinas de plásticos, los cuales están numerados del 1 al 7 ubicado en el interior del signo de reciclado.



Figura 58. Códigos de identificación de resinas de plásticos.

Fuente: <http://www.plasticsindustry.org>

El porcentaje mínimo de material reciclado en papeles será de, 100% para todos los tipos de papeles de embalaje y similares, 90% para todos los tipos de papeles absorbentes y 80% para todos los tipos de papel de escritura e impresión incluido el papel bond de diferentes pesos. Asimismo, para todo tipo de cartones será el 100% de material reciclado (R.M. N° 021 – 2011 – MINAM).

El reciclar papel y cartón significa no necesitar talar árboles nuevo, ahorrar agua (86%), ahorrar energía (62.5%) y contaminar menos (4 Kg por tonelada).

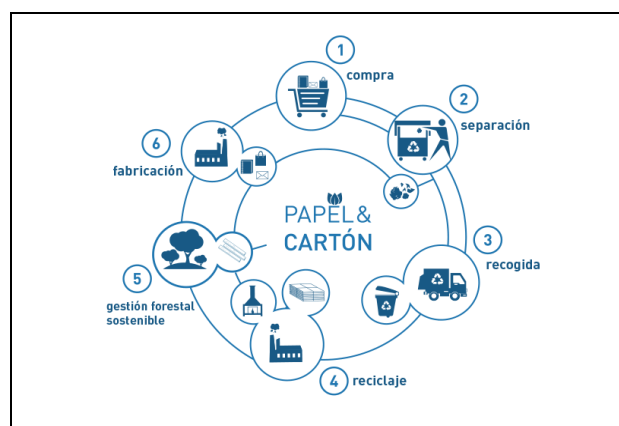


Figura 59. Gestión del residuo papel y cartón

Fuente: http://www.ma.lipasam.es/info_ambiental.php

Para el proceso de segregación de los residuos: vidrio, plástico, papel y cartón en la planta piloto agroindustrial de aceite esencial de eucalipto, se pretende seguir el siguiente diagrama de flujo:

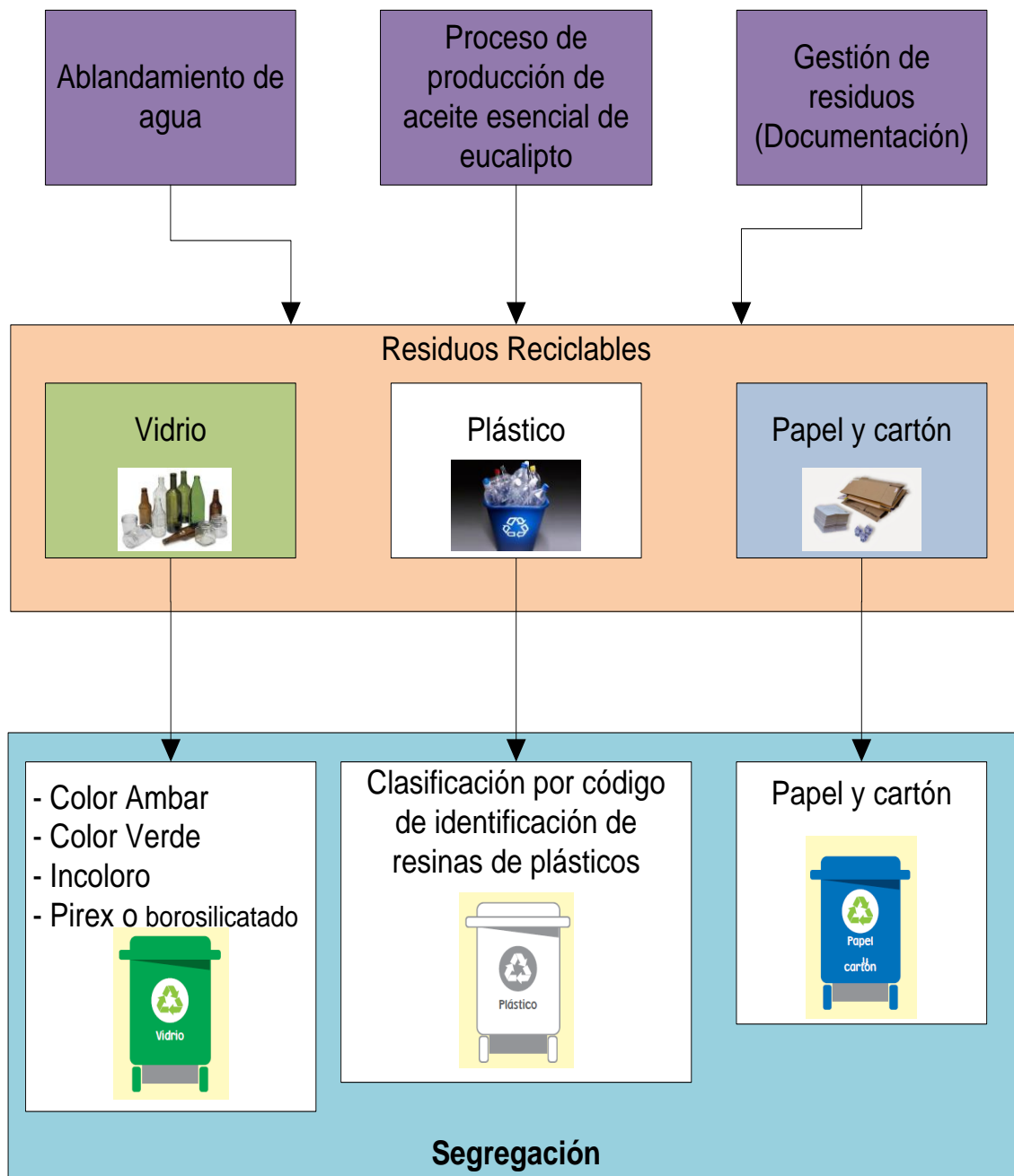


Figura 60. Proceso de segregación de residuos sólidos en la planta piloto.

Fuente: Elaborado por el Autor.

5.3.4. Registro de gestión de residuos

La Ley General de Residuos Sólidos expresa que la entidad privada, en nuestro caso la planta piloto, es responsable del registro sobre la generación y manejo de residuos sólidos en instalaciones dentro de su dominio.

REGISTRO DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS								
Formato N° 01								
Fecha	Etapa del proceso	Tipo de residuo	Método de comprobación	Resultado*		Incidencia	Medida correctiva	Responsable
				C	I			
/ /								
/ /								
/ /								
/ /								
/ /								
/ /								
/ /								
/ /								
/ /								
/ /								
/ /								
/ /								
/ /								
/ /								
/ /								

C: correcto
I: incorrecto
(*) En caso de incidencia, anotar la incidencia y las medidas correctoras.

Revisado por: _____
Fecha: / /

Figura 61. Registro de manejo de residuos sólidos.

Fuente: Elaborado por el Autor.

5.4. ELECCIÓN DE OPERACIONES UNITARIAS PARA EL PROCESO

Bajo el criterio de REPENSAR o REDISEÑAR, se realiza la elección de operaciones unitarias que intervienen en el proceso de producción de aceite esencial de eucalipto, tales como la extracción y el secado, siendo evaluados desde una perspectiva medioambiental.

5.4.1. Método de extracción de aceite esencial de eucalipto

Tabla 42. Comparación de métodos para la extracción de aceite esencial de eucalipto.

Método Soxhlet	Método por arrastre de vapor	Método por fluidos supercrítico
<ul style="list-style-type: none"> • Utiliza solvente (comúnmente etanol). • Posterior a la extracción se procede a evaporar el solvente. • El disolvente y la materia prima están en contacto íntimo y repetido. • Proceso lento y requiere buena cantidad de solvente. • Puede extraer compuestos de alto peso molecular junto al aceite esencial deseado, lo cual hace necesario su posterior purificación. • Proceso costoso a nivel industrial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliza vapor de agua. • Proceso de extracción rápido en comparación al método Soxhlet. • No utiliza insumos químicos que dañen el medio ambiente. • Al trabajar con un vapor a presión de 10 bar, se reduce el tiempo de extracción. • Proceso menos costoso respecto al método soxhlet y por fluidos supercríticos, dado que como insumo principal usa agua blanda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliza fluido supercrítico (comúnmente CO₂). • Proceso más rápido con respecto al método soxhlet. • Ceras cuticulares y compuestos de alto peso molecular son extraídos junto con el aceite esencial. • La necesidad de trabajar con fluido supercrítico, hace que el proceso sea más costoso con respecto al método por arrastre de vapor.

Fuente: Elaborado por el autor.

Se selecciona el método de extracción por arrastre de vapor, decisión basada en los siguientes criterios:

- Amigable con el medio ambiente, no necesita de sustancias químicas como solventes o fluidos supercríticos. Utiliza como insumo principal el agua, por ello, el costo de producción es menor en contraste a los dos otros mencionados.
- Se trabajará el método de forma no convencional, a presiones alrededor de 10 bar, con la finalidad de reducir el tiempo de extracción, esto basado en los resultados obtenidos en la parte experimental del presente trabajo de tesis, evitando la pérdida de los componentes más volátiles.
- Posterior al proceso de extracción, no se tiene solventes ni componentes que recuperar, pero se tiene residuos orgánicos compostables, que pueden ser fácilmente tratados.

5.4.2. Secado de la matriz vegetal

Tabla 43. Comparación entre secado natural y forzado, para hojas de eucalipto.

Secado Natural	Secado Forzado (Estufa)
✓ Al medio ambiente, en el primer día expuesto, y luego en forma indirecta.	✓ Es necesario el uso de energía eléctrica.
✓ No es necesario el uso de energía eléctrica.	✓ No depende de los elementos climáticos.
✓ No se puede controlar la temperatura ni la velocidad del aire.	✓ Se puede controlar la temperatura.
✓ Dependencia de elementos climáticos.	✓ Secado rápido.
✓ Secado lento.	
✓ Peligro ataque de hongos.	

Fuente: Elaborado por el autor.

Se decide secar la materia prima (hojas y/o ramas de *Eucalyptus globulus*) por convección natural, dado que, representa menor consumo de energía eléctrica, disminuye los costos de producción, siendo también una operación propia de la naturaleza. Para prevenir el ataque de hongos, se necesita monitorear la etapa de secado, y tener en cuenta el tiempo promedio de secado, que se expone en el capítulo de aspectos del trabajo experimental de la presente tesis.

5.5. CONSIDERACIONES EN EL ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO

5.5.1. Envase

Se pretende utilizar envases de vidrio color ambar, para almacenar el producto principal (aceite esencial de eucalipto) y para el producto secundario (hidrolato). Los envases serán adquiridos de una empresa que utiliza vidrio reciclado como materia prima.



Figura 62. Envases y etiqueta para los productos.

Fuente: elaborado por el autor, posible diseño de etiqueta.

5.5.2. Etiqueta

Las etiquetas que estarán adheridas al envase, serán de celulosa (papel), dado que puede ser reciclado y tiene un tiempo corto de degradación.

5.6. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

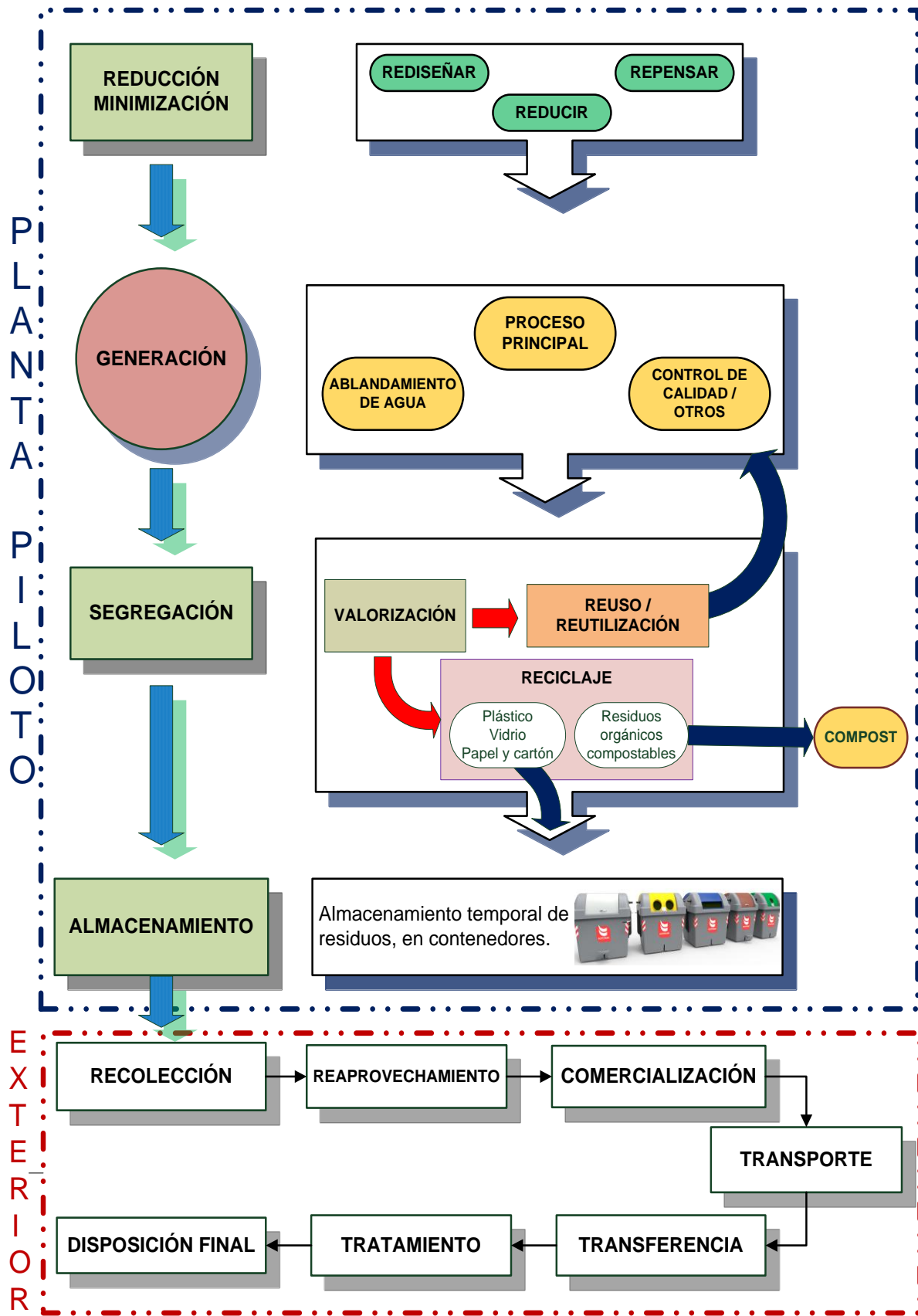


Figura 63. Plan de manejo de residuos en la planta piloto.

Fuente: Elaborado por el autor, considerando fundamentos expuestos en el capítulo filosofía del proyecto.

Capítulo VI. **INGENIERÍA DEL PROYECTO**

6.1. INGENIERÍA DEL PROCESO

6.1.1. Fundamentos teóricos: Método de Extracción

6.1.1.1. Método de extracción por arrastre de vapor

Günther (1948), citado en Cerpa (2007), expresa que la destilación por arrastre de vapor es el método que usa vapor saturado o sobrecalentado, fuera del equipo principal.

En esta situación el generador de vapor no forma parte del recipiente que contiene a la materia prima, es externo y suministra un flujo constante de vapor.

Günther (1948), Al Di Cara (1983), Parry (1921), Essential Oils (1993) y Heath and Reineccius (1986) citados en Cerpa (2007), nos describen el proceso, expresando que consiste en cargar la materia prima vegetal en una columna de tal manera que forme un lecho fijo compacto. Ésta materia prima, puede estar molida, cortada o entera. El vapor de agua es inyectado mediante un distribuidor interno, cerca a la base y con suficiente presión para vencer la resistencia hidráulica del lecho. El vapor puede ser generado de forma local (generador de vapor, hervidor), remota (caldera) o interna (base del recipiente). El vapor entra en contacto con el lecho, la materia prima vegetal se calienta y libera su aceite esencial que a su vez se va evaporando debido a su volatilidad. El aceite esencial es arrastrado por el vapor circundante, corriente arriba, hacia el tope del equipo. La corriente de vapor saturado y aceite esencial, fluye hacia un condensador, donde es condensado y enfriada. La mezcla es separada en un decantador dinámico llamado florentino. Junto al aceite esencial se puede obtener “agua floral” como subproducto, el cual posee una pequeña concentración de los compuestos químicos del aceite esencial, lo cual le da un ligero aroma y propiedades importantes. El proceso finaliza, cuando el volumen de producto aceite esencial que se acumula en el decantador dinámico, no varía en el tiempo.

6.1.2. Análisis técnico y diagramas del proceso

6.1.2.1. Diagrama de flujo de bloques (DFB)

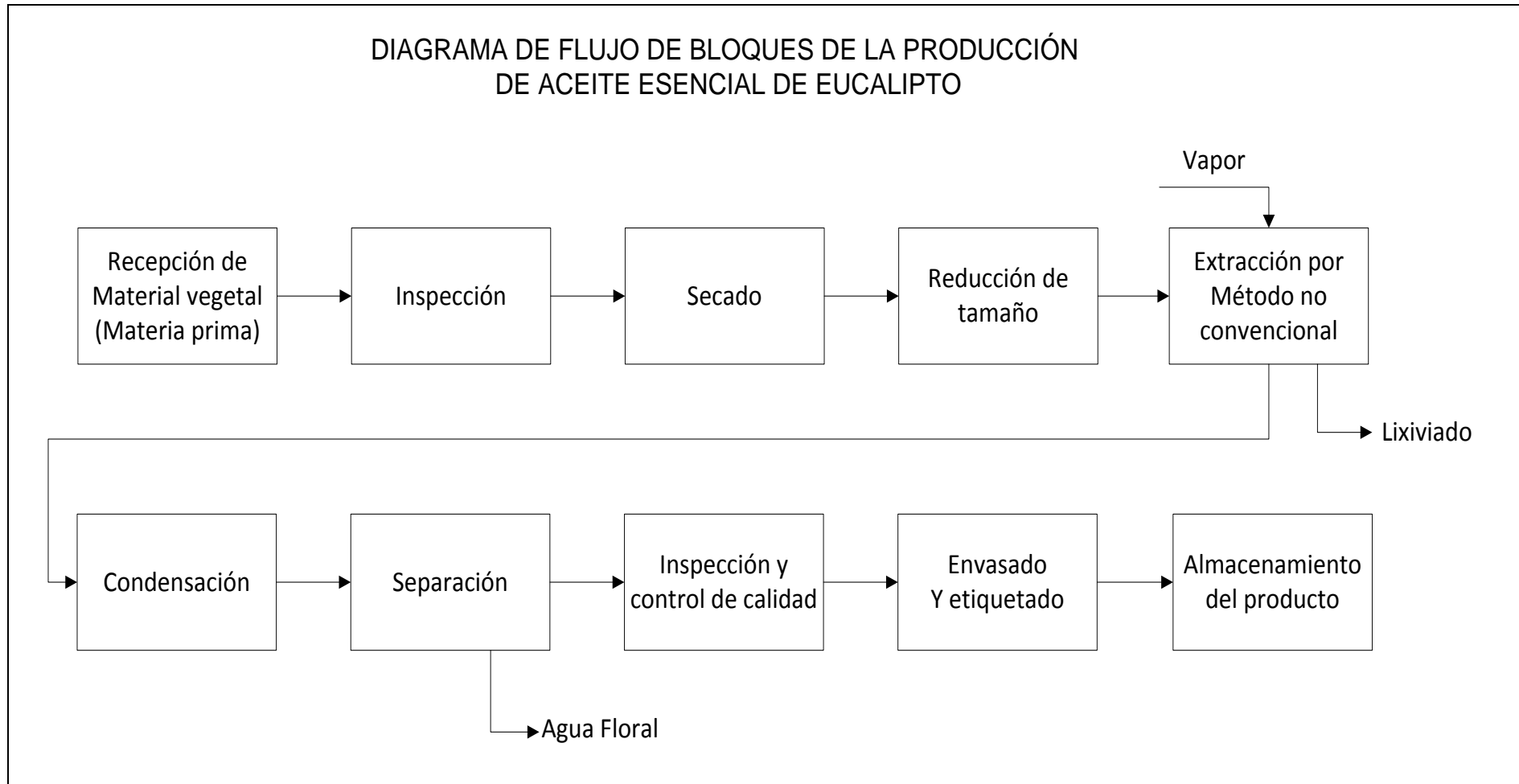


Figura 64. Diagrama de flujo de bloques para la producción de aceite esencial de eucalipto.

Fuente: Elaborado por el autor

6.1.2.2. Diagrama de flujo de proceso (DFP)

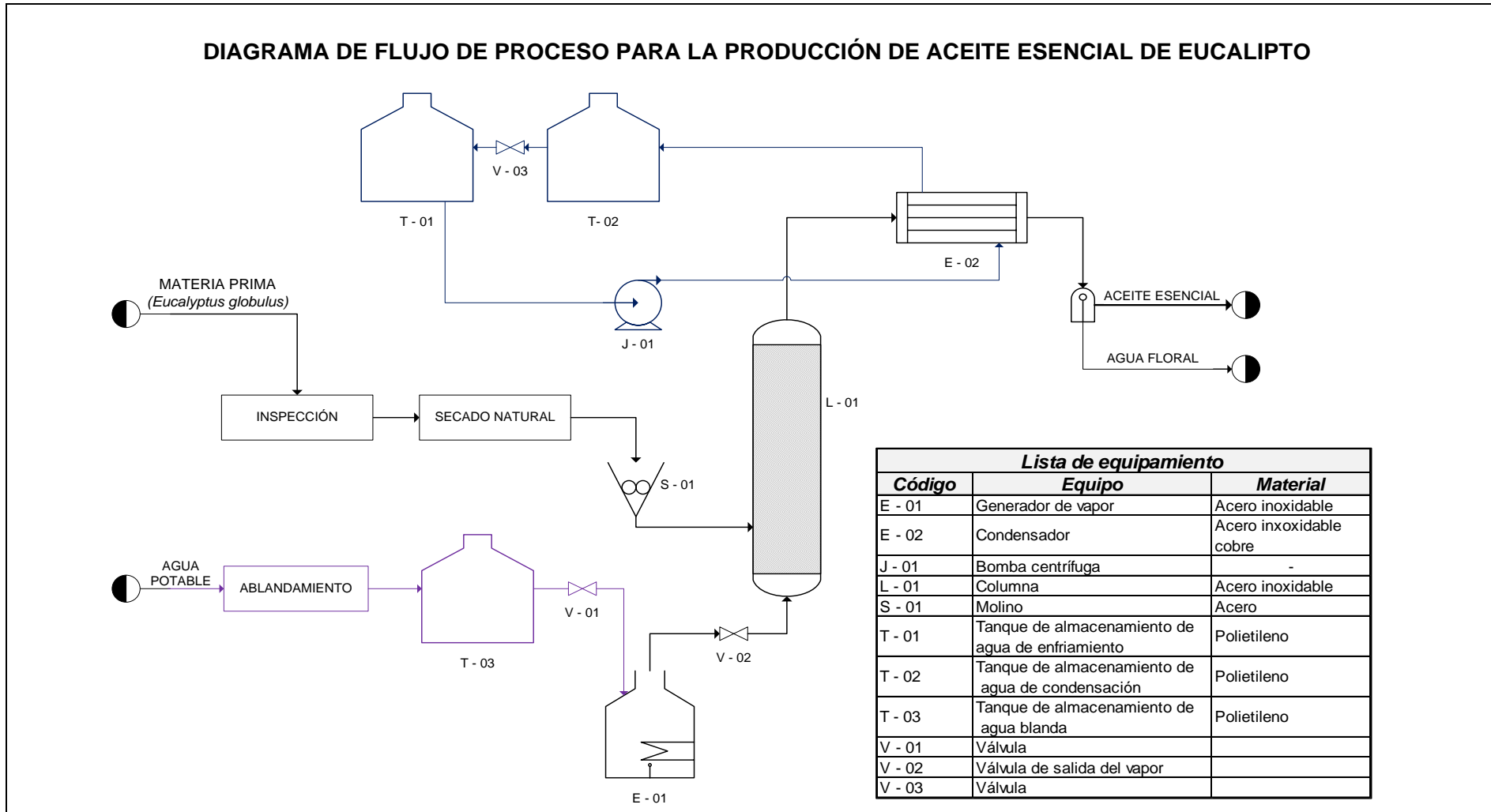


Figura 65. Diagrama de flujo de proceso para la producción de aceite esencial de eucalipto.

Fuente: Elaborado por el autor

6.1.2.3. Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP)

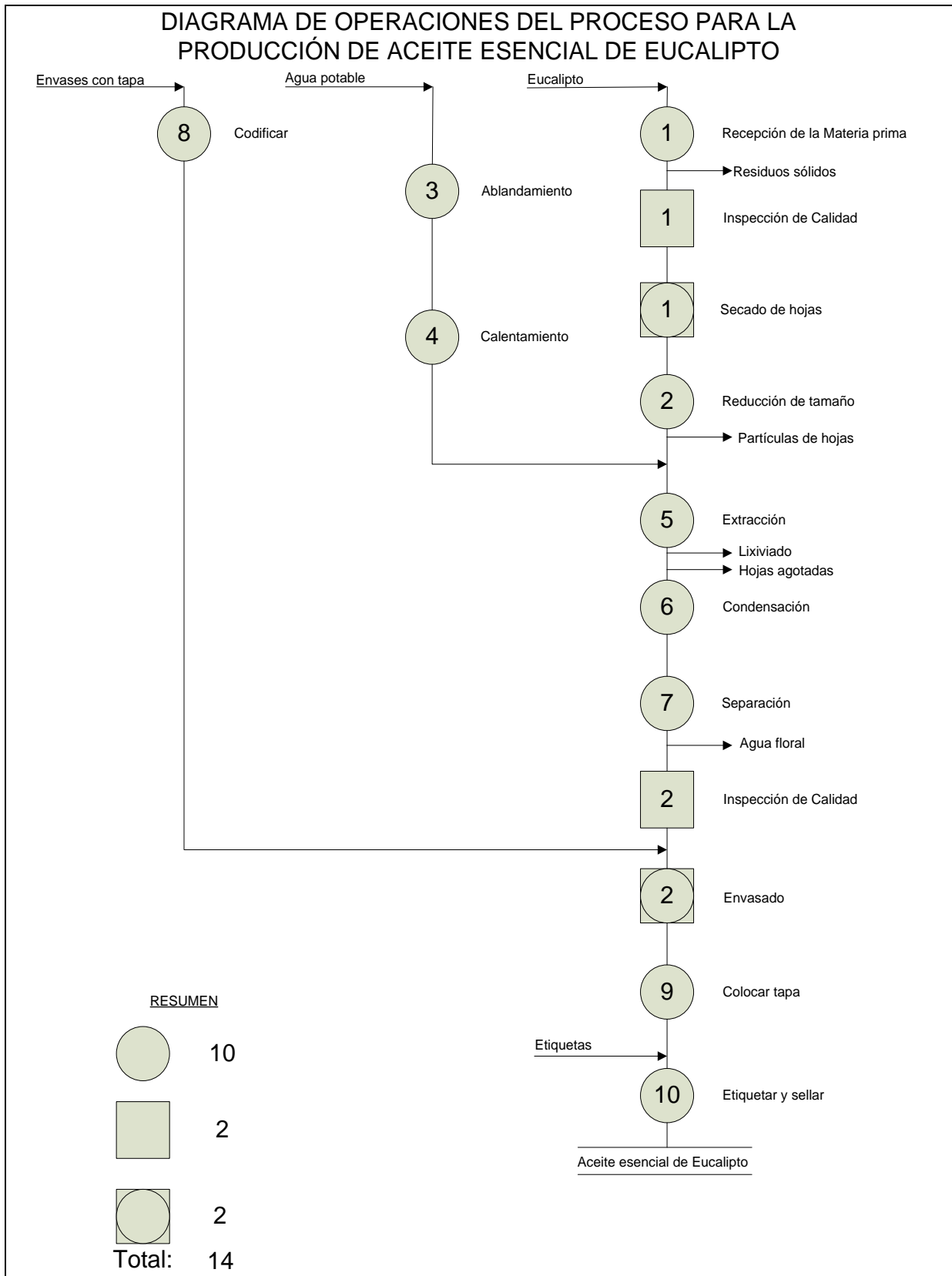


Figura 66. Diagrama de operaciones para la producción de aceite esencial de eucalipto. Fuente: Elaborado por el autor.

6.1.3. Balance de Materia

Se realiza el balance de materia del proceso productivo para obtener aceite esencial de *Eucalyptus globulus*. Se considera una masa de 2Kg de materia prima seca y partida, que es sometida a extracción, esto con la finalidad de calcular la cantidad de producto a obtener en cada extracción a realizar en la planta piloto.

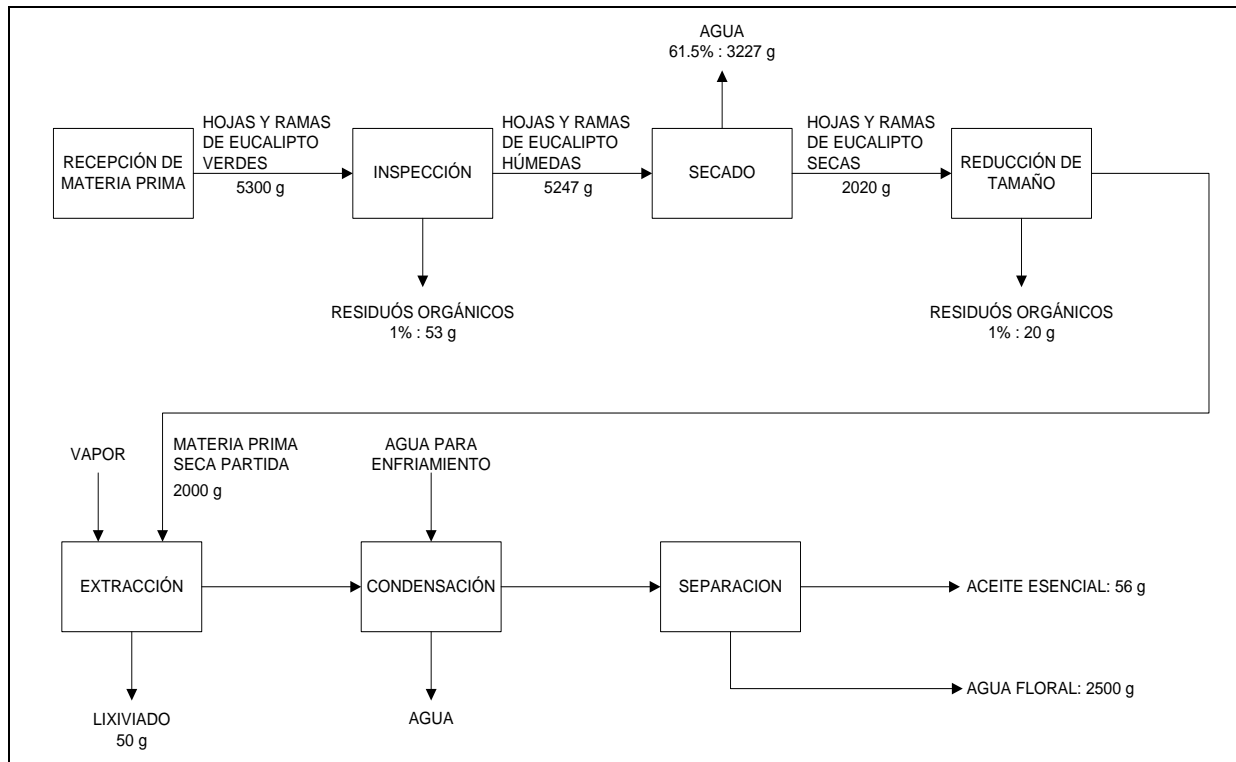


Figura 67. Balance de materia para el proceso de producción de aceite esencial de eucalipto
Fuente: Elaborado por el autor

6.1.4. Balance de Energía

Se realiza un balance de energía en el proceso de extracción.



$$Q_{IN} = Q_{OUT}$$

$$Q_{IN} = Q_{recuperado} + Q_{producto} + Q_{perdido}$$

condensador
extracción
perdido

Para los cálculos en la presente sección se tiene en cuenta las siguientes abreviaturas:

Q_{IN} : calor que ingresa al sistema, J

Q_{RC} : calor recuperado en el condensador, J

Q_{EO} : calor en el producto (aceite esencial + hidrolato), J

m_i : masa de fluido "i", g

Cp_i : capacidad calorífica del fluido "i", $\frac{J}{g \text{ } ^\circ\text{C}}$

λ_{ij} : calor latente del fluido "i" a presión "j"

T_c : temperatura del fluido "i"

Cálculo del calor que ingresa al sistema:

Se calcula el calor necesario para generar vapor de agua:

$$Q_{IN} = mCp\Delta T + m\lambda$$

Se tiene 8 Lt de agua a 23 °C, que se requiere calentar hasta 100 °C y parte de esta se necesita convertir en vapor, para ello consideramos un volumen de 3Lt; Por tanto, necesitamos los siguientes datos:

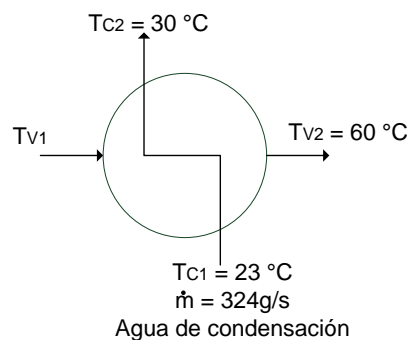
$$Cp_{H_2O} = 4.18 \frac{J}{g \text{ } ^\circ\text{C}} ; \lambda_{sat} = 2257.8 \frac{J}{g} ; \lambda_{P=10bar} = 2278.1 \frac{J}{g}$$

$$Q_{IN} = m_{H_2O} Cp_{H_2O} \Delta T + m_{H_2O-VA} \lambda_{H_2O,sat} + m_{H_2O-VA} \lambda_{H_2O,P=10bar}$$

$$Q_{IN} = 8000 * 4.18 * (100 - 23) + 3000g * 2257.8 + 3000 * 2278.1$$

$$Q_{IN} = 16182580 J = 16182.6KJ$$

Cálculo del calor recuperado en el condensador:



Determinamos el calor que se recupera mediante la corriente de agua de enfriamiento:

$$Q_{recuperado} = Q_{RC} = \dot{m}_{H_2O-cond} C_{p_{H_2O}} (T_{C2} - T_{C1})$$

condensador

$$Q_{RC} = 324 * 4.18 * (30 - 23) = 9480.2 \frac{J}{s}$$

Tiempo de extracción: 24 minutos = 1440 segundos

$$Q_{RC} = 9480.24 * 1440 = 13651545.6 J = 13651.5 KJ$$

Cálculo del calor en el producto de extracción:

$$Q_{producto} = Q_{EO} = \dot{m}_{pdto} C_{p_{pdto}} T_{pdto}$$

extracción

Aproximamos el Cp del producto al Cp del agua, dado que es el componente mayoritario en el producto.

$$Q_{EO} = 1.74 * 4.18 * 60 = 436.4 \frac{J}{s}$$

Tiempo de extracción: 24 minutos = 1440 segundos

$$Q_{EO} = 628416 J = 628.4 KJ$$

Cálculo del calor perdido:

$$Q_{perdido} = Q_{PER} = Q_{IN} - Q_{RC} - Q_{EO}$$

$$Q_{perdido} = 16182580 - 13651545.6 - 628416 = 1902618.4 J$$

$$Q_{perdido} = 1321.3 \frac{J}{s}$$

Además:

$$Q_{PER} = Q_{PC} - Q_{PCOL} - Q_{PGV}$$

$$Q_{PER} \cong A_T h_{exp} (T_s - T_{00})$$

Donde:

Q_{PC} : calor perdido en el equipo de condensación, J

Q_{PCOL} : calor perdido en el equipo columna de extracción, J

Q_{PGV} : calor perdido en el generador de vapor, J

A_T : Área total de transferencia, m^2

h_{exp} : Coeficiente de transferencia de calor, $J/s.m^2.°C$, $W/m^2.K$

T_s : Temperatura de la superficie de transferencia, $°C$

T_{00} : Temperatura del entorno, $°C$

$$Q_{PER} \cong 0.9h_{exp}(43 - 24) = 1321.3 \frac{J}{s}$$

$$h_{exp} = \frac{1321.3}{17.1} = 77.3 \frac{W}{m^2.°C}$$

6.2. INGENIERÍA DE DETALLE

Para la elaboración del diseño de la planta piloto agroindustrial de aceite esencial, se tienen en cuenta los parámetros de proceso que presentan mejores resultados, como rendimiento, tiempo de extracción y tiempo de secado, expuestos en el capítulo correspondiente al diseño experimental.

6.2.1. Diseño de equipos principales del proceso

6.2.1.1. Columna para extracción

Teniendo en cuenta los cálculos de balance de materia, se pretende procesar por cada lote, 2 Kg de materia prima seca lista para extracción. Por tanto, la columna debe presentar un volumen adecuado. Las variables a considerar para el dimensionamiento de la columna son la altura y el diámetro interior.

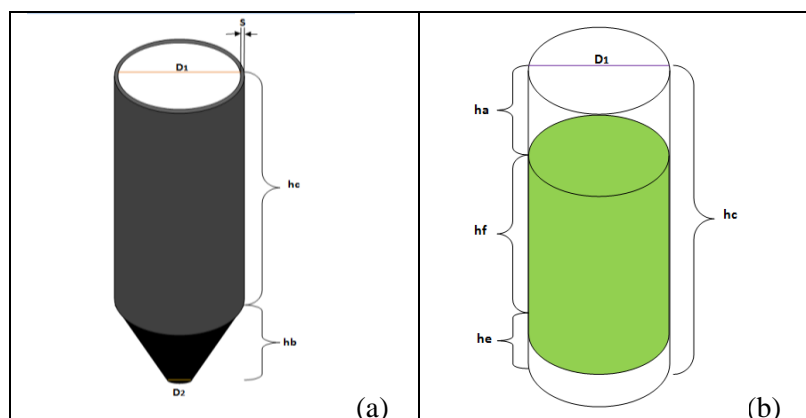


Figura 68. Dimensionamiento de columna de extracción.

Fuente: Elaborado por el autor.

Para la columna es necesario establecer el material de construcción y sus especificaciones:

Material: Acero inoxidable 304

Diámetro nominal: 8'' (aprox. 219.08 mm)

Espesor nominal: 2.77 mm

Largo estándar: 6 m

Se calcula el volumen necesario para 2kg de materia prima:

$$V_{cil} = \frac{\pi D_1^2 h_c}{4}$$

$$V_{ct} = \frac{\pi h_b^2}{3} \left(\frac{D_1^2 + D_2^2 + D_1 D_2}{4} \right)$$

Donde:

V_{cil} : volumen del cuerpo cilíndrico de la columna, cm^3

V_{ct} : volumen de la base cónica truncada de la columna, cm^3

D_1 y D_2 : diámetros internos, parte superior e inferior de la columna respectivamente, cm

h_c y h_b : altura de la parte cilíndrica y base cónica respectivamente, cm

Para un 1Kg de materia prima, es necesario un cuerpo cilíndrico con un volumen mayor a $9375.3cm^3$ (dato referencial a partir del procedimiento experimental previamente realizado).

Tenemos en cuenta que la materia se coloca dentro del cuerpo cilíndrico como un lecho fijo, como se puede observar en la siguiente figura 68(b).

Para ello, los valores asignados a h_a y h_e , son 10 y 3 cm respectivamente, que son espacios que se consideran para el diseño.

Se realiza el cálculo de h_f para un volumen (V_{lf}) de $18750.6 cm^3$, necesarios para colocar 2 kg de materia prima.

$$V_{lf} = \frac{\pi D_1^2 h_f}{4} \Rightarrow h_f = \frac{4V_{lf}}{\pi D_1^2}$$

$$h_f = \frac{4 * 18750.6cm^3}{\pi * (21.908cm - 2 * 0.277cm)^2}$$

$$h_f = 52.36 \text{ cm}$$

$$V_{cil} = \frac{\pi D_1^2 (h_f + h_a + h_e)}{4}$$

Por tanto, la altura de la parte cilíndrica de la columna será:

$$h_c = h_f + h_a + h_e = 65.36 \text{ cm}$$

$$V_{cil} = \frac{\pi * (21.91 \text{ cm} - 2 * 0.28 \text{ cm})^2 (52.36 \text{ cm} + 10 \text{ cm} + 3 \text{ cm})}{4}$$

$$V_{cil} = 23407.79 \text{ cm}^3$$

$$V_{ct} = \frac{\pi h_b}{3} \left(\frac{D_1^2 + D_2^2 + D_1 D_2}{4} \right)$$

Considerando la altura de la base (h_b), y el diámetro de entrada por la parte inferior (D_2) que irá acoplada a una tubería de 1 1/2":

$$h_b = 9 \text{ cm}; D_2 = 1 \frac{1}{2}'' = 3.81 \text{ cm}$$

$$V_{ct} = \frac{\pi * 9 \text{ cm}}{3} \left(\frac{(21.35 \text{ cm})^2 + (3.81 \text{ cm})^2 + (21.35 \text{ cm} * 3.81 \text{ cm})}{4} \right)$$

$$V_{ct} = 1300.31 \text{ cm}^3$$

$$V_{total} = 23407.79 \text{ cm}^3 + 1300.31 \text{ cm}^3 = 24708.1 \text{ cm}^3$$

6.2.1.2. Generador de vapor

Se inicia con la designación de la presión de diseño, a partir de la presión de operación, basado en las sugerencias del código ASME sección VII.

Presión de diseño

$$P_o > 300 \text{ Psi}; P = 1.1 P_o$$

$$P_o < 300 \text{ Psi}; P = P_o + 30 \text{ psi}$$

Donde:

P_o : Presión de operación, psi

P : Presión de diseño, psi

Se trabajará con una presión de operación de 10 bar (145.5 psi), y se calcula la presión de diseño:

$$P = 145.5 + 30 = 175.5 \text{ psi} = 12.06 \text{ bar}$$

Se considera trabajar con una presión de diseño de 12.06 bar.

Para los cálculos posteriores de esta sección se considera trabajar con tubería de acero inoxidable de 10'' de diámetro nominal.

Cálculo de espesor de cuerpo cilíndrico

Según Megyesy (1992), la fórmula para el cálculo del espesor (t) es:

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P} + C.A.$$

Donde:

P : presión de diseño o presión máxima de trabajo permitida, psi, lb/pulg²

R : radio interior, pulg

S : valor del esfuerzo del material, psi, lb/pulg²

E : eficiencia de la junta, adimensional

C.A. : margen por corrosión, 0.125 pulg

$$t = \frac{175.5 * \left(\frac{10}{2}\right)}{18750 * 0.85 - 0.6 * 175.5} + C.A. = 0.055 + C.A.$$

$$t = 0.055 + 0.125 = 0.180 \text{ pulg}$$

$$\text{Espesor nominal} = \frac{3}{16}$$

Cálculo de espesor de cabeza semiesférica

Según Megyesy (1992), la fórmula para el cálculo del espesor (t) para cabeza semiesférica es:

$$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P} + C$$

Considerando un R: 5 pulg:

$$t = \frac{175.5 * \left(\frac{10}{2}\right)}{2 * 18750 * 0.85 - 0.2 * 175.5} + C.A. = 0.027 + C.A.$$

$$t = 0.027 + 0.125 = 0.152 \text{ pulg} \cong t \text{ nominal} = \frac{3}{16}$$

Cálculo de longitud del tanque

$$V_{\text{tanque}} = V_{\text{tapa}} + V_{\text{base}} + V_{\text{cilindro}}$$

$$V_{\text{cilindro}} = \pi r^2 h_{\text{cilindro}} \quad ; \quad V_{\text{esfera}} = V_{\text{base}} + V_{\text{tapa}} = \frac{4}{3} \pi r^3$$

Donde:

Vi : volumen del cuerpo “i”, cm³

r : radio, 5pulg - 0.1875pulg = 4.81pulg = 12.22 cm

h_{cilindro} : altura o longitud, cm

$$V_{\text{tanque}} = 20000 \text{ cm}^3$$

Por tanto:

$$\frac{V_{\text{tanque}} - V_{\text{esfera}}}{\pi r^2} = h_{\text{cilindro}} = \text{longitud del tanque}$$

$$h_{\text{cilindro}} = \frac{20000 - 7643.7}{\pi r^2}$$

$$\text{Longitud del tanque} = 26.34 \text{ cm}$$

6.2.1.3. Decantador florentino

Se pretende producir 180 mL de producto aceite esencial diario, siendo 60mL por cada extracción. Por tanto, se diseña el separador de aceite esencial considerando, un volumen de 60cm³ en la parte superior para el producto.

$$V_{\text{Florentino}} = V_{\text{cuerpo cilíndrico}} + V_{\text{cuerpo cónico}} + V_{\text{superior para producto}}$$

En la parte superior del equipo, tenemos:

Tubo de vidrio: 1 ½’’ = 3.81cm; diámetro interno = 0.1050cm

$$V_{\text{Superior para producto}} = V_{\text{PAE}} = \pi * r_{\text{superior}}^2 * h_{\text{superior}}$$

Donde:

$r_{superior}$: radio de la base, cm

$h_{superior}$: altura inferior, cm

$$h_{superior} = \frac{60}{\pi * 1.8^2} 5.9cm$$

Para el cuerpo del separador, se considera una altura de 30 cm (parte cilíndrica y cónica), teniendo tubo de acero inoxidable de 8'', espesor nominal sch 40S de 8.18 mm, aproximadamente 20cm de diámetro exterior para los cálculos pertinentes.

$$V_{cuerpo\ cilíndrico} = V_{CC} = \pi * r_{inferior}^2 * h_{inferior}$$

$$V_{CC} = \pi * (10 - 0.818)^2 * 15cm = 3973cm^3 \cong 4L$$

Para el cuerpo cónico truncado, la salida inferior es de un tubo acero inoxidable de diámetro nominal de 3/4'', espesor nominal sch 40S de 2.87 mm, aproximadamente 25 cm de diámetro exterior para los cálculos pertinentes.

$$V_{cuerpo\ cónico} = V_{CCo} = \frac{1}{3}\pi * (R_{bm}^2 + r_b^2 + (R_{bm} * r_b)) * h_{cono}$$

Donde:

R_{bm} : radio de la base mayor, cm

r_b : radio de la base menor, cm

h_{cono} : altura de la parte cónica, cm

$$V_{CCo} = \frac{1}{3}\pi * (9.182^2 + 0.963^2 + (9.182 * 0.963)) * 15$$

$$V_{CCo} = 1478 cm^3 \cong 1.5 L$$

Por tanto:

$$V_{Florentino} = 60cm^3 + 1478cm^3 + 3973cm^3 = 5511cm^3 \cong 5.5 L$$

6.2.1.4. Diagramas de los principales equipos

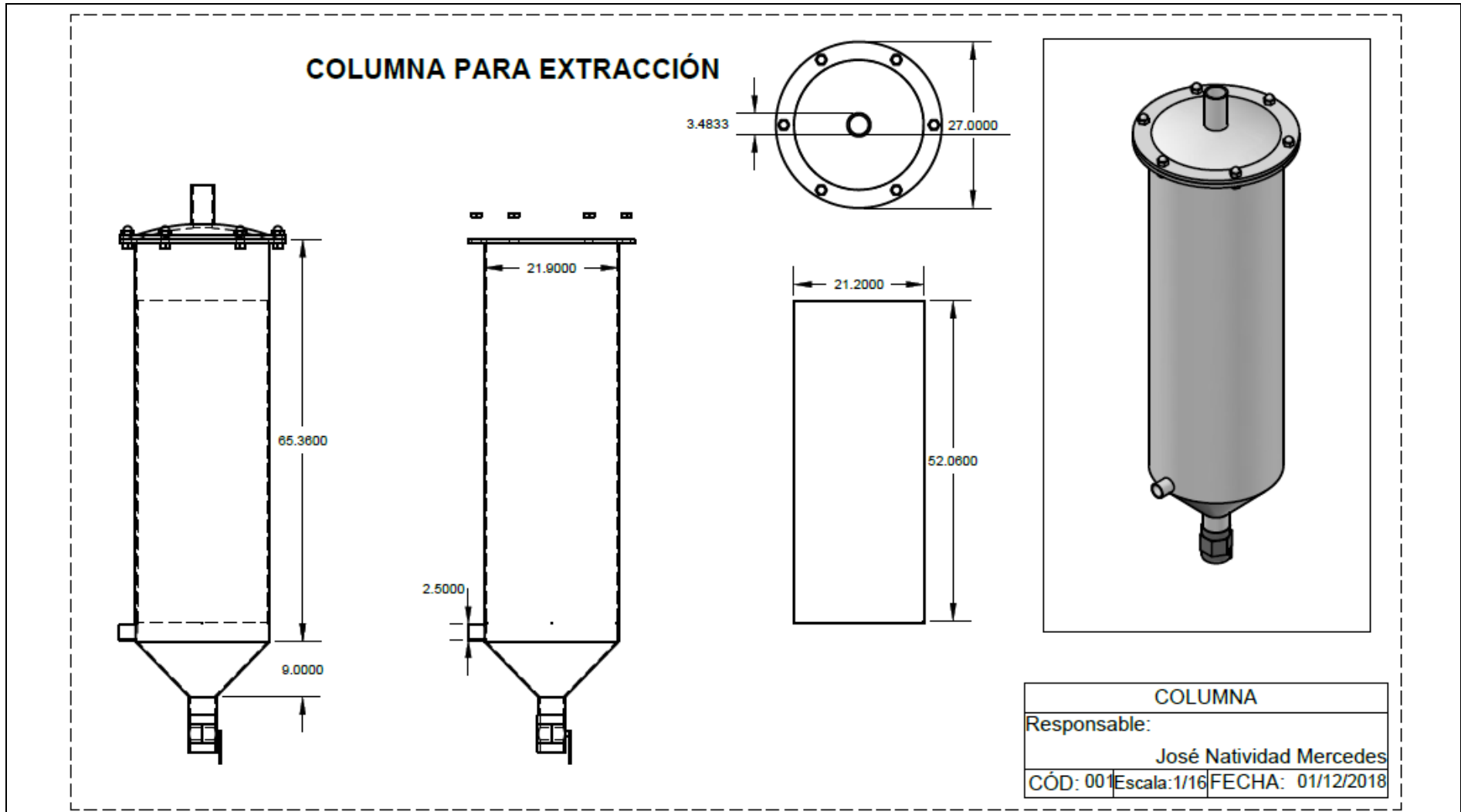


Figura 69. Diseño y dimensiones de la columna de extracción.

Fuente: Elaborado por el autor.

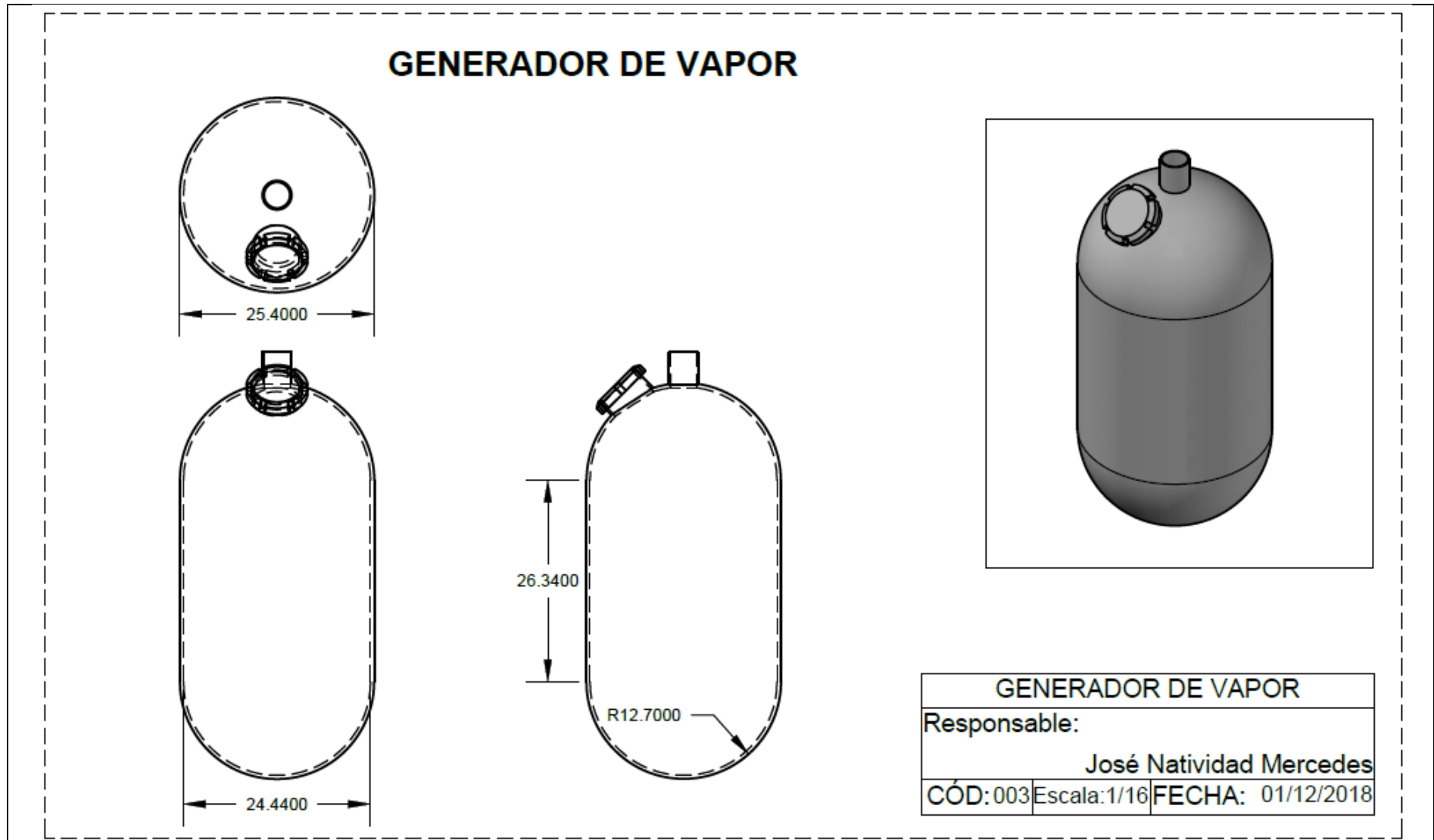


Figura 70. Diseño y dimensiones del generador de vapor.

Fuente: Elaborado por el autor.

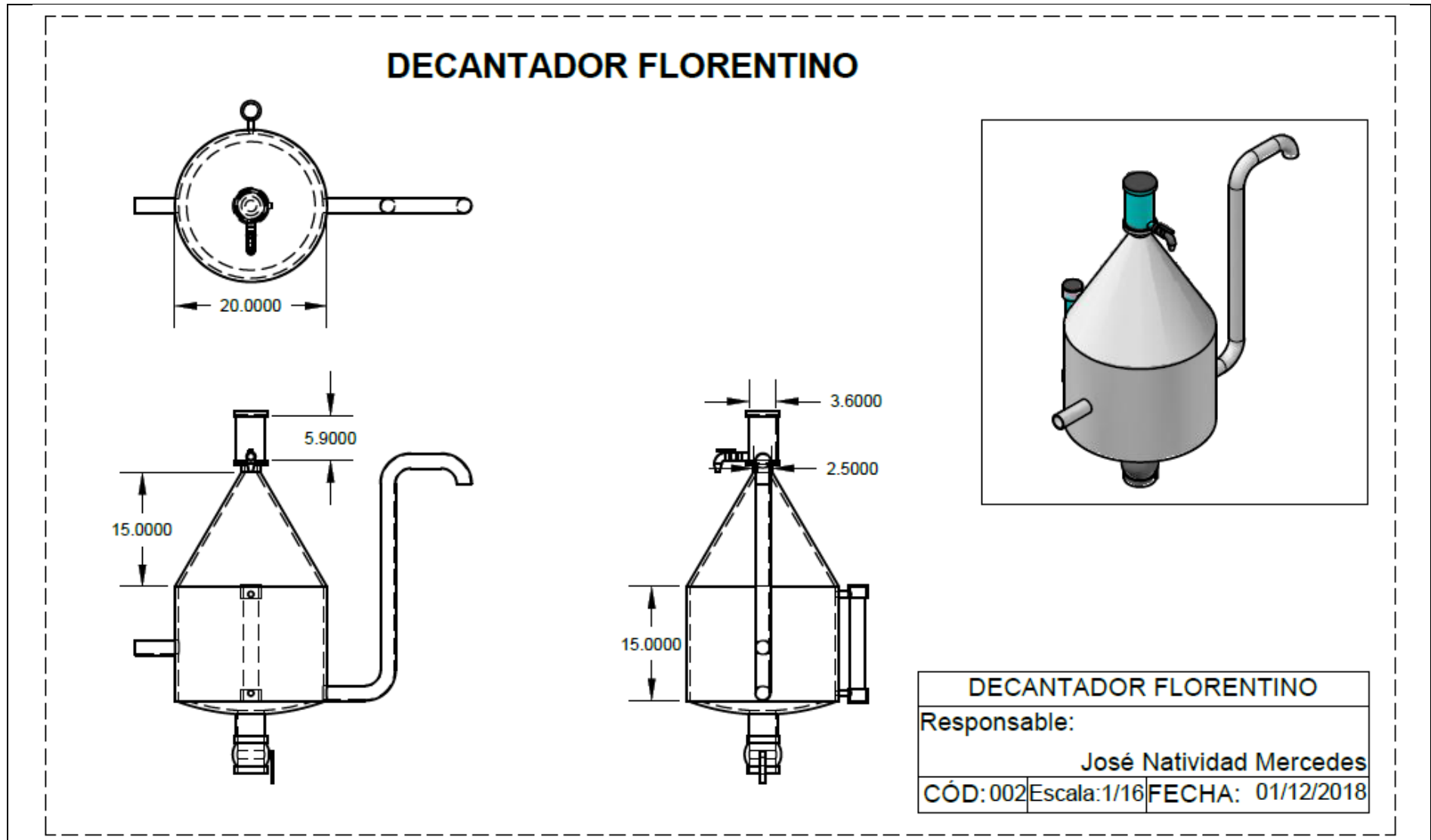


Figura 71. Diseño y dimensiones del decantador florentino.

Fuente: Elaborado por el autor.

6.2.2. Instalaciones básicas en la planta piloto

6.2.2.1. Energía Eléctrica

La energía eléctrica es un servicio necesario dentro de la planta piloto agroindustrial, el cual será suministrado por la empresa Adinelsa S.A.

El servicio tendrá característica de red doméstica monofásica, con una tensión de 220V; su uso es destinado para la operación de equipos de gestión administrativa, equipos de la planta piloto (balanza analítica y refractómetro) y alumbrado de planta.

6.2.2.2. Suministro de agua potable y alcantarillado

La planta piloto agroindustrial contará con el servicio de agua y alcantarillado, que es gestionado y suministrado por la Municipalidad distrital de Ambar. El servicio de agua es de prioridad, dado que, a partir de ésta, sometida a proceso de ablandamiento, obtenemos el insumo principal para el proceso productivo de obtención de aceite esencial.

6.2.3. Materia Prima e Insumos

6.2.3.1. Materia Prima

Las ramas delgadas y hojas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) son la materia prima requerida para la obtención de aceite esencial de eucalipto, las mismas que serán de procedencia local y de zonas aledañas a la planta piloto agroindustrial.

Tabla 44. Características de la Materia Prima

Característica	Descripción
Nombre Científico	<i>Eucalyptus globulus</i>
Familia	Myrtaceae
Color	Gris azulado (jóvenes) Verde oscuro (adultas)
Olor	Característico
Forma	Sésiles opuestas de base cordada (jóvenes). Alargadas y alternas, pecioladas, con base cuneada y el ápice acuminado (adultas).

Fuente: Elaborado por el autor en base a conocimientos adquiridos en el marco teórico.

Las ramas delgadas, serán reducidas de tamaño para el uso en el proceso productivo.

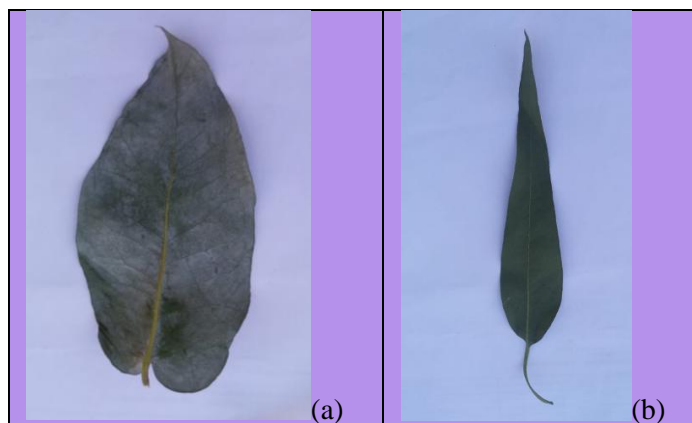


Figura 72. Hojas jóvenes (a) y adultas (b) de eucalipto.

Fuente: Fotografías capturadas por el autor.

De los datos obtenidos en las pruebas experimentales, presentados en la Tabla 33, se calculan los valores promedios de las variables que intervienen en el proceso, como son el volumen y la densidad de aceite esencial obtenido, el volumen de agua floral o hidrolato y el rendimiento. La materia prima a la que nos referimos para estos cálculos es aquella que ingresa como lecho fijo a la columna de extracción.

Tabla 45. Análisis comparativo de valores promedios.

Presión	Materia Prima* (g)	Volumen aceite esencial (mL)	Densidad aceite esencial (g/mL)	Volumen agua floral (mL)	Producto (% g/g)
Alta (10 bar)	900	27.25	0.924	2500	2.80
Baja (1 bar)	900	20.00	0.931	4256	2.07

(*): Cantidad de materia prima en el interior de la columna de extracción.

Fuente: Elaborado por el autor.

Del análisis de datos de la Tabla 33 y Tabla 45, se puede expresar las siguientes relaciones:

- Con una extracción por arrastre de vapor a presión de 10 bar, de 900 g de materia prima se obtiene aproximadamente 27.25 mL de aceite esencial de eucalipto, en un tiempo de extracción de aproximadamente 23 minutos.
- Con una extracción por arrastre de vapor convencional, a presión atmosférica, de 900g de materia prima se obtiene aproximadamente 20 mL de aceite esencial de eucalipto, en un tiempo de extracción de aproximadamente 59 minutos.

Se calcula la materia prima necesaria para la producción diaria y mensual de aceite esencial de eucalipto, teniendo en cuenta la producción anual establecida de 48 Kg.

$$\text{Producción mensual} = \frac{48}{12} \text{ Kg} = 4\text{Kg} = 4000\text{g de aceite esencial}$$

$$V_{\text{mensual}} = \frac{\text{masa de aceite esencial mensual}}{\text{densidad de aceite esencial}}$$

Tabla 46. Análisis de materia prima para producción diaria.

Presión	Volumen aceite esencial (mL)	Materia seca (g)	Materia húmeda (g)	Proyectado (g)	Costo unitario (S./Kg)	Costo (S./.)
Alta (10 bar)	180.4	5954	15779	15780	2	31.6
Baja (1bar)	179.1	8053	21340	21360	2	42.7

Fuente: Elaborado por el autor.

Al mes, se realizará el proceso productivo en 24 días, y se toma esto como un factor multiplicativo para el cálculo de la materia prima necesaria mensual.

Tabla 47. Análisis de materia prima para producción mensual.

Presión	Volumen aceite esencial (mL)	Masa de aceite esencial (g)	Materia seca (g)	Materia húmeda (g)	Proyectado (g)	Costo (S./.)
Alta (10 bar)	4330	4000	142896	378696	378720	758.5
Baja (1 bar)	4298	4000	193272	512160	512640	1024.8

Fuente: Elaborado por el autor.

Si se realiza el proceso de extracción de aceite esencial de eucalipto, a presión alta (10 bar), la materia prima necesaria es 15.8 Kg por día, siendo una cantidad menor frente a un proceso de extracción convencional que necesita 21.4 Kg.

6.2.3.2. Insumos

El insumo principal para el proceso productivo es el agua para la generación de vapor, la cual debe tener dureza cero, con la finalidad de prevenir la formación de caliche dentro del equipo de calentamiento, por ello, se pretende adquirir un módulo de ablandamiento de agua, para los fines anteriormente mencionados.



Figura 73. Módulo de ablandamiento de agua.

Fuente: Imágenes referenciales de la web.

Otro insumo es el gas, como combustible para el calentamiento y la generación de vapor, el cual es comercializado en las tiendas aledañas a la ubicación de la planta piloto y de fácil adquisición.

Se necesita aproximadamente 1 balón de gas para 10 corridas experimentales, esto deducido a partir de la parte experimental realizada al presente trabajo.

$$\text{Materia prima seca diaria} = \frac{\text{Materia prima seca mensual}}{24 \text{ días}} = \frac{142896g}{24 \text{ días}}$$

$$\text{Materia prima seca diaria} = 5954g$$

Cada extracción necesitará 2000 g de materia prima seca, por tanto, se realizarán 3 extracciones diarias.

$$\text{Cantidad de balones de gas mensual} = \frac{\#extracciones \text{ al mes}}{10} = \frac{3 * 24}{10}$$

$$\text{Cantidad de balones de gas mensual} = 7.2 \cong 8 \text{ unidades}$$

$$\text{Costo mensual de combustible} = \text{costo unitario} * \text{cantidad mensual}$$

$$\text{Costo mensual de combustible} = \frac{S/.32}{\text{Unidad}} * 8 \text{ Unidades} = S/.272$$

Por lo tanto, se necesitará 8 balones de gas combustible para el proceso productivo mensual, que genera un gasto total de S/. 272.

6.2.4. Equipos y materiales

Con el fin de realizar las diversas actividades y procedimientos dentro de la planta piloto agroindustrial de forma óptima, es necesario contar con el equipamiento, la instrumentación, los materiales de vidrio, el mobiliario y otros artículos que se listan a continuación, que son considerados dentro de la inversión del proyecto.

Tabla 48. Equipos y materiales que se utilizarán en la planta piloto.

Rubro	Cantidad	Capacidad / especificaciones
Equipo		
Módulo de extracción de aceite esencial (generador de vapor, columna, condensador)	1	-
Ablandador de agua	1	-
Instrumentos		
Manómetros	2	0 a 20bar – 0 a 10bar
Termocuplas	4	-
Refractómetro	1	-
Balanza analítica	1	-
Balanza	1	-
Material de vidrio		
Pera de decantación	3	250 mL
Florentino	2	250 mL
Vaso de precipitado	2 - 3	500 mL - 250 mL
Probeta	2	500 mL
Picnómetro	3	10 mL
Frascos color ámbar	1000	10 mL
Equipos de computo		
Laptop	1	-
Mobiliario		
Mesa	1	Madera
Silla	5	Madera
Archivador	1	Madera
Mesa de trabajo	1	Metal
Almacenamiento		
Tanque de agua	1 - 2	1100L – 500L
Contenedores de residuos	2	residuos orgánicos – residuos plásticos
Tachos	4	Azul, Blanco, Verde, gris
Otros		
Soporte universal	2	-
Etiquetas	1000	-
extintor	1	mediano

Fuente: Elaborado por el autor.

6.2.5. Recursos humanos

Se requiere contar con el personal calificado, técnicos, analistas u obreros, que sean parte de la empresa y que compartan la filosofía de trabajo en la cual está enfocado el proceso productivo. A mediano plazo, se pretende contar con un equipo de trabajo, que cumpla los requisitos establecidos en la Tabla 49, con el fin de lograr una buena gestión administrativa y técnica.

Tabla 49. Recursos humanos

Cargo	Nº	Perfil	Función
Jefe de planta	1	Ingeniero químico	<ul style="list-style-type: none"> • Hacerse cargo del proceso productivo, personal técnico, cronograma producción mensual y lograr un producto de calidad. • Verificar que se les dé mantenimiento a los equipos de proceso. • Instruir y capacitar al personal de servicio.
Técnico operativo	1	Técnico mecánico-eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener en óptimas condiciones las instalaciones eléctricas. • Responsable de las herramientas y equipos de la empresa. • Revisa y ejecuta el programa de trabajo de mantenimiento electromecánico, en planta y estación de ablandamiento de agua. • Recibe, revisa y firma documentos de su área de trabajo.
Técnico laboratorio	1	Técnico analista químico	<ul style="list-style-type: none"> • Clasifica cualitativa y cuantitativamente los insumos necesarios para realizar los procesos involucrados en la extracción de aceite esencial, ablandamiento de agua y análisis físico –químicos del producto. • Realiza procesos de análisis químicos según los procedimientos preestablecidos y las normas establecidas, haciendo uso de instrumentos y equipos de laboratorio.
Personal administrativo	1	Secretaria	<ul style="list-style-type: none"> • Redactar las cartas, memorándums, etc., que el gerente o el jefe de planta requieran. • Preparar y ordenar la documentación e información relacionada con el pago de impuestos, proceso productivo, entre otros.
Personal de servicio	2	Operario con experiencia en proceso de extracción de aceites esenciales.	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar el manejo del equipo de extracción. • Elaborar informes de producción. • Apoyar en las diversas funciones en la planta piloto. • Realizar la segregación de residuos, aplicando técnicas compatibles con las normas nacionales y el plan de manejo de residuos interno. • Uso de accesorios y equipo adecuado para las labores de limpieza y sanitación.
Personal de Marketing	1	Licenciado en marketing	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar estrategias de mercadeo del producto.

Recursos humanos proyectado a mediano plazo.

Fuente: Elaborado por el autor.

6.2.6. Otras necesidades

6.2.6.1. Almacenamiento

Para el almacenamiento de materia prima seca, es necesario contar con un área de 9 m² dentro de la planta piloto, que impida el ingreso del viento, y que mantenga un ambiente seco fuera de organismos vivos que alteren la calidad de la materia prima. Se utilizará el área designada, siempre y cuando quede materia prima que no se pudo procesar.

Para el almacenamiento del insumo principal agua blanda, se instalará un tanque de polietileno de 500 L, el cual estará ubicado en el área de ablandamiento de agua de la planta piloto.

Para el correcto almacenamiento del producto aceite esencial de eucalipto, el cual estará dentro en envase de vidrio color ambar, y del subproducto hidrolato o agua floral, se dispondrá de un refrigerador, el cual permite su buena conservación, el cual se encontrará situado en el área de laboratorio de la planta piloto.

Para el almacenamiento de los residuos, como parte del plan de manejo de residuos establecido, se contará con contenedores de residuos y tachos, con su debido código de color.

6.2.6.2. Transporte

Teniendo en cuenta el tamaño de planta, con una producción de 4Kg mensual de producto principal, aproximadamente que representa un volumen fácilmente transportable, se utilizará el transporte público como vías de comercialización, también se tendrá en cuenta la normativa del adecuado transporte de productos de este tipo.

6.2.7. Distribución de Planta

Se realiza una distribución por proceso, basado en los diagramas de flujo de proceso previamente vistos, considerando la ubicación de residuos en su área estratégica respectiva, y el plantado de árboles alrededor de la planta piloto, excepto en el área de secado, quedando la distribución en 300 m² de terreno, tal como se muestra en la figura 74.

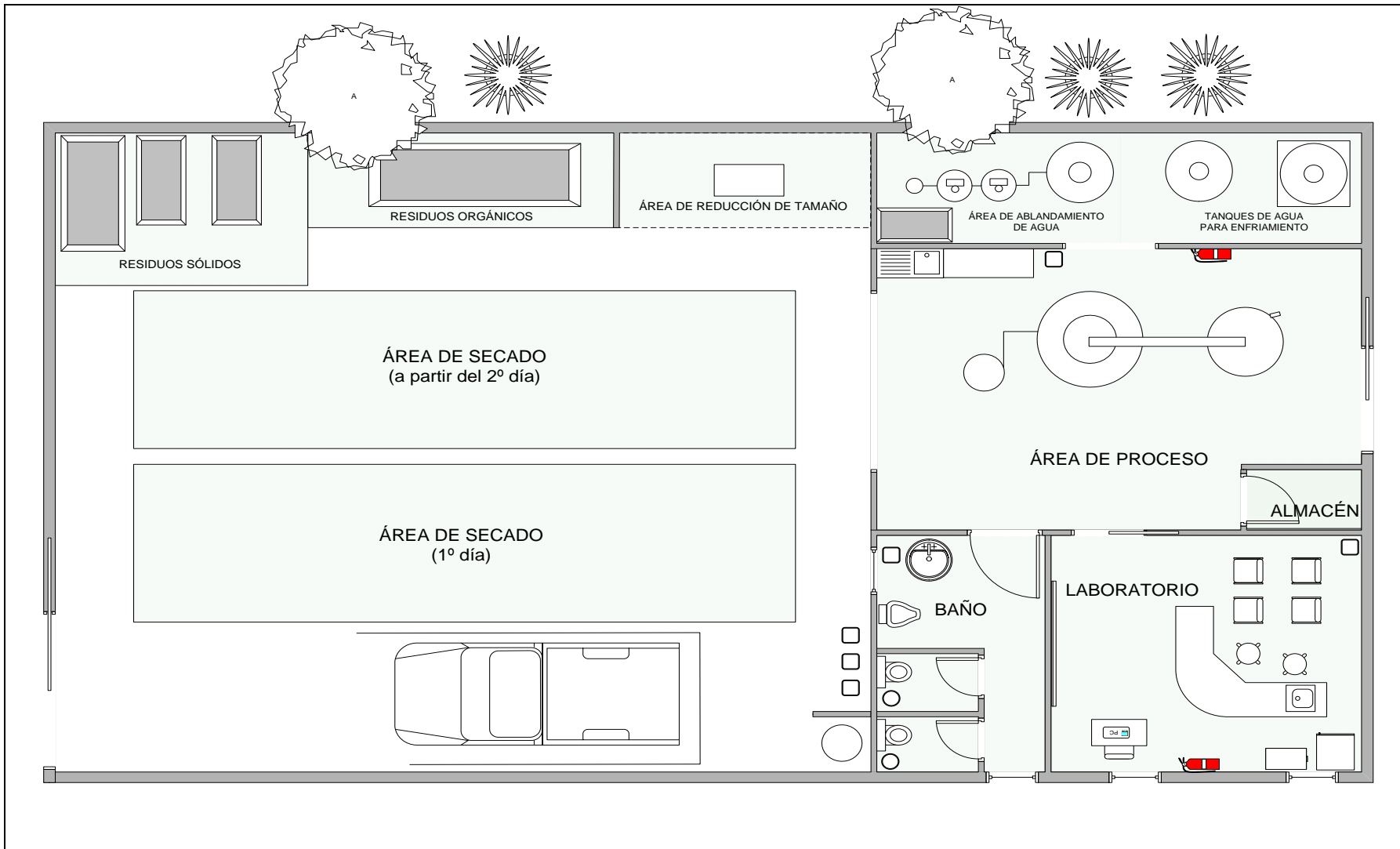


Figura 74. Distribución de planta

Fuente: Elaborado por el autor

Capítulo VII. **LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO DE LA PLANTA**

7.1. UBICACIÓN DE LA LOCALIDAD

El presente capítulo está referido a la ubicación de la Planta piloto de aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), se evaluarán los factores de localización y finalmente se elegirá la localidad utilizando el método de factores ponderados. Se considera a las localidades de Ambar, Comas y Huacho, como candidatos en la evaluación.

7.2. FACTORES Y LOCALIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD

7.2.1. Determinación de las posibles ubicaciones en base a factores predominantes

Consideramos factores predominantes de vital importancia para ubicar la planta piloto de aceite esencial de eucalipto, tales como: los elementos climáticos, la proximidad a la materia prima y la proximidad a los mercados.

7.2.1.1.Elementos climáticos

Es un factor primordial, dado que, los elementos climáticos (temperatura, humedad), juegan un papel fundamental en el tratamiento de la materia prima (secado) y almacenamiento de residuos.

7.2.1.2.Proximidad a la Materia Prima

La proximidad de materia prima es otro factor fundamental. Se debe tener disponibilidad y accesibilidad a la materia prima con el fin de minimizar su costo de transporte hacia la planta de producción.

7.2.1.3.Proximidad a los mercados

Viene a ser otro factor fundamental, tomando en cuenta que se tiene como objetivo final exportar el producto, nuestra ruta final será hacia la provincia constitucional del Callao, además de la cercanía a Lima metropolitana, donde se pueden encontrar empresas del rubro de la aromaterapia, industrias de alimentos, y otros mercados que requieren el producto aceite esencial de eucalipto.

7.2.2. Análisis de los factores de localización

Considerando los factores predominantes anteriormente mencionados, se coloca como posibles ubicaciones a las siguientes localidades: distrito de Ambar (Huaura – Lima), distrito de Comas (Lima metropolitana) y distrito de Huacho (Huaura – Lima).

7.2.2.1. Elementos climáticos

Es muy importante tener en cuenta los elementos climáticos (temperatura, humedad) de la localidad donde se ubicará la planta piloto, dado que, se necesita un lugar donde la humedad no sea alta, con el fin de evitar la descomposición de la materia prima o el ataque de hongos sobre ella, también permite realizar un secado por convección natural, sin necesidad de utilizar un equipo que consuma energía eléctrica, reduciendo los costos de producción.

Tabla 50. Análisis de los elementos climáticos

Localidad	Meses	Temperatura (°C)		Humedad (%)	
		Min	Max	Min	Max
Ambar	Diciembre - Abril	14	22	50	70
	Mayo - Noviembre	18	24	51	67
Comas	Diciembre - Abril	18	28	70	86
	Mayo - Noviembre	14	22	73	87
Huacho	Diciembre - Abril	16	28	70	85
	Mayo - Noviembre	15	21	75	90

Fuente: Elaborado a partir de datos adquiridos de google.com y Windy.com

7.2.2.2. Proximidad a la materia prima

La cercanía a la materia prima o recursos (*Eucalyptus globulus*) es fundamental para la localización de la planta de aceite esencial de eucalipto, dado que, transportar la materia prima hacia la planta piloto, implica un costo. El eucalipto será abastecido del valle de Ambar y alrededores, además se puede conseguir esta materia prima procedente de la región Junín. Para ello seleccionamos tentativamente los siguientes lugares como candidatos, teniendo en cuenta la proximidad a la Materia Prima:

Tabla 51. Análisis de la proximidad a la materia prima.

Localidad	Procedencia de materia prima	Distancia (Km)
Ambar	Ambar (Lima)	1 - 20
Comas	Huancayo (Junín)	300
Huacho	Ambar(Lima)	75

Fuente: Elaborado por el Autor.

7.2.2.3. Proximidad a los mercados

El principal mercado se encuentra en Lima metropolitana, donde encontramos empresas que tienen la necesidad de adquirir el producto, además del puerto del Callao para la exportación del nuestro producto. Entonces, tomando en cuenta la ruta que se tomaría para abastecer los mercados antes mencionados, desde la planta piloto de producción de aceite esencial se expone lo siguiente:

Tabla 52. Análisis de la proximidad a los mercados.

Localidad	Recorrido total* (Km)
Ambar	414 Km
Huacho	280 Km
Comas	38 Km

(* Se considera ida y vuelta del recorrido.

Fuente: Elaborado por el autor.

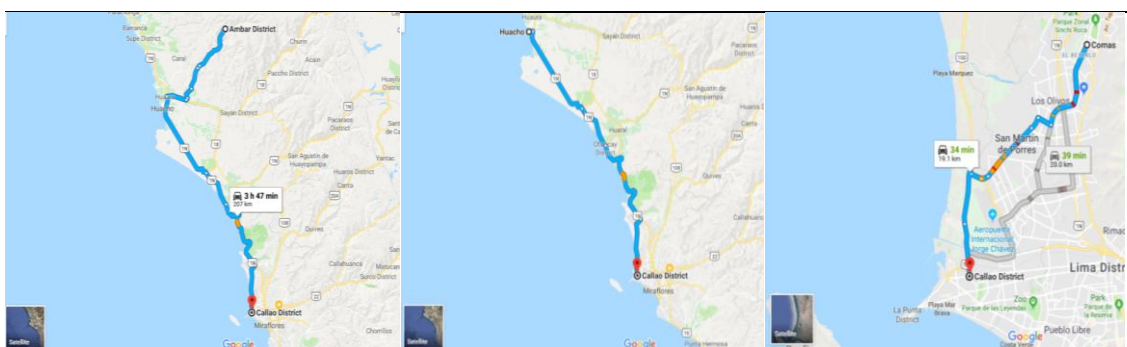


Figura 75. Fotos referenciales de la distancia de la planta piloto al mercado principal.

Fuente: elaborado con imágenes de google maps.

7.2.2.4. Costo del terreno

La evaluación es en base al Listado de valores oficiales de terrenos rústicos y urbanos que proporciona el Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.

Tabla 53. Análisis del costo del terreno.

Localidad	Costo en base a la calidad agrológica (Soles/ Hectárea)	Costo según infraestructura de calles (Soles/ m ²)
Ambar	17836.47	25.05
Comas	42162.14	-
Huacho	29257.09	43.32

Fuente: Elaborado por el autor, tomando en cuenta el Listado de valores oficiales de terrenos rústicos y urbanos que proporciona la Dirección General de políticas y regulación en Vivienda y Urbanismo del Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.

7.2.2.5. *Sistemas de transporte*

Todas las alternativas de localización cuentan con vías de transporte que facilitarán la comercialización del producto a los diferentes mercados.

7.2.2.6. *Servicios Públicos*

En las localidades que son alternativas de ubicación, todas cuentan con disponibilidad de Agua, energía eléctrica y servicio de alcantarillado. En el caso de Comas, el servicio de agua y alcantarillado es brindado por la empresa SEDAPAL y energía eléctrica brindada por la empresa ENEL. Huacho cuenta con el servicio de agua y alcantarillado suministrado por la empresa AGUAS LIMA NORTE y el servicio de energía eléctrica suministrado por ENEL, finalmente, el distrito de Ambar cuenta con el servicio de energía eléctrica suministrado por la empresa ADINELSA, y el servicio de agua y alcantarillado es administrado y gestionado por la municipalidad distrital de dicha localidad.

Tabla 54. Análisis de los servicios públicos.

Localidad	Agua		Energía eléctrica		Alcantarillado	
	Empresa suministradora del servicio	Valor de consumo (S./m ³)	Empresa suministradora del servicio	Valor de consumo (S./kWh)	Empresa suministradora del servicio	Valor de consumo (S./m ³)
Ambar	Municipalidad distrital de Ambar	-	ADINELSA	0.430	Municipalidad distrital de Ambar	-
Comas	SEDAPAL	2.865	ENEL	0.5056	SEDAPAL	1.293
Huacho	AGUAS LIMA NORTE	2.612	ENEL	0.5969	AGUAS LIMA NORTE	0.4151

Fuente: Elaborado por el autor, a partir de datos que muestran las empresas ENEL, ADINELSA, SEDAPAL Y AGUAS LIMA NORTE, en sus páginas web respectivas.

7.2.2.7. *Disponibilidad de Mano de obra*

La planta piloto de aceite esencial de eucalipto no requiere de gran cantidad de personal para sus actividades, el personal debe ser medianamente calificado, tener conocimiento de la Filosofía cero residuos e iniciativa sobre el cuidado ambiental, por lo tanto, se consideran que en los distritos de Ambar, Comas y Huacho existe aproximadamente la misma oferta de trabajo.

7.2.2.8. Impuestos

Se pretende funcionar como MyPE –normalizado por la Ley N° 28015.

Todo lo anterior descrito respecto a los factores a considerar para la localización de planta, se resume en la Tabla 55.

7.2.3. Evaluación de las alternativas de los factores de localización

Se realiza la evaluación de las alternativas utilizando el método de los factores ponderados.

En la Tabla 55, se le asigna una importancia relativa (puntaje) a cada factor, así mismo una escala del 1 – 10 puntos para cada factor, donde 10 es más favorable, de acuerdo a su importancia con respecto a cada alternativa de ubicación.

Para calcular, cuál de las opciones es la más conveniente, según Carro y González (s. f), se utiliza la siguiente fórmula:

$$Total = \sum (R_{ij})(W_j)$$

Donde:

R_{ij} : puntaje para cada factor de localización.

W_j : punto para cada alternativa (A_j, B_j y C_j).

Tabla 55. Evaluación de los factores de localización.

N°	Factores	Puntaje (Ri)	Alternativas		
			Ambar (A)	Comas (B)	Huacho (C)
1	Elementos climáticos	0.19	8	6	5
2	Proximidad a la materia prima	0.17	8	4	7
3	Proximidad a los mercados	0.17	5	8	7
4	Costo del terreno	0.14	7	4	5
5	Sistemas de transporte	0.1	5	7	6
6	Servicios públicos	0.09	7	6	5
7	Disponibilidad de mano de obra	0.07	5	5	5
8	Impuestos	0.07	7	5	6
Total		1	6.68	5.68	5.85

Fuente: Elaborado por el Autor, utilizando método de los factores ponderados.

7.2.4. Localización de planta

Se selecciona la localidad del distrito de Ambar, como mejor alternativa para la localización de la planta piloto agroindustrial para la producción de aceite esencial de eucalipto, dado que, presenta factores más convenientes para el proceso, siendo uno de ellos los elementos climáticos, que permitirán realizar un secado natural de la materia prima, esto considerando que el proyecto está bajo la filosofía Zero Waste, que nos hace considerar el secado natural como mejor opción que el secado forzado (estufa u otro equipo), minimizando el consumo de energía eléctrica.



Figura 76. Vista panorámica del Pueblo de Ambar - Huaura - Lima

Fuente: toma fotográfica realizada por el Autor.

7.3. TAMAÑO DE LA PLANTA

7.3.1. Factores condicionantes

Para determinar un tamaño adecuado de planta, es necesario considerar las relaciones más importantes existentes entre los diferentes aspectos de un proyecto con respecto al tamaño entre los factores limitantes del mismo. Por tanto, consideramos como factores condicionantes, la demanda, el suministro de insumos, la tecnología de equipos y la inversión.

7.3.1.1.Relación Tamaño - Demanda

Es un factor de suma importancia, que nos permite determinar la capacidad máxima de producción. Tomamos en cuenta la Figura 30, donde se muestra las importaciones de aceite esencial de eucalipto por empresas en el Perú al país Argentina, la demanda proyectada para el 2020, sería aproximadamente 5925.9 Kg del producto aceite esencial de eucalipto, por tanto, existe un mercado interno amplio para satisfacer la necesidad del producto aceite esencial de eucalipto, por ello se pretende cubrir un porcentaje de la demanda nacional proyectada.

Demanda proyectada: 5925.9 Kg

Capacidad instalada tentativa: 0.8% de la demanda proyectada.

Se percibe que en este caso la demanda no es un factor limitante, dado que excede a la capacidad instalada de la planta piloto del proyecto.

7.3.1.2.Relación Tamaño - Suministros de Materia prima e Insumos

Un factor muy importante es la disponibilidad de la materia prima, *Eucalyptus globulus*, es un cultivo de manera estacional. Se concluye que el rendimiento en la extracción del producto principal (aceite esencial de eucalipto) es aproximadamente 2.8% (g/g), también la relación materia prima húmeda- materia prima seca es de 100 – 38.5, por ello es necesario contar con abundante materia prima, y un área más amplio para el secado natural de la misma. Entonces, el factor materia prima condiciona de gran manera el tamaño de planta.

Por cuanto a los insumos, éstos pueden ser adquiridos sin ningún problema de las empresas que los comercialicen.

7.3.1.3.Relación Tamaño - Tecnología de equipos

Teniendo en cuenta la limitación del factor Materia prima, se diseña el equipo principal de extracción de aceite esencial, que trabajará con 2000 g de materia prima seca por cada extracción, para una producción de 56 g (60.6 mL) de producto principal, realizándose tres

extracciones diarias, y una producción mensual de 4032g (aprox. 400gr), considerando 24 días de labores.

En cuanto a los equipos e instrumentos adicionales (refrigerador, refractómetro, balanza analítica, etc.) pueden ser adquiridos a las empresas del rubro de equipos para laboratorio.

Para el proceso de ablandamiento de agua, se pretende adquirir un módulo de ablandamiento de agua, que puede ser comprado de alguna empresa del rubro sin dificultad de disponibilidad.

Por tanto, el presente factor depende mucho de la cantidad de materia prima a procesar. En cuanto a la construcción de equipos, pueden ser construidos por empresas del rubro.

7.3.1.4. Relación Tamaño – Inversión

Esta dada por la disponibilidad de recursos de inversión, los cuales son necesarios para hacer realidad la planta piloto agroindustrial para producir aceite esencial de eucalipto, determinado en mayor porcentaje por los costos fijos. En el caso del presente trabajo, la inversión requerida es de S/. 79480.

7.3.2. Tamaño recomendado

Luego de analizar los factores condicionantes, se cree por conveniente que la capacidad de producción cubrirá parte de la demanda interna, llegando a la conclusión que la Planta piloto agroindustrial para la producción de aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), bajo la filosofía Zero Waste, debe ser diseñada para una capacidad instalada de 48Kg/año.

7.4. CAPACIDAD INSTALADA

Considerando los factores condicionantes del tamaño de planta, la capacidad instalada será de 48Kg/año, pretendiendo cubrir parte de la demanda nacional.

Capítulo VIII. **ESTUDIO ECONÓMICO**

8.1. INVERSIONES FIJAS (TANGIBLES)

Se consideran como inversiones fijas tangibles, a la infraestructura, la maquinaria, el mobiliario, herramientas, e instalaciones complementarias.

8.1.1. Terreno y obras civiles

Es necesaria un área de 300m², para la construcción de la infraestructura de la planta piloto agroindustrial, considerando que tiene un precio aproximado de S/. 50/m², con ubicación en el distrito de Ambar.

Tabla 56. Inversiones fijas tangibles (terreno y obras civiles)

Rubros	U.M.	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Monto (S/.)
Costo del Terreno	m ²	300	50	15000
Obras civiles	m ²	300	-	25000
Instalaciones y montajes	-	-	-	3000
Total				43000

Fuente: Elaborado por el Autor

8.1.2. Equipos y materiales

Tabla 57. Inversiones fijas tangibles (equipos y materiales)

Rubros	U.M.	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Monto (S/.)
Maquinaria, equipos e instrumentos				20900
Equipo de extracción (con instrumentación)	Unidad	1	12000	12000
Refrigerador	Unidad	1	1800	1800
Equipo de ablandamiento de agua	Unidad	1	3000	3000
Refractómetro	Unidad	1	2000	2000
Balanza analítica	Unidad	1	1800	1800
Balanza	Unidad	1	300	300
Material de vidrio				1440
Pera de decantación	Unidad	3	100	300
Florentino	Unidad	2	80	160
Vaso de precipitado 500ml	Unidad	2	25	50
Vaso de precipitado 250ml	Unidad	3	20	60
Probeta 500ml	Unidad	2	60	120
Picnómetro	Unidad	3	50	150
Frascos de 10ml	Unidad	1000	0.6	600
Equipos de computo				2000
Laptop	Unidad	1	2000	2000
Mobiliario				920
Mesa	Unidad	1	120	120
Mesa de trabajo	Unidad	1	250	250
Silla	Unidad	5	50	250
Archivador	Unidad	1	300	300

Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla 57. Continuación

Rubros	U.M.	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Monto (S/.)
Otros				2220
Tanque de agua 1100Lt	Unidad	1	510	510
Tanque de agua 500Lt	Unidad	2	300	600
Contenedores de residuos	Unidad	2	400	800
Tachos	Unidad	4	50	200
Soporte universal	Unidad	2	30	60
Extintor	Unidad	1	50	50
Imprevistos				500
Total				27980

Fuente: Elaborado por el autor.

8.2. INVERSIONES FIJAS (INTANGIBLES)

Tenemos al estudio del proyecto con un costo de S/. 2500, gastos de organización y entrenamiento del personal con un costo de S/. 600, y finalmente el costo por licencias, gestiones y puerta en marcha de S/. 1300.

Tabla 58. Inversiones Fijas (Intangibles)

Rubros	Monto (S/.)
Estudio y proyecto de ingeniería	2500
Gastos de organización	300
Gastos de entrenamiento de personal	300
Licencias y gestiones	800
Gastos de puesta en marcha	500
Total	4400

Fuente: Elaborado por el autor.

8.3. CAPITAL DE TRABAJO

Se calcula un capital de trabajo para un el primer mes de producción, donde es necesario 378720 gr de materia prima, a un costo de S/. 758.

Tabla 59. Capital de trabajo para un mes.

Ítem	Monto (S/. / mes)
Materia Prima	758.00
Insumos	200.00
Mano de obra directa	1900.00
Mano de obra indirecta	400.00
Suministro de oficina y limpieza	200.00
Servicios	70.00
Combustible	272.00
Transporte	300.00
Total	4100.00

Fuente: Elaborado por el autor.

8.4. INVERSIÓN TOTAL

La inversión total está conformada por la inversión fija y el capital de trabajo, además, se pretende recuperar esta inversión en un plazo de 24 meses de producción.

$$\text{Inversión total} = \text{Inversión fija} + \text{Capital de trabajo}$$

$$\text{Inversión total} = (43000 + 27980 + 4400) + 4100$$

$$\text{Inversión total} = S/.79480$$

8.5. COSTO DE FABRICACIÓN

Se calcula el costo de fabricación para un mes de producción, considerando la producción de 400 unidades de producto para venta.

Tabla 60. Costo de fabricación.

COSTOS	MONTO (S./mes)
COSTOS FIJOS	3831.70
Costo de inversión	3311.70
Mantenimiento	500.00
Servicios	20.00
COSTOS VARIABLES	3880.00
Materia prima	758.00
Insumos	200.00
Mano de obra directa	1900.00
Mano de obra indirecta	400.00
Servicios (consumo)	50.00
Combustible	272.00
Transporte	300.00

Fuente: Elaborado por el autor.

8.6. INGRESOS

Se pretende vender 430 unidades de aceite esencial en frascos de 10ml (aproximadamente 9.24 g), a un precio de S/. 25, además, se comercializará el agua floral como producto secundario.

Tabla 61. Ingreso mensual por venta de productos

Producto	Precio de venta (S./g)	Producción mensual (g)	Ingreso total venta mensual (S./mes)
Aceite esencial	2.5	4000	10750
Hidrolato	0.015	180000	2700
Total			13450

Fuente: Elaborado por el autor.

8.7. PUNTO DE EQUILIBRIO

Se realiza el cálculo del punto de equilibrio con la finalidad de conocer el nivel de producción y ventas que se requiere para alcanzar cubrir los costos y gastos con los ingresos obtenidos, con el fin de evitar pérdidas operacionales.

$$\text{Punto de Equilibrio (en unidades)} = \frac{CF}{PV_q - CV_q}$$

Donde:

CF : Costos Fijos, S/.

PV_q : Precio de venta unitario, S/./unidad

CV_q : Costo variable unitario, S/./unidad = Costos Variables / Cantidad a producir

$$\text{Punto de Equilibrio} = \frac{3831.70}{25 - \frac{3880.00}{430}}$$

$$\text{Punto de Equilibrio} \cong 240 \text{ unidades}$$

Por tanto, se necesitan vender 240 unidades mensuales para no arrojar pérdidas operacionales.

$$\text{Ventas} = 240 \text{ Unidades} * \frac{S/.25}{\text{unidad}} = S/.6000$$

$$\text{Costos y gastos variables} = (240 \text{ unidades} * CV_q)$$

$$\text{Costos y gastos variables} = \left(240 \text{ unidades} * \frac{S/.3880.00}{430 \text{ unidades}} \right) = S/.2165.58$$

Tabla 62. Utilidad o pérdida operacional

	Monto
Ventas	S/. 6000
Costos y gastos variables	S/. 2165.58
Costos y gastos fijos	S/. 3831.70
Utilidad o pérdida operacional	S/.6000-(S/.2165.58+S/.3831.70)= S/. 2.72

Fuente: Elaborado por el autor.

También podemos calcular el punto de equilibrio de manera gráfica, el cual será la intersección de la función “costo total”, con la función “ingreso por ventas”, siendo el costo total, la suma del costo variable total adicionado el costo fijo total.

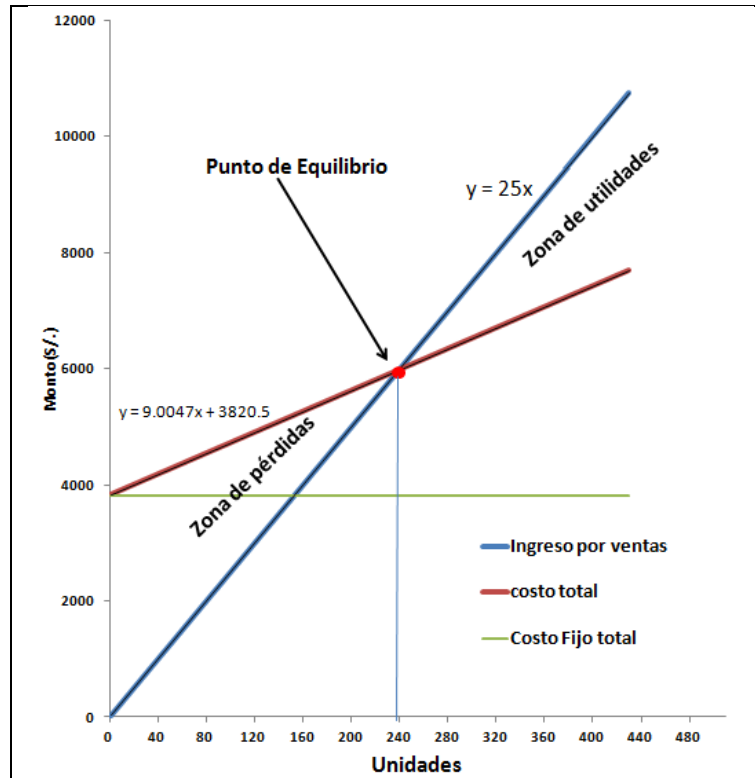


Figura 77. Cálculo del punto de equilibrio de forma gráfica.

Fuente: Elaborado por el autor.

Igualemos las funciones:

Función ingreso por ventas: $y = 25(\text{unidad}) = 25x$

Función costo total: $y = CV_q * (\text{unidad}) + \text{Costo total fijo} = 9x + 3831.7$

$$25x = 9x + 3831.7$$

$$x = 239.5 \cong 240 \text{ unidades}$$

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- En la sección 4.4., analizando la data experimental obtenida en la Tabla 33, se puede decir que el método de extracción por arrastre de vapor, a presión atmosférica (aprox. 1 bar), nos proporciona un rendimiento de 2.05% (g/g), el cual se obtiene en un tiempo de extracción promedio de 59 minutos, consumiendo energía durante ese periodo de tiempo, además de producirse pérdida de componentes volátiles (de menor peso molecular, como el α -pineno) mientras se realiza la extracción; en contraste, se puede decir que realizar una extracción con el mismo método, pero de manera no convencional a presión de 10 bar en el generador de vapor, obtenemos un rendimiento de 2.8% (g/g), en un tiempo de extracción de 24 minutos, dando como ventaja, un menor consumo energético, y menos generación de CO₂.
- En la Sección 3.1., se observa la Tabla 15, donde se compara dos análisis de composición química del aceite esencial de *Eucalyptus globulus*, realizados por GC-MS. Gonzales et al. (2016), proporciona un análisis donde se exponen 21 componentes, siendo el eucaliptol y el α -pineno componentes mayoritarios con un 55.49% y 18.18% respectivamente, en contraste, nuestro producto analizado, arroja 26 componentes, con una presencia del 54.88% de eucaliptol y 15.36% de α -pineno, se percibe que se extrae una mayor cantidad de componentes al realizar la extracción por el método de arrastre de vapor a presión de 10 bar, además de un tiempo promedio de extracción de 1440 segundos, permitiéndonos un ahorro energético y evitando una mayor pérdida de componentes volátiles, dado a la corta duración de extracción.
- En las Tabla 17 y 18, se observa la poca información sobre datos de exportación del producto aceite esencial de eucalipto por el Perú, esto podría ser porque la mayor parte de los aceites esenciales extraídos son para uso local, son informales o no cuentan con la calidad necesaria para exportación. Por ello, se observa la necesidad de satisfacer en

primer lugar el mercado interno, y posteriormente poder exportar el producto aceite esencial de eucalipto, cumpliendo la NTP 319.093 (revisada el 2016).

- De los factores condicionantes que se explican en la sección 7.3, es la disponibilidad de materia prima, la que condiciona fundamentalmente el tamaño de planta, el cual se estableció en 48 Kg/año, esto fue establecido también desde el punto de vista económico, analizando el punto de equilibrio obtenido en la sección 8.7., el cual nos expresa que se debe vender 240 unidades de producto principal como mínimo, para no presentar pérdida operacional, pero se pretende vender 430 unidades al mes, generando una utilidad mensual de S/. 4750.
- La inversión necesaria para la construcción y arranque de la planta piloto, se detalla en la sección 8.4, es de S/. 79480, se analiza que el costo es elevado para pretender recuperarlo en poco tiempo, por ello, se estableció recuperar la inversión en un periodo de 2 años, siendo considerado como parte del costo fijo de producción, resultando S/. 3311.7 por mes.

CONCLUSIONES

- Se ha comprobado que realizar una extracción por arrastre de vapor, a presión de 10 bar, utilizando una matriz vegetal seca sometida a reducción de tamaño, quedando en aproximadamente 20 mm de longitud, proporciona un rendimiento promedio de 2.86% (g/g), siendo mayor, frente a una matriz vegetal de hojas secas enteras, que proporciona un rendimiento promedio de 2.73% (g/g), dado que, la primera tiene mayor área de transferencia, y las glándula oleosas o sacos de aceite esencial presentes en la matriz vegetal están más expuestas al contacto con el vapor.
- Se ha comprobado que el método de extracción por arrastre de vapor no convencional, a presión de 10 bar, en un tiempo de extracción promedio de 24 minutos, proporciona un rendimiento de 2.8% (g/g), siendo mayor, frente al método de extracción por arrastre de vapor a presión atmosférica, en un tiempo de extracción promedio de 59 minutos que proporciona un rendimiento de 2.07% (g/g), por tanto, el método no convencional mencionado, reduce el consumo energético, es amigable con el medio ambiente, y se toma en cuenta para el diseño de la planta piloto agroindustrial.
- El producto aceite esencial de eucalipto, *Eucalyptus globulus*, que fue obtenido, mediante extracción por arrastre de vapor no convencional, fue analizado por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), el cual reportó 26 componentes presentes en el producto, teniendo al Eucaliptol en un 54.88%, y el α -pineno en un 15.36%. como componentes mayoritarios, además, presentó una densidad de 0.924 g/mL y un índice de refracción de 1.462.
- Se aplicó los fundamentos de la filosofía y jerarquía “Zero Waste” al diseño de la planta piloto agroindustrial, se identificó los residuos que se generaran en el proceso, se estableció las etapas de minimización, segregación y almacenamiento, como parte del plan interno de manejo de residuos. Se seleccionó el método de secado natural y el

método de extracción por arrastre de vapor, siendo más amigables al medio ambiente, y de menor consumo de insumos y energía, frente al secado forzado y los métodos de extracción por fluidos supercríticos y Soxhlet.

- Se ha comprobado que un trabajo experimental bien ejecutado, es la base fundamental para el diseño de planta, por ello, se diseñó una planta piloto agroindustrial para la producción de aceite esencial de eucalipto, *Eucalyptus globulus*, con una capacidad de producción de 48Kg/ año.

RECOMENDACIONES

Al término del trabajo de investigación, se propone las siguientes recomendaciones:

- Al acondicionar la materia prima, se debe tener en cuenta el tiempo promedio de secado, dado que, si la materia prima permanece mayor tiempo en contacto con el aire del ambiente, los componentes volátiles se irán perdiendo o descomponiendo, afectando el rendimiento y calidad del producto final. Así mismo, se debe realizar el correcto almacenamiento de los productos obtenidos, tanto aceite esencial de eucalipto e hidrolato.
- Para un estudio posterior, se recomienda investigar el tamaño óptimo de matriz vegetal, considerando diversas longitudes, con el fin de determinar el tamaño óptimo de partícula.
- Dado que la materia prima es un factor condicionante en el tamaño de planta, para el presente trabajo se considera hacer algunas extracciones diarias. Por ello, se recomienda realizar extracciones de aceite esencial de otras variedades de materia prima (plantas, frutos o tallos), ya que se contará con el equipamiento necesario, y se podrá tener nuevos productos para su comercialización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albarracín Montoya, G. C., & Gallo Palma, S. G. (2003). *ESENCIAL UTILIZANDO PIPER ADUNCUM (CORDONCILLO) PROCEDENTE DE LA ZONA CAFETERA*. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. Recuperado a partir de <http://www.bdigital.unal.edu.co/989/1/gloriacristinaalbarracinmontoya.2003.pdf>
- Arraiza Bermúdez, M. P. (2010). *Uso Industrial de Plantas aromáticas y Medicinales*. Recuperado a partir de <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/uso-industrial-de-plantas-aromaticas-y-medicinales/contenidos/material-de-clase/tema7.pdf>
- Bandoni, A. (2002). *Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica*. Universidad Nacional de la Plata.
- Briga, J. M. (1962). *Los aromáticos en la industria moderna : aplicación industrial de las esencias naturales y sintéticas* (2a ed). Barcelona: Síntesis.
- Cantó, M., & Guirao, P. (2017). El uso de aceites esenciales como insecticidas y repelentes de pulgones, 3, 17-18.
- Carro, R. & Gonzales, D. (s. f.). Localización de instalaciones. Universidad Nacional de Mar de Plata. Facultad de ciencias económicas y sociales.
- cenunez.com.ar. (s. f.). Recuperado 31 de julio de 2018, a partir de <http://www.cenunez.com.ar/>
- Cervantes, G. (2007). Ecología Industrial: innovación y desarrollo sostenible en sistemas industriales, (December 2011). Recuperado a partir de http://portalsostenibilidad.upc.edu/detall_01.php?numapartat=0&id=140
- Cooksley, V. G. (1996). *Aromatherapy : a lifetime guide to healing with essential oils*. Prentice Hall. Recuperado a partir de https://books.google.com.pe/books/about/Aromatherapy.html?id=8g2ZKAAACAAJ&redir_esc=y
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. (s. f.). ECONOMÍA CIRCULAR. Recuperado 8 de noviembre de 2018, a partir de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/escuelas-de-pensamiento>
- Essanté ORGANICS. (s. f.). History of Essential Oils History of Essential Oils. Recuperado 19 de abril de 2018, a partir de http://www.essanteorganics.com/Portals/0/History_of_Essential_Oils.pdf
- FAO. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2008.11.012>
- Geankoplis, C. J. (1998). Procesos de transporte y operaciones unitarias. Compañía editorial Continental. Mexico.
- González, R., Silva, G., Urbina, A., & Gerding, M. (2016). ACEITE ESENCIAL DE Eucalyptus globulus Labill Y Eucalyptus nitens H. Deane & Maiden (MYRTACEAE) PARA EL CONTROL DE Sitophilus zeamais Motschulsky. *Anim. Sci., ex Agro-Ciencia*, 32(3), 204-110. Recuperado a partir de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/chjaasc/v32n3/aop0516.pdf>

- Guenther, E. (1948). *The essential oils*. Recuperado a partir de <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=AGRO.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=014069>
- Guinée, J. B. (2002). *Handbook on life cycle assessment : operational guide to the ISO standards*. Kluwer Academic Publishers.
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. McGraw-Hill/interamericana editores. Tercera edición. Mexico.
- ITIS Standard Report Page: *Eucalyptus globulus*. (s. f.). Recuperado 21 de mayo de 2018, a partir de https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=27189#null
- Kusuma, H. S., & Mahfud, M. (2016). The extraction of essential oil from sandalwood (*santalum album*) by microwave air-hydrodistillation method. *Journal of Materials and Environmental Science*, 7(5), 1597-1606. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.02.007>
- Lock de Ugaz, O. (1994). *Investigacion fitoquimica : metodos en el estudio de productos naturales*. Pontificia Universidad Catolica del Peru. Recuperado a partir de <https://books.google.com.pe/books?id=N36g2QOccXkC&pg=PA28&lpg=PA28&dq=olga+lock+aceites+esenciales&source=bl&ots=Tl78sTx8BR&sig=T1-atM7yzY7UK60Zgf3qczZyZyY&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjnq6LvkoPcAhXlzVkkHcSaDwwQ6AEISTAI#v=onepage&q=olga lock aceites esenciales&f=false>
- López, M. (2004). Los aceites esenciales. *OFFARM*, 23(7), 88-91.
- Marcet, X., Marcet, M., & Vergés, F. (2018). Qué es la economía circular y por qué es importante para el territorio. *Papeles del Pacto Industrial*, 4.
- Martínez, A. (2003). *Aceites esenciales*. *J. Nat. Prod.* Recuperado a partir de http://www.med-informatica.net/TERAPEUTICA-STAR/AceitesEsencialesUdeA_esencias2001b.pdf
- Megyesy, E. (1992). *Manual de recipientes a presión diseño y cálculo*. Editorial LIMUSA. Mexico.
- Mihelcic, J. R., & Zimmerman, J. B. (2012). *Ingeniería Ambiental*. Alfaomega Grupo Editor. Mexico .
- Ministerio del Ambiente. (2018). MINAM. Recuperado 10 noviembre de 2018 de <http://www.minam.gob.pe>.
- Montoya, G. de J. (2010). ACEITES ESENCIALES: una alternativa de diversificación para el eje cafetero. *Sección de Publicaciones e Imagen Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales*, 1, 12-174.
- NIST/TRC. (s. f.). Recuperado 31 de julio de 2018, a partir de <https://wtt-pro.nist.gov/wtt-pro/>
- Norma Técnica Peruana NTP 319.093. (2016). ACEITES ESENCIALES. Aceite esencial de *Eucalytus globulus*. INACAL.
- OECD: The Observatory of Economic Complexity. (2018). Recuperado 5 de julio de 2018, a partir de <https://atlas.media.mit.edu/es/>
- Olivares, M. A., & Lopez, A. (2013). Potencial antimicrobiano de mezclas que incluyen aceites esenciales o sus componentes en fase vapor. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 1(7), 78-86.

- Padrini, F., & Lucheroni, M. T. (1997). *Aceites esenciales : para recuperar la vitalidad, el bienestar, la belleza*. Editorial de Vecchi.
- Palomino, R. A., & Cerpa, M. (1999). Modelamiento de la Hidroextracción de los aceites esenciales. *Memorias de la IV Reunión de Fenómenos de Transporte*.
- Pantoja, A. L., Hurtado, A. M., & Martínez, H. A. (2017). Evaluación del Rendimiento, Composición y Actividad Antioxidante de Aceite de Semillas de Mora (*Rubus glaucus*) Extraído con CO₂ Supercrítico. *Informacion Tecnologica*, 28(1), 35-46. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000100005>
- Servicio Nacional de Aprendizaje. (s. f.). INTRODUCCIÓN A LA INDUSTRIA DE LOS ACEITES ESENCIALES DE PLANTAS MEDICINALES Y AROMÁTICAS, 33. Recuperado a partir de <http://biblioteca.sena.edu.co/coleccion/1.html>
- Superintendencia Nacional de Administración Tributaria. (2019). SUNAT. Recuperado 05 de Enero de 2019, a partir de <https://www.sunat.gob.pe>
- The Atlas of Economic Complexity. (2018). Recuperado 8 de julio de 2018, a partir de <http://atlas.cid.harvard.edu/explore/stack/?country=173&partner=undefined&product=1037&productClass=HS&startYear=2006&target=Product&tradeDirection=import&year=2016>
- Trade Map - Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas. (2018). Recuperado 10 de julio de 2018, a partir de <https://www.trademap.org/>
- TRUE. (2018). Recuperado 12 de julio de 2018, a partir de <https://true.gbci.org/>
- Vásquez, O., Alva, A., & Marreros, J. (2001). Extracción y caracterización del aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*). *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, 1(1), 38-42.
- Velasquez, A. M. (2008). La tecnología de fluidos supercríticos , un proceso limpio para el sector industrial. *Producción + Limpia*, 3(2), 98-104.
- Zero Waste International Alliance. (2018). Recuperado 6 de junio de 2018, a partir de <http://zwia.org/>

ANEXOS

A.1. RECOLECCIÓN, ACONDICIONAMIENTO Y SECADO DE MATERIA

PRIMA.

	
Recolección	Clasificación
	
Transporte	Deshojado
	
Secado	Pesado

Fuente: Fotografías capturadas por el autor, en el desarrollo del trabajo experimental.

A.2. INFORMACIÓN TÉCNICA ADICIONAL SOBRE ANALISIS DE ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO.



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN PRODUCTOS NATURALES

Informe de resultados

Solicitante: José Luis Natividad Mercedes
Muestra: Aceite esencial de Eucalipto

Análisis: Composición química de aceite esencial de Eucalipto por Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.

Fecha de entrega de Resultados: 14 noviembre 2018

Boleta electrónica:



Sede Principal: Av. Honorio Delgado N° 430 Urb. Ingeniería
San Martín de Porres - Lima - Lima
Teléfono: 459-1130 319-0000 319-0030

R.U.C.: 20110768151

BOLETA DE VENTA ELECTRONICA

N° B001-34441

SEÑOR(ES) : NATIVIDAD MERCEDES JOSE LUIS
 DNI : 73262017
 DIRECCIÓN : ...
 ANTICIPO : ...
 RELACIONADO : ...
 MONEDA : SOLES

FECHA DE EMISIÓN : 2018-11-13
 TIPO DE CAMBIO : 3.377

COND. DE PAGO : CONTADO

Referencia	ANALISIS DE COMPOSICION DE ACEITE ESENCIAL -E			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	PREC. UNIT. (NO INCLUYE IGV)	VALOR DE VENTA (NO INCLUYE IGV)
1	ANALISIS COMPOSICION ACEITE ESENCIAL-E	UNI	350.00	350.00

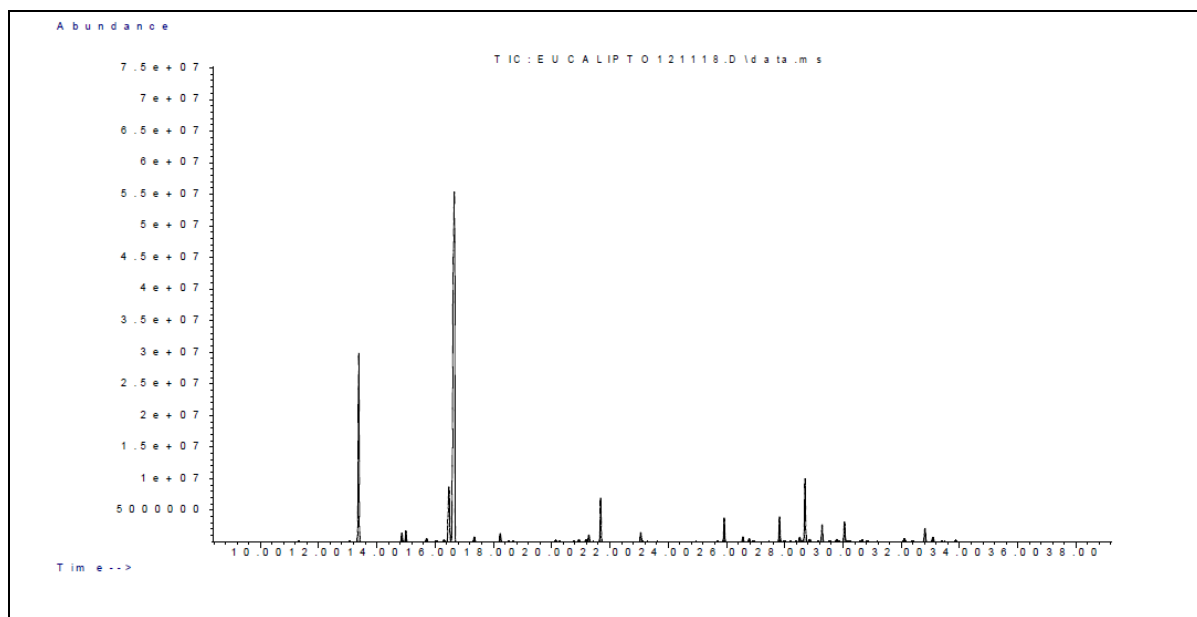
SON: CUATROCIENTOS TRECE 00/100 SOLES

OP. GRAVADA	SI	350.00
OP. INAFECTA	SI	0.00
OP. EXONERADA	SI	0.00
TOTAL IGV 18%	SI	63.00
IMPORTE TOTAL	SI	413.00

Representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica
 Podrá ser consultado en www.upch.edu.pe
 Autorizado mediante Resolución de Intendencia N° 018-005-0002246/SUNAT



CROMATOGRAMA GC-MS DEL ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO



Fuente: Análisis realizado en el laboratorio de productos naturales de la Universidad Cayetano Heredia, por requerimiento del autor.

Condiciones cromatográficas para el aceite esencial de Eucalipto:

Equipo: Cromatógrafo de gases Agilent Technologies 7890 con detector espectrómetro de masas Agilent Technologies 5975C.

Columna: J&W 122-1545.67659 DB-5ms, 325 °C: 60 m x 250 µm x 0.25 µm

Rampa de temperatura: Empieza en 40 °C y sube a 5 °C/min hasta 180 °C; luego 2.5 °C/min hasta 200 °C y se mantiene por 5 min; finalmente sube a 10 °C/min hasta 300 °C manteniéndose por 3 min.

Tiempo de corrida: 54 min

Volumen de Inyección: 1 µL

Split: 50:1

Gas portador: He, 1 mL/min

Muestra: Se diluyó 20 µL de muestra en 1 mL de diclorometano.

A.3. INFORMACIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA**Norma técnica peruana NTP 319.093**

NORMA TÉCNICA PERUANA	NTP 319.093 1974 (revisada el 2016)
<small>Dirección de Normalización - INACAL Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)</small>	<small>Lima Perú</small>
 ACEITES ESENCIALES. Aceite esencial de <i>Eucalyptus globulus</i> ESSENTIAL OILS. Eucalyptus globulus essential oil 2016-12-22 1ª Edición	
<p><small>R.D. N° 041-2016-INACAL/DN. Publicada el 2016-12-31 Precio basado en 04 páginas</small> <small>I.C.S.: 71.100.60 ESTA NORMA ES RECOMENDABLE</small> <small>Descriptor: Aceite esencial, aceite, eucalyptus globulus, eucalyptus</small></p>	
<p style="text-align: right;"><small>© INACAL 2016</small></p>	

Fuente: INACAL

Lista Europea de Residuos (LER)

L 370/44

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

30.12.2014

DECISIONES

DECISIÓN DE LA COMISIÓN

de 18 de diciembre de 2014

por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo

(Texto pertinente a efectos del EEE)

(2014/955/UE)

LA COMISIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea,

Vista la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas ⁽¹⁾, y, en particular, su artículo 7, apartado 1,

LISTA DE RESIDUOS

Los diferentes tipos de residuos de la lista están definidos plenamente mediante códigos de seis cifras para los residuos, y por los títulos de los capítulos de cuatro y dos cifras, respectivamente. Para localizar un residuo en la lista se deberá proceder de la manera siguiente:

- Localizar la fuente que genera los residuos en los capítulos 01 a 12 o 17 a 20 y buscar el código apropiado de seis cifras para el residuo (excluidos los códigos finalizados en 99 de dichos capítulos). Nótese que algunas unidades de producción específicas pueden necesitar varios capítulos para clasificar sus actividades: por ejemplo, una fábrica de automóviles puede encontrar sus residuos en los capítulos 12 (residuos del moldeo y tratamiento de superficie de metales), 11 (residuos inorgánicos que contienen metales procedentes del tratamiento y revestimiento de metales) y 08 (residuos de la utilización de revestimientos), dependiendo de las diferentes fases del proceso de fabricación.
- Si no se encuentra ningún código de residuo apropiado en los capítulos 01 a 12 o 17 a 20, se deberán consultar los capítulos 13, 14 y 15 para localizar el residuo.
- Si el residuo no se encuentra en ninguno de estos códigos, habrá que dirigirse al capítulo 16.
- Si tampoco se encuentra en el capítulo 16, se deberá utilizar el código 99 (residuos no especificados en otra categoría) en la parte de la lista que corresponde a la actividad identificada en el primer paso.

Fuente: <https://eur-lex.europa.eu>

Ley de Residuos Sólidos N° 27314 – D.L. N° 1278

Ley General de Residuos Sólidos

LEY N° 27314

CONCORDANCIA: ORDENANZA N° 295
Decreto de Alcaldía N° 147

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

POR CUANTO:

El Congreso de la República

ha dado la Ley siguiente:

EL CONGRESO DE LA REPÚBLICA;

Ha dado la Ley siguiente:

LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

TÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- Objeto

La presente Ley establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana.

Artículo 2.- Ámbito de aplicación

2.1 La presente Ley se aplica a las actividades, procesos y operaciones de la gestión y manejo de residuos sólidos, desde la generación hasta su disposición final, incluyendo las distintas fuentes de generación de dichos residuos, en los sectores económicos, sociales y de la población. Asimismo, comprende las actividades de internamiento y tránsito por el territorio nacional de residuos sólidos.

2.2 No están comprendidos en el ámbito de esta Ley los residuos sólidos de naturaleza radiactiva, cuyo control es de competencia del Instituto Peruano de Energía Nuclear, salvo en lo relativo a su internamiento al país, el cual se rige por lo dispuesto en esta Ley.

TÍTULO II

GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

CAPÍTULO I

Fuente: <http://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-residuos-solidos>

DECRETO LEGISLATIVO N° 1278

CONCORDANCIAS: R.M.N° 024-2017-VIVIENDA (Disponen publicar proyecto de Reglamento para el Reaprovechamiento de los Biosólidos Generados en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, en el portal institucional del Ministerio)

Enlace Web: EXPOSICIÓN DE MOTIVOS - PDF.

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

POR CUANTO:

Que, mediante Ley N° 30506, el Congreso de la República ha delegado en el Poder Ejecutivo la facultad de legislar en materia de reactivación económica y formalización, seguridad ciudadana, lucha contra la corrupción, agua y saneamiento y reorganización de Petroperú S.A., por un plazo de noventa (90) días calendario;

Que, el literal b) del numeral 4 del artículo 2 del citado dispositivo legal, establece la facultad de modificar el marco legal sobre la gestión integral de los residuos sólidos, bajo un enfoque de sostenibilidad con la finalidad de asegurar su calidad y continuidad;

Que, la gestión de los residuos sólidos en el país tiene como finalidad su manejo integral y sostenible, mediante la articulación, integración, compatibilización de las políticas, planes, programas, estrategias y acciones de quienes intervienen en la gestión y el manejo de los residuos sólidos, aplicando los lineamientos de política correspondientes;

Que, la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, publicada en el Diario Oficial El Peruano el 21 de julio de 2000, ha sido modificada en diversas oportunidades a fin de actualizarla;

Que, resulta necesario contar con una nueva norma que permita asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección a la salud y el bienestar de la persona;

De conformidad con lo establecido en el artículo 104 de la Constitución Política del Perú;

Con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros; y,

Con cargo a dar cuenta al Congreso de la República;

Ha dado el Decreto Legislativo siguiente:

DECRETO LEGISLATIVO QUE APRUEBA LA LEY DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

TÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES, PRINCIPIOS Y LINEAMIENTOS DE LA LEY

CAPÍTULO 1

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- Objeto

El presente Decreto Legislativo establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, con la finalidad de propender hacia la maximización constante de la eficiencia en el uso de los materiales y asegurar una gestión y manejo de los residuos

A.4. CÁLCULOS DE VELOCIDAD DE SECADO Y HUMEDAD LIBRE

Para los cálculos respectivos en la presente sección, utilizaremos los fundamentos y formulas que presenta Geankoplis (1998).

Definición de humedad. La humedad H de una mezcla aire-vapor de agua se define como los kilogramos de vapor de agua por kilogramo de aire seco.

Utilizamos las siguientes formulas:

$$X_t = \frac{W - W_s}{W_s} \left[\frac{\text{kg totales de agua}}{\text{kg sólido seco}} \right]$$

$$X = X_t - X^*$$

$$R = -\frac{L_s}{A} \frac{dX}{dt}$$

Donde:

W : Peso total de sólido húmedo, kg

W_s : Peso del sólido seco, kg

X^* : Humedad de equilibrio, es el X_t que no varía., kg H₂O/ kg sólido seco

X_t : Humedad en base seca, kg H₂O/ kg sólido seco

X : Humedad libre, kg H₂O/ kg sólido seco.

R : Velocidad de secado, kg H₂O/m² h

L_s : Masa de sólido seco usado, kg

A : Área superficial expuesta al secado, m²

X_c : Humedad crítica, kg H₂O/ kg sólido seco

Para el cálculo de pérdida de peso ΔX para un tiempo ΔT :

$$R = -\frac{L_s}{A} \frac{\Delta X}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta X}{\Delta t} = \frac{(X_1 - X_2)}{(t_2 - t_1)}$$

Entonces R , es el promedio en el periodo de t_1 a t_2 .Portanto, dado que utilizamos un $\Delta X/ \Delta T$, tendrá que graficarse frente a una concentración promedio X (X_{prom}).

Tabla.A4.1. Humedad en base seca, humedad de equilibrio, humedad libre y velocidad de secado.

Muestra	tiempo (días)	W (Kg)	Xt (Kg de agua/Kg ss)	X (Kg de agua/Kg ss)	$\Delta X/\Delta t$	R	Xprom humedad libre	X*
Muestra 1 Ws:1.690 Kg Área: 8 m2	0	4.40	1.60	1.57		0.00		0.04
	1	3.47	1.05	1.02	0.55	0.12	1.29	
	2	2.72	0.61	0.57	0.44	0.09	0.80	
	3	2.08	0.23	0.20	0.38	0.08	0.38	
	4	1.90	0.12	0.09	0.11	0.02	0.14	
	5	1.80	0.07	0.03	0.06	0.01	0.06	
	6	1.75	0.04	0.00	0.03	0.01	0.01	
	7	1.75	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	
	8	1.75	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	
Muestra 2 Ws:1.610 Kg Área: 8 m2	0	4.33	1.69	1.67		0.00		0.02
	1	3.46	1.15	1.13	0.54	0.11	1.40	
	2	2.71	0.68	0.66	0.47	0.09	0.90	
	3	2.11	0.31	0.29	0.37	0.07	0.48	
	4	1.81	0.12	0.11	0.19	0.04	0.20	
	5	1.73	0.08	0.06	0.05	0.01	0.08	
	6	1.67	0.04	0.02	0.04	0.01	0.04	
	7	1.64	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	
	8	1.64	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	

Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla A4.1. Continuación.

Muestra	tiempo (días)	W (Kg)	Xt (Kg de agua/Kg ss)	X (Kg de agua/Kg ss)	$\Delta X/\Delta t$	R	Xprom humedad libre	X*
Muestra 3 Ws:0.900 Kg Área: 4 m2	0	2.41	1.68	1.66		0.00		0.02
	1	1.98	1.20	1.18	0.48	0.11	1.42	
	2	1.58	0.76	0.73	0.44	0.10	0.96	
	3	1.23	0.37	0.35	0.39	0.09	0.54	
	4	1.05	0.17	0.14	0.20	0.05	0.25	
	5	0.99	0.09	0.07	0.07	0.02	0.11	
	6	0.95	0.05	0.03	0.04	0.01	0.05	
	7	0.92	0.02	0.00	0.03	0.01	0.01	
	8	0.92	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	
Muestra 4 Ws:1.550 Kg Área: 8m2	0	4.10	1.65	1.63		0.00		0.02
	1	3.43	1.21	1.19	0.43	0.08	1.41	
	2	2.82	0.82	0.80	0.39	0.08	1.00	
	3	2.24	0.45	0.43	0.37	0.07	0.61	
	4	1.83	0.18	0.16	0.27	0.05	0.29	
	5	1.69	0.09	0.07	0.09	0.02	0.12	
	6	1.61	0.04	0.02	0.05	0.01	0.05	
	7	1.58	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	
	8	1.58	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	

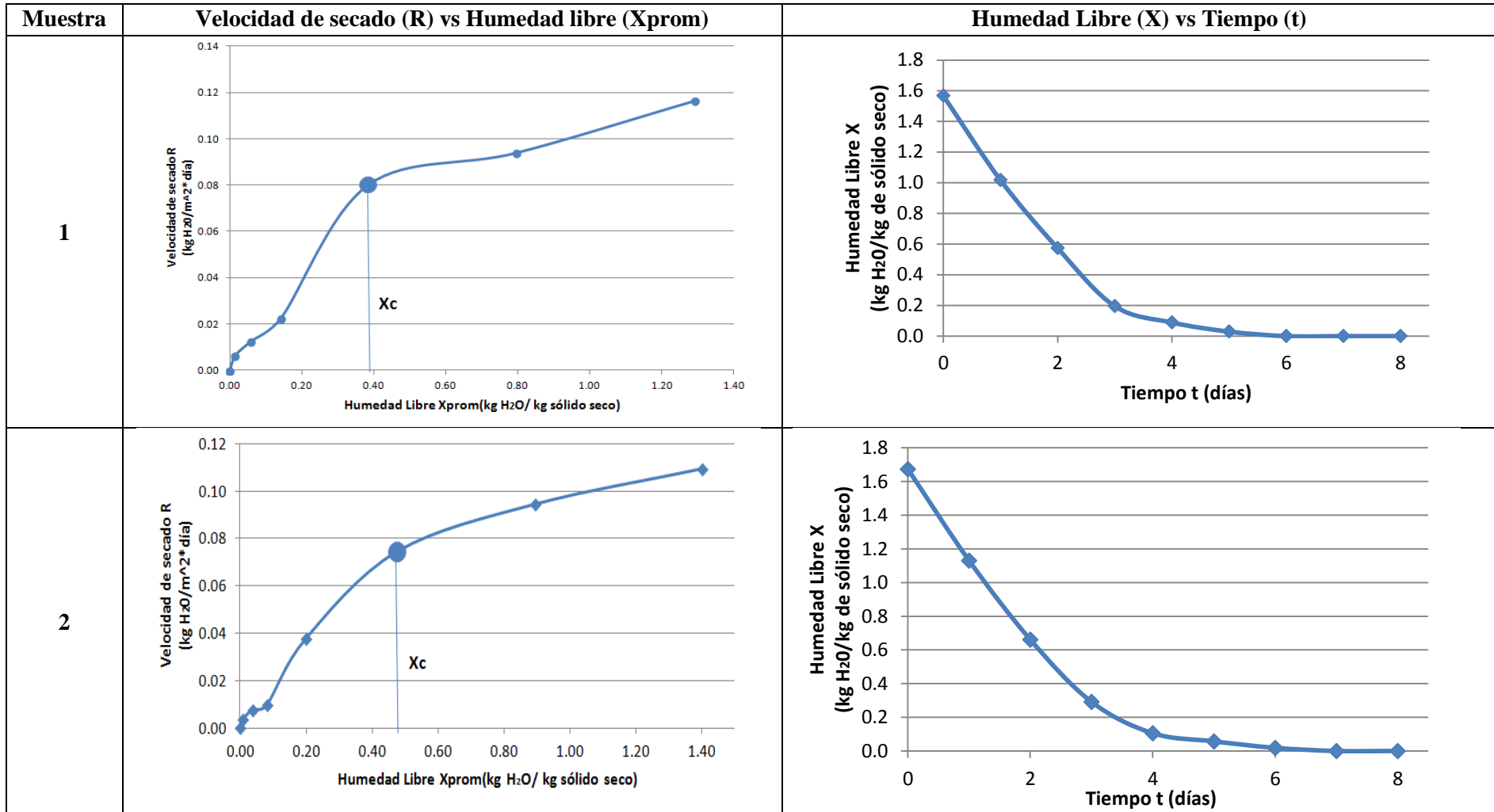
Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla A4.1. Continuación.

Muestra	tiempo (días)	W (Kg)	Xt (Kg de agua/Kg ss)	X (Kg de agua/Kg ss)	$\Delta X/\Delta t$	R	Xprom. humedad libre	X*
Muestra 5 Ws:0.860 Kg Área: 4 m2	0	2.50	1.91	1.88		0.00		0.03
	1	2.14	1.49	1.46	0.42	0.09	1.67	
	2	1.84	1.14	1.11	0.35	0.08	1.29	
	3	1.54	0.78	0.76	0.35	0.08	0.93	
	4	1.25	0.45	0.43	0.33	0.07	0.59	
	5	1.09	0.26	0.23	0.19	0.04	0.33	
	6	0.95	0.11	0.08	0.15	0.03	0.16	
	7	0.91	0.05	0.02	0.05	0.01	0.05	
	8	0.89	0.03	0.01	0.02	0.00	0.02	
	9	0.89	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	
	10	0.88	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	

Fuente: Elaborado por el autor.

Curvas de velocidad de secado y humedad libre.

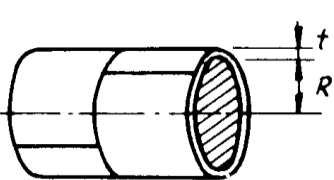
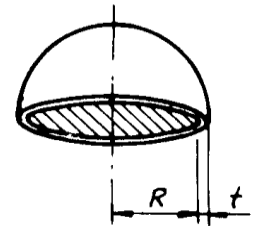
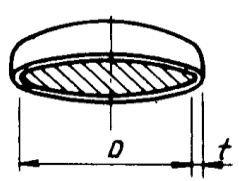


Fuente: Elaborado por el autor.

Muestra	Velocidad de secado (R) vs Humedad libre (X _{prom})	Humedad Libre (X) vs Tiempo (t)
3		
4		
5		

Fuente: Elaborado por el autor.

A.5. TABLAS PARA DISEÑO DE TANQUE A PRESIÓN CODIGO ASME

PRESION INTERNA		
FORMULAS EXPRESADAS EN FUNCION DE LAS DIMENSIONES INTERIORES		
<p> P = Presión de diseño o presión máxima de trabajo permitida, lb/pulg² S = Valor del esfuerzo del material, lb/pulg², página 159 E = Eficiencia de la junta, página 142 R = Radio interior, pulgadas D = Diámetro interior, pulgadas t = Espesor de pared, pulgadas C.A. = Margen por corrosión, pulgadas </p>		
A 	CASCO CILINDRICO (COSTURA LONGIT.)¹	
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 50%; padding: 5px;"> $t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$ </td> <td style="text-align: center; width: 50%; padding: 5px;"> $P = \frac{SEt}{R + 0.6t}$ </td> </tr> </table>	$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$
$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$	$P = \frac{SEt}{R + 0.6t}$	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Generalmente rige el esfuerzo en la costura longitudinal. Ver página anterior. 2. Cuando el espesor de pared exceda de la mitad del radio interior o P exceda de 0.385 SE, se aplicarán las fórmulas dadas en el Apéndice del Código, 1-2. 		
B 	ESFERA Y CABEZA HEMISFERICO	
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 50%; padding: 5px;"> $t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$ </td> <td style="text-align: center; width: 50%; padding: 5px;"> $P = \frac{2SEt}{R + 0.2t}$ </td> </tr> </table>	$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$
$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$P = \frac{2SEt}{R + 0.2t}$	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Para las cabezas sin brida recta, úsese la eficiencia de la junta de la cabeza al casco si es menor que la eficiencia de las costuras de la cabeza. 2. Cuando el espesor de pared exceda de 0.356 R, o P exceda de 0.665 SE, se aplicarán las fórmulas dadas en el Apéndice 1-3 de las normas. 		
C 	CABEZA ELIPSOIDAL 2:1	
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 50%; padding: 5px;"> $t = \frac{PD}{2SE - 0.2P}$ </td> <td style="text-align: center; width: 50%; padding: 5px;"> $P = \frac{2SEt}{D + 0.2t}$ </td> </tr> </table>	$t = \frac{PD}{2SE - 0.2P}$
$t = \frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$P = \frac{2SEt}{D + 0.2t}$	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Para las cabezas elipsoidales cuya relación del eje mayor al eje menor sea diferente de 2:1, véase el Apéndice 1-4 (c) de las normas. 		

Fuente: Megyesy, (1992).

DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO AGROINDUSTRIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus*), NO CONVENCIONAL, BAJO LA FILOSOFÍA “ZERO WASTE”.

Dr. RUIZ SANCHEZ, BERARDO BEDER
PRESIDENTE

Dr. NUNJA GARCIA, JOSE VICENTE
SECRETARIO

Ing. ORBEGOSO LOPEZ, JOSE SAUL
VOCAL

Ing. JIMENEZ ESCOBEDO, MANUEL JOSE
ASESOR