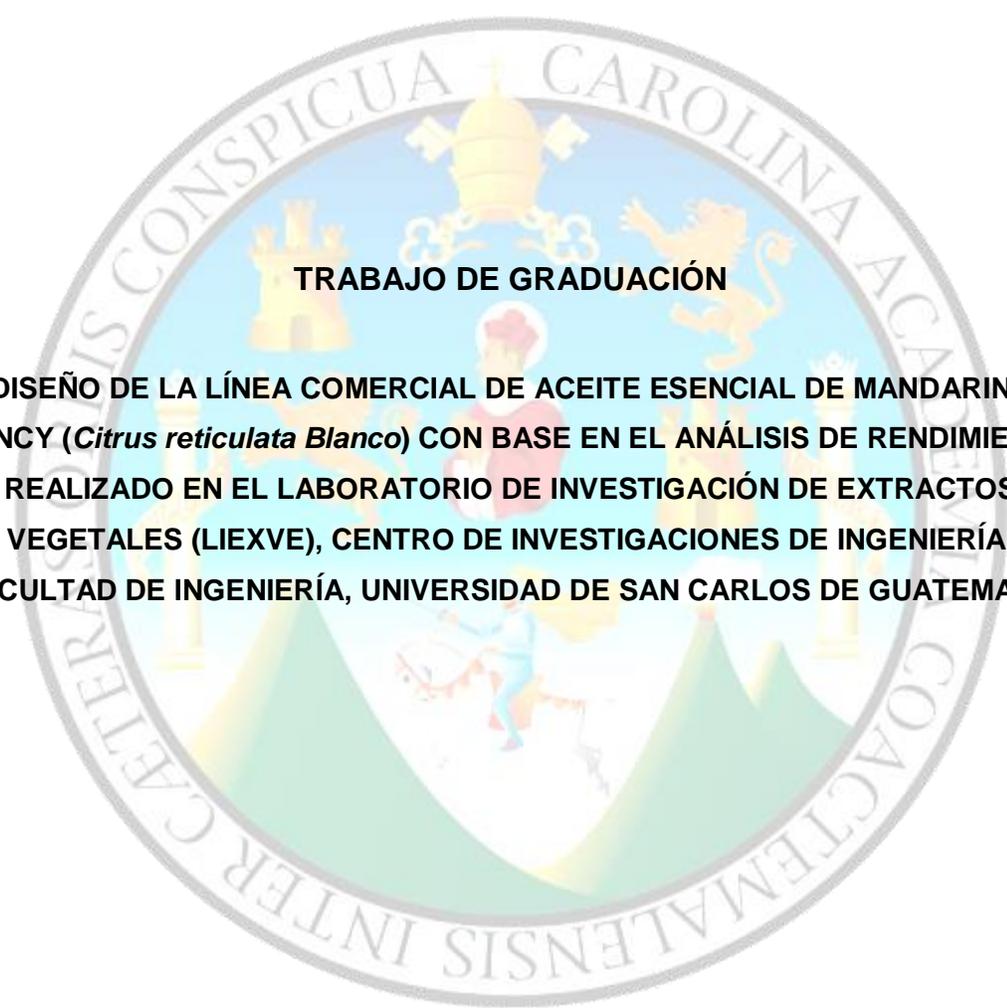


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES
ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a blue background, a golden crown at the top, and a figure on horseback. The shield is flanked by two golden lions. The outer ring of the seal contains the Latin motto "SICUT ERAT IN TERRA COACTEMALENSIS INTER CAETERAS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA" in a light blue color.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**DISEÑO DE LA LÍNEA COMERCIAL DE ACEITE ESENCIAL DE MANDARINA
DANCY (*Citrus reticulata Blanco*) CON BASE EN EL ANÁLISIS DE RENDIMIENTO
REALIZADO EN EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE EXTRACTOS
VEGETALES (LIXVE), CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA,
FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.**

CARLOS OTTONIEL GUEVARA CARRANZA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Alvarez
VOCAL III	Ing. Agr. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	P. Agr. Marlon Estuardo González Alvarez
VOCAL V	Br. Sergio Wladimir González Paz
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE LA LÍNEA COMERCIAL DE ACEITE ESENCIAL DE MANDARINA DANCY (*Citrus reticulata Blanco*) CON BASE EN EL ANÁLISIS DE RENDIMIENTO REALIZADO EN EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES (LIXVE), CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Industrial, con fecha

Carlos Ottoniel Guevara Carranza

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. INFORMACIÓN GENERAL DEL LABORATORIO DE EXTRACTOS VEGETALES LIEXVE.....	1
1.1. Descripción.....	1
1.2. Visión.....	3
1.3. Misión	4
1.4. Estructura organizacional	4
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. DISEÑO DE LA LÍNEA COMERCIAL DE ACEITE ESENCIAL DE MANDARINA DANCY (<i>Citrus reticulata Blanco</i>) CON BASE EN EL ANÁLISIS DE RENDIMIENTO	7
2.1. Diagnóstico.....	7
2.1.1. Análisis FODA	7
2.2. Análisis de las muestras de mandarina Dancy (<i>citrus reticulata Blanco</i>)	12
2.2.1. Variabilidad entre cáscara y el resto del fruto ..	14
2.2.2. Variabilidad de la masa del tejido luego de un proceso primario	19

	Página
2.2.3.	Variabilidad entre flavedo y albedo23
2.2.4.	Cantidad de tejido sometido a estudio35
2.3.	Extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>).....35
2.3.1.	Proceso de extracción arrastre por vapor directo36
2.3.1.1.	Resultados obtenidos.....38
2.3.1.2.	Extracción por arrastre de vapor directo de un proceso primario38
2.3.1.3.	Resultados obtenidos.....39
2.3.2.	Extracción por prensado en frío40
2.3.2.1.	Resultados obtenidos.....41
2.3.2.2.	Extracción de prensado en frío luego de un proceso primario.....41
2.3.2.3.	Resultados obtenidos.....42
2.3.2.4.	Rendimiento y costos43
2.4.	Comparación de los costos de los procesos de extracción45
2.5.	Diseño de la línea de producción de extracción de aceite comercial de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>)49
2.5.1.	Bases legales49
2.5.2.	Proceso productivo.....51
2.5.2.1.	Maquinaria y equipo57
2.5.2.2.	Distribución de planta.....62
2.5.2.3.	Personal78
2.5.2.4.	Diseño de las instalaciones.....82
2.5.3.	Buenas prácticas de manufactura (RTCA)99
2.5.3.1.	Edificio.....99
2.5.3.2.	Personal106

2.5.3.3.	Producción.....	108
		Página
2.5.3.4.	Almacenamiento.....	110
2.5.4.	Salud y seguridad ocupacional.....	111
2.5.5	Costos de la propuesta.....	117
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN. ECODISEÑO PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.....	119
3.1.	Diagnóstico.....	119
3.1.1.	Variables determinantes.....	122
3.2.	Reducción de costos.....	123
3.3.	Manejo de residuos.....	126
3.4.	Ecodiseño.....	129
3.5.	Costos.....	134
4.	FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN.....	137
4.1.	Diagnóstico de las necesidades de capacitación.....	137
4.2.	Plan de capacitación.....	139
4.3.	Evaluación.....	149
4.4.	Costos del plan.....	152
	CONCLUSIONES.....	155
	RECOMENDACIONES.....	159
	BIBLIOGRAFÍA.....	161
	APÉNDICES.....	163

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

	Página
1. Organigrama del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII).....	6
2. Partes del epicarpio de los cítricos.	13
3. Ejemplificación del proceso de arrastre por vapor directo de un extracto vegetal.....	54
4. Diagrama de operaciones del proceso de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>).....	56
5. Unidad de extracción por arrastre de vapor de 100 litros de acero inoxidable marca Ecirtec	60
6. Caldera eléctrica embalada de la unidad de extracción por arrastre de vapor.....	61
7. Modelo gráfico del proceso del método de matrices y diagramación para la distribución de ambientes de la planta	64
8. Diagrama de precedencias del proceso de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>).....	66
9. Clasificación de áreas del programa de ambientes para la distribución de la planta.	67
10. Cuadro de Ordenamiento de Datos (C.O.D.) de ambientes para la distribución de la planta.....	69
11. Modelo gráfico de Matriz de Relaciones para la distribución de ambientes de la planta	71
12. Modelo gráfico de diagrama de preponderancia para la distribución de ambientes de la planta	72

13.	Modelo gráfico del diagrama de relaciones para la distribución de ambientes de la planta.....	73
14.	Modelo gráfico del diagrama de circulaciones para la distribución de los ambientes de la planta, localizando las posibles ubicaciones para los vestíbulos y pasillos	74
15.	Modelo gráfico del diagrama de circulaciones para la distribución de los ambientes de la planta con el ordenamiento de vestíbulos y pasillos	75
16.	Modelo gráfico de diagrama de bloques y relaciones funcionales primera aproximación de distribución de ambientes de la planta	76
17.	Distribución de ambientes de la planta.....	77
18.	Perfil del puesto de jefe de control	79
19.	Perfil del puesto de operario para la planta	80
20.	Perfil del puesto de secretaria para la planta	81
21.	Perfil del puesto de encargado de limpieza para la planta	82
22.	Plano de diseño de planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>).....	94
23.	Vista de fachada sur de planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>).....	95
24.	Vista de fachada norte de planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>)	96
25.	Vista de fachada este de planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>).....	96
26.	Vista de fachada oeste de planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>)	97

27.	Vista de ingreso a planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>).....	98
-----	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Página

28.	Vista de sección, área de producción y área de oficina de jefe de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>).....	99
29.	Esquema de rutas de evacuación de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>).....	115
30.	Esquema de ubicación de señalización de seguridad y evacuación de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (<i>Citrus reticula Blanco</i>).....	116
31.	Esquema de un intercambiador de calor en una chimenea para el precalentamiento del agua que entra a la caldera.....	125
32.	Contenido de micronutrientes de la cáscara de cítricos	127
33.	Contenido de humedad, cenizas, grasa y proteína de cítricos ...	127
34.	Transformación de los residuos cítricos en abono orgánico.....	128
35.	Transformación de los residuos de cítricos en pellets para alimento de ganado bovino	129
36.	Ilustración comparativa de las medidas del ecodiseño	134
37.	Capacitación de buenas prácticas de manufactura. (lavado de la materia prima)	141
38.	Capacitación de buenas prácticas de manufactura. (desprendimiento de la cáscara).....	142
39.	Capacitación de buenas prácticas de manufactura. (reducción de partícula)	142
40.	Capacitación de buenas prácticas de manufactura. (colocación de la trampa de hexano)	143

41.	Capacitación del desarrollo de un producto homeopático a partir de aceites esenciales. (reducción del tamaño de partícula)	146
		Página
42.	Capacitación del desarrollo de un producto homeopático a partir de aceites esenciales. (preparación del equipo)	146
43.	Capacitación del desarrollo de un producto homeopático a partir de aceites esenciales. (prototipo elaborado 50 ml)	147
44.	Capacitación del desarrollo de un producto homeopático a partir de aceites esenciales. (exposición)	147
45.	Cadena de valor de la evaluación de una capacitación	150
46.	Formato de la lista de asistencia de las capacitaciones impartidas	151
47.	Ficha propuesta para la evaluación de las capacitaciones realizadas dentro del plan de capacitación de la Fase de Docencia	152

TABLAS

I.	Matriz FODA del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales	10
II.	FODA (Minimización – maximización) del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales	11
III.	Masa de la cáscara (C) y la pulpa (P) del fruto de seis muestreos diferentes de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>)	15

IV.	Relación porcentual de la cáscara con la masa total del fruto de seis muestreos de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>)	16
Página		
V.	Tamaño mínimo de los muestreos para la evaluación de la variabilidad entre cáscara y pulpa de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata blanco</i>)	17
VI.	ANOVA de los promedios porcentuales de la relación entre cáscara y pulpa de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>)	18
VII.	Variación del tejido Masa inicial para luego de ser extrusado Masa final, como parte de un proceso primario.....	19
VIII.	Valores porcentuales de la pérdida de masa del tejido de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>) luego de un proceso primario	20
IX.	Tamaño muestral mínimo para la evaluación comparativa del tejido de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>) luego de un proceso primario	21
X.	ANOVA de los promedios porcentuales de la relación del epicarpio de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>) luego de un proceso primario.....	22

XI.	Muestreo 1, cantidad de flavedo (F) y albedo (A) de los frutos de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>).....	24
XII.	Muestreo 2, cantidad de flavedo (F) y albedo (A) de los frutos de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>).....	25
XIII.	Muestreo 3, cantidad de flavedo (F) y albedo (A) de los frutos de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>).....	26
XIV.	Muestreo 4, cantidad de flavedo (F) y albedo (A) de los frutos de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>).....	27

Página

XV.	Muestreo 5, cantidad de flavedo (F) y albedo (A) de los frutos de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>).....	28
XVI.	Muestreo 6, cantidad de flavedo (F) y albedo (A) de los frutos de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>).....	29
XVII.	Relación porcentual del albedo (A) y el flavedo (F) con respecto de la masa total del fruto de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>).....	30
XVIII.	Tamaño muestral mínimo para la evaluación entre el albedo y el flavedo de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>)	31
XIX.	ANOVA de las medidas de los porcentajes del albedo presente en el epicarpio de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>).....	32
XX.	ANOVA de las medias de los porcentajes del flavedo presente en el epicarpio de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>).....	32

XXI.	ANOVA de las medidas de los porcentajes del albedo y el flavedo presente en el epicarpio de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>)	33
XXII.	Cantidad de aceite esencial de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>) por el proceso de vapor directo	38
XXIII.	Cantidad de aceite esencial de mandarina (<i>Citrus reticulata Blanco</i>) por el proceso de vapor directo luego de un proceso primario	40

Página

XXIV.	Cantidad de aceite esencial de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>) obtenido por el método de extracción en frío.....	41
XXV.	Cantidad de aceite esencial de mandarina (<i>Citrus reticulata Blanco</i>) obtenido por el método de extracción en frío luego de un proceso primario	42
XXVI.	Rendimientos obtenidos de las extracciones por arrastre por vapor directo del epicarpio de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>) luego de un proceso primario y sin proceso previo	43
XXVII.	ANOVA de los rendimientos de las extracciones por arrastre por vapor directo de aceite esencial de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>) luego de un proceso primario y sin proceso previo	44

XXVIII.	Costos de los insumos utilizados por extracción de aceite esencial de mandarina Dancy por el método de arrastre por vapor directo en la planta piloto del LIEXVE, CII, FIUSAC	45
XXIX.	Lista de maquinaria y equipo requerido para el diseño de la planta de extractos vegetales y sus costos aproximados.....	61
XXX.	Costos de la propuesta	117
XXXI.	Operaciones del proceso sujetas al ecodiseño con sus factores.....	120
XXXII.	Análisis de los insumos sujetos al ecodiseño y su situación actual dentro del proceso	121

Página

XXXIII.	Composición nutricional de la cáscara de mandarina Dancy (<i>Citrus reticulata Blanco</i>).....	126
XXXIV.	Costos del equipo, materiales y la instalación del plan de ecodiseño.....	135
XXXV.	Cronograma de capacitaciones	149
XXXVI.	Costos del plan de capacitaciones.....	153

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
hP	Caballo de vapor
cm	Centímetro
f'c	Coficiente de resistencia de material
\$	Dólar
g	Gramos
kg	Kilogramo
km	Kilómetro kw Kilovatio lb Libra
Psi	Libras por pulgada cuadrada
m	Metro
ml	Mililitro
mm	Milímetro
oz	Onza
“	Pulgada
Q	Quetzales

GLOSARIO

Canales oleíferos	Células con contenido oleoso.
CII	Centro de Investigaciones de Ingeniería.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
CONCYT	Secretaría del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
Decantación	Técnica que permite separar un sólido mezclado heterogéneamente con un líquido en el que es insoluble o bien dos líquidos inmiscibles.
Densidad aparente	Relación entre el volumen y el peso seco, incluyendo huecos y poros.
Fenológico	Ciencia que estudia la relación entre los factores climáticos y los ciclos de los seres vivos.
GC-MS	Cromatografía de gases acoplado a espectrofotometría de masas.

Hidrolato	Agua resultante del proceso de destilación por vapor del aceite esencial de una planta.
Líquidos Inmiscibles	Son líquidos de naturaleza orgánica y que tras un periodo de reposo del agua residual, flotan en el agua o decantan.
Neoclanvenger	Equipo de extracción de aceite esencial por hidrodestilación.
SINCYT	Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

RESUMEN

La siguiente investigación tiene como objetivo diseñar una línea comercial de aceite esencial de mandarina Dancy, con base a los análisis de rendimientos realizados a nivel planta piloto. Para establecer los rendimientos se realizaron análisis comparativos de los tejidos del fruto dando un comportamiento sin variabilidad entre la relación porcentual de tejido a tejido. Posteriormente, se realizaron las extracciones por dos métodos diferentes: la extracción en frío y el arrastre por vapor directo. Se analizaron dos muestras distintas: una sin tratamiento previo y otra luego de un tratamiento primario. Para este caso la extrusión se tomó con el tratamiento primario.

Dichas extracciones a nivel de masa del tejido no tuvo ninguna diferencia significativa no así, en las extracciones ya que en el método de arrastre por vapor tuvo una relación 3,14 a 1, dado que en el proceso de extrusión se pierden compuestos volátiles componentes del mismo aceite. Los análisis de la extracción en frío tuvo un comportamiento similar y se obtuvo una relación entre los procesos de 2,98 a 1. La extracción de un proceso primario presentó un menor rendimiento. A pesar de esto el resultado de este último se descartó porque presentaba ceras en el aceite obtenido.

En el análisis de los rendimientos del proceso de arrastre por vapor directo, que no presentaron ceras, se relacionaron de manera económica, para determinar a través de la participación que ocupa la materia prima en los costos de producción, una relación que pueda sugerir una equivalencia en las extracciones. Dicho análisis sugieren que, para que estas tengan esa condición, el costo de la materia prima debe ocupar más del 68% del total de los costos de

producción, bajo el supuesto que la materia prima de la experimentación luego de un proceso primario sea cero.

Dentro de las investigaciones realizadas se implemento un plan de ecodiseño para la planta del LIEXVE en la cual se determinaron las variables determinantes, que fueron el diésel y el agua. Para ello, se propuso utilizar un intercambiador de calor para mejorar la eficiencia energética del sistema y recircular el agua que sale del condensador para minimizar costos y tener políticas amigables con el ambiente.

Finalmente, en la fase de docencia se diagnosticó que la orientación de las aplicaciones tenían una desatención en el área medica para lo cual se capacitó a los practicantes del lugar con charlas y prácticas didácticas sobre los términos y usos adecuados del equipamiento para mantener la inocuidad requerida por la reglamentación sanitaria y se finalizó con una exposición de la formulación de un producto homeopático a partir de un aceite esencial.

OBJETIVOS

General

Diseñar una línea de producción comercial de aceite esencial de mandarina Dancy (*Citrus reticulata Blanco*), con base en el análisis del rendimiento de la extracción.

Específicos

1. Realizar los procesos de extracción de aceite esencial de mandarina, siendo estos el arrastre por vapor directo y extracción en frío.
2. Analizar los rendimientos obtenidos a través de los procesos de extracción de aceite esencial.
3. Diseñar un proceso de extracción de aceite esencial de mandarina que permita su mayor aprovechamiento.
4. Diseñar una planta de extracción de aceite esencial de mandarina.
5. Determinar a través del estudio económico de los rendimientos, la relación producto costo que exista en la extracción del aceite esencial.
6. Diseñar un plan de ecodiseño adaptado al proceso de extracción de aceite esencial de mandarina.

7. Diseñar un plan de capacitación a los profesionales y estudiantes involucrados en los procesos de extractos vegetales en el LIEXVE.

INTRODUCCIÓN

En el Laboratorio de Extractos Vegetales (LIEXVE) del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) se contempla extraer el aceite esencial del epicarpio de mandarina Dancy (*Citrus reticulata Blanco*) que tiene diferentes aplicaciones industriales y de beneficios para la salud del ser humano. Por otro lado, este extracto vegetal tiene aplicaciones tanto en la industria cosmética como alimenticia. El aceite esencial de mandarina se puede utilizar como aditivo aromático para la elaboración de productos cosméticos como cremas, lociones, jabones, aromaterapia así como en la industria alimenticia aplicada como carnes, salsa, dulces, incluso la repostería; sin olvidar las diversas aplicaciones que pueda tener en el campo de la salud y la medicina natural.

En la actualidad, la demanda por los productos naturales provenientes de plantas y animales es mayor. Cada día se utiliza una gran variedad de aceites esenciales en preparaciones farmacéuticas, alimentos, carnes, salsas, enlatados, pastelería, dulces, confitería, gomas masticables, bebidas alcohólicas y no alcohólicas, sopas, entre otros. Es por eso que se necesita generar información sobre la extracción de mandarina y conocer la factibilidad de su extracción. Para ello, se ha generado una investigación en el diseño de una línea de producción de extracción del aceite esencial del epicarpio de mandarina Dancy (*Citrus reticulata Blanco*), a escala planta piloto para el Centro de Investigaciones de Ingeniería, debido a que es importante que una prestigiosa institución como esta cuente con este estudio necesario para el desarrollo agroindustrial del país.

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL LABORATORIO DE EXTRACTOS VEGETALES LIEXVE

1.1. Descripción

El Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEEXVE) pertenece al Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) y presta servicios a entidades gubernamentales y no gubernamentales, entidades públicas y privadas y al público en general que buscan solucionar problemas en el proceso de elaboración de productos relacionados con aceites esenciales, oleorresinas, colorantes naturales, taninos, aceites fijos, extractos fluidos, blandos, secos, absolutos y tinturas.¹

El LIEEXVE fue fundado por acuerdo del Consejo Superior Universitario según el punto noveno del acta número ochocientos cuarenta y dos (842) de sesión celebrada el 27 de julio de 1963, en el que se integran laboratorios como el de extracciones vegetales, operaciones unitarias, química, mecánica de fluidos e hidráulica, suelos, entre otros.

En 1997 se adhirió al CII la Planta de Extracción y Destilación, cuyo funcionamiento como apoyo, tanto a la investigación como a la prestación de servicios, se inició en la década de los 90.

¹ POP CASTRO, Mariela Alejandra. *Diseño de la línea de producción comercial de aceite esencial de cardamomo (Elettaria Cardamomum l. matton), con base en análisis del rendimiento realizado en el laboratorio de investigación de extractos vegetales (liexve), centro de investigaciones de ingeniería.* 15 p.

“Específicamente en 2009 se crea el Laboratorio de investigación en Extractos Vegetales (LIEXVE), antes Planta Piloto de Extracción y Destilación, como parte de la Sección de Química Industrial.” También se crea la Planta Piloto de Extracción de Biodiesel en dicho laboratorio en agosto 2009.

En el LIEXVE se realiza investigación científica, docencia directa a través de cursos teóricos y prácticos, servicio a la industria de alimentos, cosméticos, industria de extractos y se realizan actividades de extensión a pequeñas empresas y asociaciones de comunidades en el interior de la república, en la temática de obtención de extractos.

En relación a la ejecución de proyectos de investigación científica el LIEXVE por medio de la Dirección General de Investigación (DIGI), USAC y con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SINCYT), el cual es ejecutado por la Secretaría del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT) con el propósito de ayudar a las industrias en su proceso productivo se realiza proyectos orientados a la extracción de oleorresinas, aceites esenciales, taninos, colorantes, etc. utilizando materias primas como laurel, eucalipto, ajo, orégano, tomillo, manzanilla, pericón, chile, pimienta negra, cúrcuma, cardamomo y clavo de olor.²

El LIEXVE se encuentra en el edificio T-5 de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, cuenta con dos áreas para la ejecución de proyectos de investigación, en la primera se realizan todas las pruebas a escala laboratorio donde se tiene equipo como neoclavenger que se utiliza para

² POP CASTRO, Mariela Alejandra. *Diseño de la línea de producción comercial de aceite esencial de cardamomo (Elettaria Cardamomum l. matton), con base en análisis del rendimiento realizado en el laboratorio de investigación de extractos vegetales (liexve), centro de investigaciones de ingeniería.* 17 p.

extracción de aceite esencial por el método de hidrodestilación, rotaevaporadores que utilizan para separar un líquido de un solvente mediante un sistema de vacío, sistemas soxhlet para la extracción de oleorresina y una campana de gases.

La otra área es destinada para pruebas a escala planta piloto, cuenta con caldera, equipo para extracción de biodiesel, marmitas con agitación, el equipo para extracción de aceite que consta de la destiladora, condensador y vaso florentino, el sistema de recirculación del agua, báscula de piso y un secador eléctrico de flujo transversal.

El personal está integrado por el jefe de laboratorio, dos auxiliares de investigación y tesis para la obtención de las extracciones vegetales y la realización de pruebas de densidad, pH, índice de refracción y cromatografías de aceite esencial, oleorresina, aceites fijos y colorantes utilizando como materia prima achiote, pimienta gorda, albahaca, romero, ajo, naranja, limón, aguacate, entre otras.

1.2. Visión

Investigar alternativas de solución científica y tecnológica para la resolución de la problemática científico-tecnológica del país en las áreas de ingeniería, que estén orientadas a dar respuesta a los problemas nacionales; realizar análisis y ensayos de caracterización y control de calidad de materiales, estructuras y productos terminados de diversa índole; desarrollar programas docentes orientados a la formación de profesionales, técnicos de laboratorio y operarios calificados; realizar inspecciones, evaluaciones, expertajes y prestar servicios de asesoría técnica y consultoría en áreas de la ingeniería; actualizar, procesar y divulgar información técnica y documental en las materias relacionadas con la ingeniería.

1.3. Misión

Desarrollar investigación científica como el instrumento para la resolución de problemas de diferentes campos de la ingeniería, orientada a la optimización de los recursos del país y a dar respuesta a los problemas nacionales; contribuir al desarrollo de la prestación de servicios de ingeniería de alta calidad científico-tecnológica para todos los sectores de la sociedad guatemalteca; colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos; proporcionar la comunicación con otras entidades que realizan actividades afines, dentro y fuera de la República de Guatemala, dentro del marco definido por la Universidad de San Carlos de Guatemala. Mantener un liderazgo en todas las áreas de ingeniería a nivel nacional y regional centroamericano, en materia de investigación, análisis y ensayos de control de calidad, expertaje, asesoría técnica y consultoría, formación de recurso humano, procesamiento y divulgación de información y documental, análisis, elaboración y aplicación de normas.

1.4. Estructura organizacional

Las estructuras organizacionales “son las diversas combinaciones de la división de funciones y la autoridad, a través de las cuales se realiza la organización. Se expresan en gráficas de relaciones de personal u organigramas, complementándose con los análisis de puestos. Las estructuras organizacionales son elementos de autoridad formal, pues se fijan en el derecho que tiene un funcionario, por su nivel jerárquico, de exigir el colaborador responsable de los deberes a un colaborador directo, o de aceptar el colaborador las decisiones que por función o especialización haya tomado su superior.”³

³ RODRÍGUEZ, Joaquín. *Administración moderna de personal*. 26 p.

El CII tiene una estructura organizacional de diseño departamental, ya que agrupa de manera separada cada unidad, es decir, da prioridad a todos los objetivos del servicio, los cuales generan departamentos o subdivisiones de actividades funcionales necesarias para cumplir las metas. Una de las ventajas de la estructura organizacional departamental es que cada departamento es libre de adaptarse a su propio ambiente, propiciando la flexibilidad al cambio.

La máxima autoridad recae en la dirección, donde se centra la toma de decisiones, la comunicación se da con los distintos jefes de las áreas y con el grupo administrativo el cual está integrado por la secretaría; cuya función es organizar, dar seguimiento y controlar el trámite documentario así como coordinar las atenciones, reuniones y preparar la agenda con la documentación respectiva; la tesorería, gestiona el manejo y cumplimiento de los recursos monetarios, y bodega e inventarios, que organiza y registra las salidas y entradas de los materiales y equipos.

El Laboratorio de Extractos Vegetales (LIEXVE) forma parte del Centro de Investigaciones de Ingeniería, este surgió con la unificación de los laboratorios de materiales de construcción de la Facultad de Ingeniería y de la Dirección General de Obras Públicas, y así fueron agregándose secciones para quedar actualmente con 16 secciones.

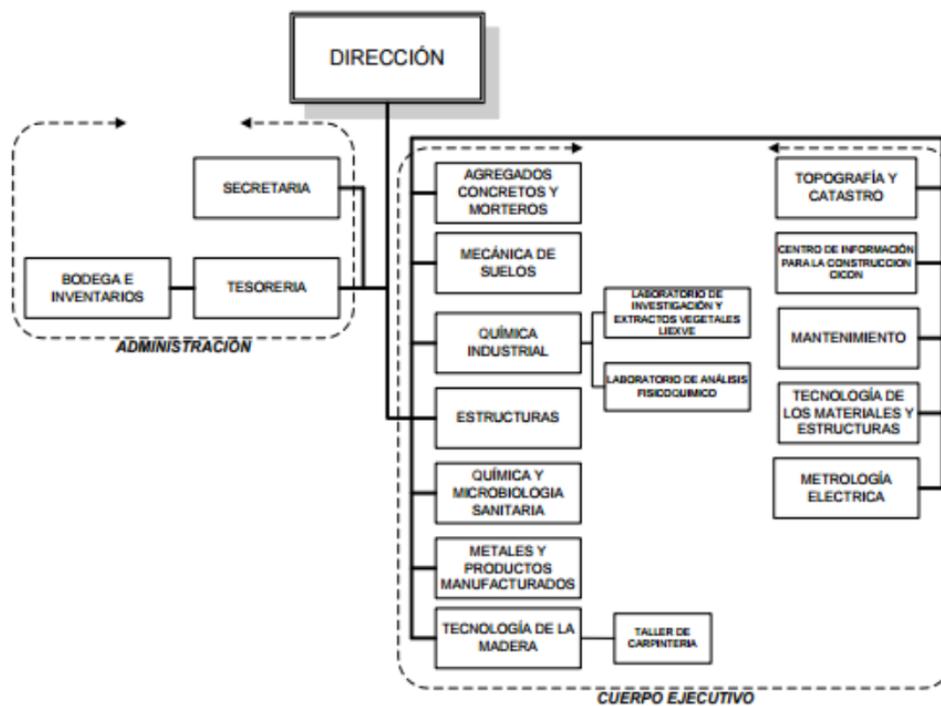
El LIEXVE posee una estructura organizacional funcional, el cual se basa en dividir el trabajo y establecer la función de cada uno.

Está integrado por el jefe del laboratorio que es el encargado y supervisor de la planta piloto y LIEXVE el cual coordina y ejecuta el manejo y administración así como coordina proyectos de investigación. El investigador I lleva a cabo las actividades de docencia e investigación y atención al público que solicita los

servicios. El investigador II coordina los servicios que presta el laboratorio. Los auxiliares de investigación, tesistas, practicantes y epesistas son los encargados de realizar la parte experimental de los proyectos de investigación en ejecución.

La figura 1 presenta el organigrama del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 1. Organigrama del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII)



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Sección de la calidad.

Manual de la calidad. p 15.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. DISEÑO DE LA LÍNEA COMERCIAL DE ACEITE ESENCIAL DE MANDARINA DANCY (*Citrus reticulata Blanco*) CON BASE EN EL ANÁLISIS DE RENDIMIENTO

2.1. Diagnóstico

Los procesos se consideran como un mecanismo de gestión que se utiliza para generar bienes y servicios dentro de un proceso productivo. Se depende de la coherencia y la articulación de estos procesos para que se logre la eficiencia y la eficacia de la productividad de una organización. Para esto, es importante que se manejen herramientas de diagnóstico y evaluación de procesos, las cuales permiten analizar las situaciones actuales en las cuales se encuentran.

Estas herramientas son aplicables a los procesos que realizan las organizaciones sin importar si son de manufactura, de servicios o administrativos, lo que se debe hacer es adaptar las técnicas a las necesidades específicas de cada organización o institución.

2.1.1. Análisis FODA

Es un proceso de análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, Análisis FODA, se consideran los factores económicos, políticos, sociales y culturales que representan las influencias del ámbito externo e interno al Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, que inciden sobre su quehacer interno, ya que potencialmente pueden favorecer o poner en riesgo el cumplimiento de la Misión institucional. La previsión de esas oportunidades y

amenazas posibilita la construcción de escenarios anticipados que permitan reorientar el rumbo del Laboratorio en mención.

Para efectos del análisis, se mencionan los siguientes hallazgos:

- El LIEXVE tiene una planta piloto con la cual se pueden proyectar todos los datos, de las corridas efectuadas, para estimar con mayor seguridad los cálculos a mayor escala.
- La planta piloto posee una adecuada distribución la cual tiene la versatilidad suficiente para elaborar las investigaciones con distintos tipos de material.
- Dentro del laboratorio existen varios proyectos de investigación finalizados, los cuales sirven como una guía para las investigaciones futuras.
- La planta piloto tiene varias unidades de extracción las cuales se pueden adecuar a las características de la investigación y sus fines a si como del método mas efectivo para la misma dependiente de la naturaleza del extracto.
- El laboratorio tiene contrataciones de auxiliares, durante todo el año como soporte para la realización de las investigaciones, y por su misma implicación acepta practicantes de la facultad de ingeniería quienes como parte de la misma ayudan a la realización de los distintos eventos.
- El LIEXVE no cuenta con una bodega en la cual se puedan almacenar las muestras que tengan poca vida de anaquel.
- Tiene ciertas carencias de equipo para trabajos específicos de las extracciones.
- Las regulaciones internas del laboratorio no permiten la instalación de servicios que den como resultado un drenaje óptimo.
- Dentro del laboratorio se deben hacer constantes manejos para mantener erradicadas las plagas.
- Existe cierta falta de interés de la iniciativa privada sobre los proyectos de investigación

- No existe ningún programa que incentive por medio de la Universidad y el Centro de Investigaciones de Ingeniería, a la investigación, en los ámbitos de su accesibilidad e importancia.
- Para efectos de los trámites, todo está sujeto a la política y leyes universitarias conjuntamente con las leyes estatales que las rigen, para cualquier trámite que se incurra.
- Las investigaciones están sujetas a la temporalidad que existe de conformidad al tejido que se pueda evaluar para su extracto ya que por las condiciones climáticas y geográficas existe disponibilidad de los mismos en algunas épocas del año o puede cambiar sus características de conformidad a la estación.
- De las plantas piloto existentes es la única en el país que puede realizar estos estudios a dicha escala.
- El laboratorio puede tener cierto cruce de información con empresas privadas que se dedican al comercio de los extractos.
- La generación de proyectos de investigación y la aprobación de los mismos puede aportar con empleo para investigadores.

A continuación en las Tablas I y II se muestra la matriz FODA así como su maximización y minimización.

Tabla I. **Matriz FODA del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales**

Fortalezas	Debilidades
<p>Óptima instalación de planta para proyectar los datos a mayor escala. Adecuada distribución, material y equipo con el cual se puede contar para realizar las investigaciones necesarias.</p> <p>Cuenta con un registro de más de 35 proyectos de investigación finalizados. Disponibilidad de mano de obra. Simpleza de los equipos los cuales permiten evaluar varias materias primas (versatilidad).</p>	<p>Falta de mobiliario y equipo para estudios específicos.</p> <p>Problemas en la instalación sobre todo en el área de drenajes.</p> <p>Falta de una bodega para el almacenamiento de muestras de poca vida de anaquel.</p> <p>Vulnerabilidad a plagas.</p>
Oportunidades	Amenazas
<p>Laboratorio único de extractos vegetales a escala planta piloto al alcance.</p> <p>Cruce de información tecnológica a empresas dedicadas al comercio de extractos vegetales.</p> <p>Oportunidades de empleo producto de la implementación de los proyectos que están bajo estudio en dicho laboratorio.</p>	<p>Falta de interés de la iniciativa privada en los proyectos de investigación.</p> <p>Al ser una entidad estatal es afectada por la burocracia y su política.</p> <p>Falta de información de los accesos a la investigación que ofrecen.</p> <p>Temporalidad de las materias primas sujetas de evaluación.</p>

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **FODA (Minimización – maximización) del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales**

Fortalezas-oportunidades (maximizar-maximizar)	Debilidades-oportunidades (minimizar-maximizar)
-----------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------

continuación de tabla II.

<p>Facilitar investigaciones. Capacitaciones periódicas al personal. Maximizar los recursos. Crear convenios institucionales donde se pueda ejercer la aplicación de las investigaciones. Exponer las investigaciones ante la FIUSAC.</p>	<p>Diligenciar por medio de la USAC posibles capacitaciones. Gestionar equipo faltante. Tramitar efectivamente el mantenimiento requerido.</p>
Fortalezas-amenazas (maximizar-minimizar)	Debilidades-amenazas (minimizar-minimizar)
<p>Aprovechar los recursos internos con el objeto de la promoción de las investigaciones para fines de su financiamiento. Establecer un lazo científico y tecnológico con instituciones interesadas.</p>	<p>Diligenciar por medio de la USAC posibles capacitaciones. Gestionar equipo faltante. Tramitar efectivamente el mantenimiento requerido.</p>

Fuente: elaboración propia.

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto en las matrices FODA, se han considerado proponer ciertas estrategias para lograr el cometido de las mismas, entre las cuales destacan:

- Ampliar el conocimiento del personal de ejecución de LIEXVE con el objeto de mejorar, a través de las gestiones que puedan otorgarle a dicho laboratorio instituciones no gubernamentales y entidades estatales, que patrocinen

cursos, capacitaciones o diplomados que sugieran una vinculación con los objetivos de investigación planteados en el mismo laboratorio.

- Establecer una línea de comunicación con agricultores, proveedores, comerciantes, empresas y autoridades estatales que puedan a través de sus servicios ofrecerle de alguna manera al LIEXVE una oportunidad de adquirir económicamente la materia prima, reactivos, equipo u otros para mejorar la disponibilidad de estos.
- Promover el desarrollo de los proyectos investigados en el laboratorio a las comunidades y entidades productoras de la materia prima.
- A través de las investigaciones identificar procesos secundarios que puedan ser aprovechables y que puedan llevar a una mejora económica de un proceso primario.

2.2. Análisis de las muestras de mandarina Dancy (*citrus reticulata* Blanco)

En los cítricos, la cáscara constituye la superficie del pericarpio. Está compuesto por unas cuantas capas de células que se hacen progresivamente más gruesas en la parte interna. La capa epidérmica se cubre con cera y contiene pocos estomas, entre estos tejidos destacan el flavedo y el albedo, que son los componentes de la epidermis, principalmente, el flavedo ya que en el se encuentran las glándulas oleicas que contienen el aceite. (Ver figura 2)

Figura 2. **Partes del epicarpio de los cítricos.**



Fuente: *Floricultura. Aceite Esencial de Naranja Dulce.*
<http://floricultura34.blogspot.com/2013/02/aceite-esencial-de-naranja-dulce.html> Consulta:
agosto de 2018.

Es importante el análisis de la variación ya que este es el factor que determina los rendimientos obtenidos durante las extracciones, los análisis de los tejidos darán una idea de la cantidad de masa que representa cada una de sus partes, así como la diferencia entre los tejidos del epicarpio, para lo cual es imprescindible saber su relación con la magnitud de la masa del fruto así como sus efectos luego de un proceso primario.

La metodología que se estableció para el análisis de las muestras de mandarina, se determinó utilizando seis muestreos diferentes, cada uno con un tamaño muestral de veinte unidades, cada mandarina es tarada antes y después de retirar el epicarpio del mismo fruto. Para realizar la diferenciación másica que existe, de igual manera se procederá para la evaluación de cualquier tejido de las muestras. Dichos datos son analizados para verificar si el tamaño muestral está dentro de los límites de la tolerancia con base a la desviación estándar de los mismos, para cada muestreo, posteriormente evaluar mediante un ANOVA la diferenciación entre cada muestreo de cada análisis. En otras palabras, se

escogerán al azar veinte mandarinas por cada evento muestral, estas serán peladas, o raspadas para desprender el tejido que se quiera evaluar, cada magnitud másica de los tejidos será anotada y clasificada a cada muestreo, el cual posee veinte datos, cada uno provenientes de una mandarina. Para determinar si el tamaño muestral, es correcto se aplica la fórmula del tamaño muestral de conformidad a la desviación estándar de los mismos datos, teniendo un tamaño confiable. La media del muestreo evaluado debe ser comparado y, para ello, se elaboraran cinco muestreos adicionales con la misma metodología para realizar un análisis de varianza entre las medias de cada muestreo efectuado.

2.2.1. Variabilidad entre cáscara y el resto del fruto

Para analizar la variabilidad que existe entre los tejidos del epicarpio (cáscara) con el resto del fruto, se tomaron seis muestreos de veinte mandarinas que fueron sujetas de evaluación durante todo el periodo de ejecución de esta fase. Para determinar si el tamaño de estas en los lotes preparados para las extracciones posteriores pudieran tener una diferenciación significativa. Luego de cada muestreo de veinte unidades se separó la cascara de la pulpa y se tararon ambos tejidos, así como su relación porcentual.

Como lo expresa la Tabla III donde se tomó cada mandarina y se le separó el epicarpio del resto del fruto tarado en gramos (C) para la masa de la cáscara y (P) para la masa de la pulpa, para las veinte mandarinas de los seis muestreos.

Tabla III. **Masa de la cáscara (C) y la pulpa (P) del fruto de seis muestreos diferentes de mandarina Dancy (*Citrus reticulata Blanco*)**

No	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3		Muestreo 4		Muestreo 5		Muestreo 6	
	P (g)	C (g)										
1	264	44	174	32	299	45	147	28	160	25	104	20
2	205	33	164	33	207	36	173	29	146	31	107	18
3	226	34	163	28	194	30	152	32	132	25	110	15
4	171	34	222	38	267	44	130	24	127	23	124	33
5	179	36	184	36	207	39	136	25	138	23	184	28
6	164	32	188	34	260	42	113	20	122	20	106	19
7	162	36	151	26	170	25	155	29	151	28	137	27
8	207	30	216	35	176	30	117	22	153	25	129	30
9	139	36	168	32	183	36	107	15	151	26	137	24
10	181	29	179	33	144	24	155	29	140	18	124	26
11	224	35	179	33	124	20	114	22	131	19	178	36
12	198	35	138	25	271	45	152	26	130	24	122	23
13	153	30	247	38	271	45	139	24	108	18	134	28
14	184	36	233	34	266	43	119	23	131	23	128	26
15	213	35	273	30	252	39	144	24	120	17	119	20
16	211	31	269	42	165	28	167	27	121	26	209	36
17	263	42	329	64	217	35	182	24	119	21	177	38
18	184	33	146	26	283	47	140	27	122	22	137	32
19	169	30	168	30	170	83	149	25	131	21	167	29
20	184	34	272	40	174	34	157	26	100	17	130	21
Σ	3881	685	4063	689	4300	770	2848	501	2633	452	2763	529
X	194,05	34,25	203,15	34,45	215,00	38,50	142,40	25,05	131,65	22,60	138,15	26,45

Fuente: elaboración propia.

Luego de obtener los resultados de la diferenciación de los tejidos se analiza su relación porcentual de conformidad a su masa total, ya que esto elimina la variable del tamaño del fruto y expresaría únicamente la cantidad de cáscara porcentual con respecto del fruto (ver Tabla IV).

Tabla IV. **Relación porcentual de la cáscara con la masa total del fruto de seis muestreos de mandarina Dancy (*Citrus reticulata* Blanco)**

No	M1	M2	M3	M4	M5	M6
1	0,1429	0,1553	0,1308	0,1600	0,1351	0,1613
2	0,1387	0,1675	0,1481	0,1436	0,1751	0,1440
3	0,1308	0,1466	0,1339	0,1739	0,1592	0,1200
4	0,1659	0,1462	0,1415	0,1558	0,1533	0,2102
5	0,1674	0,1636	0,1585	0,1553	0,1429	0,1321
6	0,1633	0,1532	0,1391	0,1504	0,1408	0,1520
7	0,1818	0,1469	0,1282	0,1576	0,1564	0,1646
8	0,1266	0,1394	0,1456	0,1583	0,1404	0,1887
9	0,2057	0,1600	0,1644	0,1230	0,1469	0,1491
10	0,1381	0,1557	0,1429	0,1576	0,1139	0,1733
11	0,1351	0,1557	0,1389	0,1618	0,1267	0,1682
12	0,1502	0,1534	0,1424	0,1461	0,1558	0,1586
13	0,1639	0,1333	0,1424	0,1472	0,1429	0,1728
14	0,1636	0,1273	0,1392	0,1620	0,1494	0,1688
15	0,1411	0,0990	0,1340	0,1429	0,1241	0,1439
16	0,1281	0,1350	0,1451	0,1392	0,1769	0,1469
17	0,1377	0,1628	0,1389	0,1165	0,1500	0,1767
18	0,1521	0,1512	0,1424	0,1617	0,1528	0,1893
19	0,1508	0,1515	0,3281	0,1437	0,1382	0,1480
20	0,1560	0,1282	0,1635	0,1421	0,1453	0,1391
X	0,1520	0,1466	0,1524	0,1499	0,1463	0,1604

Fuente: elaboración propia.

Donde M es muestreo

Luego de haber tabulado la masa de la cáscara y la pulpa se verificó si el tamaño muestral estaba dentro de los límites de la confiabilidad, con relación a la cantidad porcentual de cáscara por fruto, ya que se busca la relación entre ambos tejidos y no la diferenciación entre los tamaños de mandarina, todo esto mediante el análisis estadístico, para lo cual se utilizó la fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * \sigma^2}{e^2}$$

Donde n es el tamaño de la muestra, Z es el valor de la tabla de valores de la probabilidad acumulada para la distribución normal estándar, que para este caso es de 1,96 ya que se trabaja con un 95 % de confiabilidad, lo que conduce a deducir que el error es del 5 %.

Tabla V. **Tamaño mínimo de los muestreos para la evaluación de la variabilidad entre cáscara y pulpa de mandarina Dancy (*Citrus reticulata blanco*)**

Muestreo	e	Z	σ	n
1	0,0500	1,9600	0,0197	0,5952
2	0,0500	1,9600	0,0160	0,3947
3	0,0500	1,9600	0,0424	2,7689
4	0,0500	1,9600	0,0136	0,2851
5	0,0500	1,9600	0,0153	0,3598
6	0,0500	1,9600	0,0216	0,7138

Fuente: elaboración propia.

Dado que ninguno de los tamaños muestrales superó las veinte muestras, todos los muestreos se pueden interpretar con un 0,95 de confiabilidad, tomando en cuenta todo lo anteriormente expuesto se elaboró un análisis de varianza de las medias de los promedios porcentuales para determinar si existe una diferencia significativa.

Tabla VI. **ANOVA de los promedios porcentuales de la relación entre cáscara y pulpa de mandarina Dancy (*Citrus reticulata* Blanco)**

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Muestreo 1	20	3,03969709	0,151984855	0,00039
Muestreo 2	20	2,931887825	0,146594391	0,00026
Muestreo 3	20	3,047849948	0,152392497	0,00180
Muestreo 4	20	2,998430373	0,149921519	0,00019
Muestreo 5	20	2,926150091	0,146307505	0,00023
Muestreo 6	20	3,207736586	0,160386829	0,00046
ANÁLISIS DE VARIANZA				
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	
Entre grupos	0,00266387	5	0,000532774	
Dentro de los grupos	0,063277529	114	0,000555066	
Total	0,065941399	119		
<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>		
0,95984	0,44558	2,293911158		

Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla anterior la probabilidad del análisis de varianza es superior al error por lo cual se adopta la hipótesis donde no hay ninguna diferencia significativa entre las medias evaluadas, lo que lleva a concluir que la determinación de la cantidad de la cáscara de una mandarina Dancy es directamente proporcional a su peso independientemente del tamaño de la misma.

2.2.2. Variabilidad de la masa del tejido luego de un proceso primario

Luego de un proceso primario, la muestra no pasa directamente a la extracción, sino tiene un proceso primario el cual puede ser la extracción del fruto, ya que este necesita una cantidad de aceite esencial. Se hicieron seis muestreos con veinte muestras cada uno en la cual se sometió a presión el tejido simulando la extrusión en el proceso de extracción de jugo, posteriormente, las muestras fueron limpiadas de los excedentes que se desprendieron por la presión y fueron taradas nuevamente.

Tabla VII. **Variación del tejido Masa inicial para luego de ser extrusado Masa final, como parte de un proceso primario**

No.	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3		Muestreo 4		Muestreo 5		Muestreo 6	
	M _o (g)	M _r (g)										
1	10,05	10,02	10,04	10,00	9,99	9,96	10,06	10,03	10,05	10,02	9,93	9,90
2	10,02	9,99	10,01	9,98	10,06	10,03	10,02	9,98	10,01	9,98	10,08	10,05
3	10,13	10,09	10,07	10,03	10,06	10,03	10,08	10,04	10,05	10,02	9,97	9,94
4	9,98	9,94	10,03	9,99	10,09	10,06	10,10	10,07	10,02	9,99	9,99	9,96
5	10,04	10,01	10,03	10,00	10,03	10,00	10,05	10,02	9,97	9,94	9,92	9,89
6	10,07	10,04	9,98	9,95	10,02	9,99	10,01	9,98	9,99	9,96	9,91	9,88
7	9,89	9,86	10,04	10,00	10,11	10,07	10,05	10,01	9,94	9,91	9,98	9,95
8	10,07	10,03	10,12	10,08	10,11	10,07	10,10	10,06	9,94	9,90	9,90	9,87
9	10,03	10,00	10,11	10,08	10,04	10,01	10,06	10,02	9,98	9,94	9,97	9,94
10	10,10	10,07	10,10	10,06	10,03	10,00	10,09	10,06	9,88	9,85	9,96	9,92
11	9,99	9,95	10,11	10,08	10,11	10,08	10,05	10,02	10,08	10,05	9,95	9,92
12	10,05	10,02	10,12	10,08	10,10	10,06	10,00	9,97	9,99	9,96	9,96	9,92
13	10,03	10,00	10,02	9,98	10,04	10,01	10,08	10,05	10,12	10,09	10,08	10,05
14	10,07	10,03	10,05	10,02	10,06	10,02	10,03	10,00	10,04	10,01	9,89	9,86
15	9,98	9,95	10,09	10,05	10,01	9,98	10,09	10,06	10,09	10,06	9,98	9,95
16	10,03	10,00	10,04	10,01	10,08	10,04	10,06	10,03	9,90	9,87	9,88	9,85
17	10,10	10,07	10,07	10,04	10,07	10,04	10,08	10,04	9,91	9,87	10,07	10,04
18	9,96	9,93	10,00	9,97	10,01	9,98	10,02	9,99	10,00	9,96	10,07	10,04
19	10,03	10,00	10,07	10,04	10,05	10,02	10,04	10,01	9,93	9,89	9,98	9,95
20	10,12	10,09	10,10	10,07	10,04	10,01	10,04	10,01	9,92	9,90	9,97	9,93
X	10,04	10,00	10,06	10,03	10,05	10,02	10,05	10,02	9,99	9,96	9,97	9,94

Fuente: elaboración propia.

Donde M_0 es masa inicial y M_f masa final

Al haber tabulado el tejido luego de ser extrusado se procede a calcular el porcentaje de pérdida que se obtiene por el proceso antes mencionado, dicho valor es la representación porcentual de la diferencia másica entre la masa inicial y la masa final.

Tabla VIII. **Valores porcentuales de la pérdida de masa del tejido de mandarina Dancy (*Citrus reticulata Blanco*) luego de un proceso primario**

No.	M1	M2	M3	M4	M5	M6
1	0,35 %	0,37 %	0,29 %	0,30 %	0,29 %	0,30 %
2	0,32 %	0,28 %	0,31 %	0,35 %	0,31 %	0,35 %
3	0,37 %	0,32 %	0,29 %	0,35 %	0,29 %	0,34 %
4	0,38 %	0,33 %	0,29 %	0,30 %	0,29 %	0,28 %
5	0,31 %	0,34 %	0,31 %	0,32 %	0,28 %	0,35 %
6	0,34 %	0,28 %	0,35 %	0,35 %	0,31 %	0,32 %
7	0,33 %	0,33 %	0,37 %	0,34 %	0,31 %	0,30 %
8	0,38 %	0,34 %	0,36 %	0,33 %	0,33 %	0,36 %
9	0,29 %	0,32 %	0,31 %	0,34 %	0,36 %	0,35 %
10	0,31 %	0,37 %	0,35 %	0,30 %	0,36 %	0,36 %
11	0,34 %	0,31 %	0,31 %	0,28 %	0,29 %	0,28 %
12	0,32 %	0,36 %	0,32 %	0,33 %	0,28 %	0,32 %
13	0,35 %	0,33 %	0,34 %	0,36 %	0,32 %	0,31 %
14	0,32 %	0,29 %	0,36 %	0,30 %	0,36 %	0,32 %
15	0,29 %	0,36 %	0,31 %	0,29 %	0,30 %	0,31 %
16	0,32 %	0,33 %	0,36 %	0,34 %	0,30 %	0,29 %
17	0,26 %	0,30 %	0,32 %	0,33 %	0,33 %	0,30 %
18	0,28 %	0,32 %	0,29 %	0,33 %	0,37 %	0,32 %
19	0,36 %	0,31 %	0,30 %	0,30 %	0,35 %	0,34 %
20	0,33 %	0,30 %	0,29 %	0,28 %	0,29 %	0,34 %
X	0,33 %	0,32 %	0,32 %	0,32 %	0,32 %	0,32 %

Fuente: elaboración propia.

Donde: (M) es el muestreo realizado

Calculado el porcentaje de la masa de la pérdida por consecuencia de un proceso primario, se verificó si el tamaño muestral para estar dentro de los límites de la confiabilidad, mediante el análisis estadístico, para lo cual se utilizó la fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * \sigma^2}{e^2}$$

Donde n es el tamaño de la muestra, Z es el valor de la tabla de valores de la probabilidad acumulada para la distribución normal estándar que, para este caso, es de 1,96 ya que se trabaja con un 95 % de confiabilidad, lo que nos conduce a deducir que el error es del 5 %.

Tabla IX. **Tamaño muestral mínimo para la evaluación comparativa del tejido de mandarina Dancy (*Citrus reticulata Blanco*) luego de un proceso primario**

Muestreo	e	Z	σ	n
1	0,0500	1,9600	0,0003259	0,00016
2	0,0500	1,9600	0,0002667	0,00011
3	0,0500	1,9600	0,0002739	0,00012
4	0,0500	1,9600	0,0002511	0,00010
5	0,0500	1,9600	0,0003046	0,00014
6	0,0500	1,9600	0,0002587	0,00010

Fuente: elaboración propia.

Dado que ninguno de los tamaños muestrales supero las veinte muestras, todos los muestreos se pueden interpretar con un 0,95 de confiabilidad, tomando en cuenta todo lo anteriormente expuesto se elaboró un análisis de varianza de las medias de los promedios porcentuales con el fin de determinar si existe una diferencia significativa.

Tabla X. **ANOVA de los promedios porcentuales de la relación del epicarpio de mandarina Dancy (*Citrus reticulata* Blanco) luego de un proceso primario**

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Muestreo 1	20	0,0655	0,003275	1.06184E-07
Muestreo 2	20	0,064516671	0,003225834	7.111E-08
Muestreo 3	20	0,063942785	0,003197139	7.50438E-08
Muestreo 4	20	0,063853975	0,003192699	6.30402E-08
Muestreo 5	20	0,063278409	0,00316392	9.27958E-08
Muestreo 6	20	0,064590578	0,003229529	6.69156E-08

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	
Entre grupos	1,46963E-07	5	
Dentro de los grupos	9,0267E-06	114	
Total	9,17367E-06	119	
<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
2,93927E-08	0,371205611	0,867471598	2,293911158
7,91816E-08			

Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla anterior la probabilidad del análisis de varianza es superior al error por lo cual se adopta la hipótesis donde no hay ninguna diferencia significativa entre las medias evaluadas, lo que lleva a concluir que la pérdida de masa del epicarpio de mandarina Dancy producto de un proceso primario no es significativa con la masa inicial de la muestra.

2.2.3. Variabilidad entre flavedo y albedo

La variación entre estos componentes del epicarpio del fruto ayudará a determinar la cantidad de tejido que es sometido a estudio ya que es en el flavedo donde se encuentran las glándulas oleíferas donde se deposita el aceite esencial. Para esto se retiró solo el flavedo y se midió su masa para, posteriormente, hacer lo mismo con el albedo, en seis muestreos de veinte muestras cada uno.

A continuación se presentan las tablas de los muestreos del uno al seis, donde se cuantifica en gramos la masa inicial de la mandarina, su pulpa, el flavedo y el albedo.

Donde las variables las expresiones siguientes, identifican una variable específica.

- M_0 es la masa inicial del fruto
- F es la masa del flavedo
- P es la pulpa del fruto
- A es la masa del albedo

Tabla XI. **Muestreo 1, cantidad de flavedo (F) y albedo (A) de los frutos de mandarina Dancy (*Citrus reticulata* Blanco)**

No	M ₀ (g)	P+A (g)	F (g)	A (g)	P (g)
1	91	77	5	9	68
2	105	96	7	13	83
3	86	80	4	9	71
4	118	112	5	21	91
5	73	69	3	8	61
6	84	78	4	17	61
7	104	98	5	10	88
8	85	80	5	12	68
9	77	73	4	8	65
10	91	87	4	14	73
11	87	76	11	5	71
12	98	86	12	5	81
13	103	90	13	5	85
14	94	80	14	4	76
15	79	67	12	4	63
16	111	97	14	5	92
17	108	93	15	6	87
18	98	86	12	5	81
19	76	66	10	4	63
20	84	72	12	5	67
X	93	83	9	8	75

Fuente: elaboración propia.

Donde:

- M₀ es la masa inicial del fruto, F es la masa del flavedo
- P es la pulpa del fruto y A la masa del albedo

Tabla XII. **Muestreo 2, cantidad de flavedo (F) y albedo (A) de los frutos de mandarina Dancy (*Citrus reticulata Blanco*)**

No	M ₀ (g)	P+A (g)	F (g)	A (g)	P (g)
1	96	84	4	12	80
2	100	86	5	14	81
3	78	69	4	9	65
4	87	76	5	11	71
5	99	86	6	13	80
6	121	106	5	15	101
7	79	69	3	10	66
8	98	84	5	14	79
9	94	82	4	12	78
10	107	93	6	14	87
11	103	88	6	15	82
12	98	84	5	14	79
13	132	113	7	19	106
14	113	97	6	16	90
15	92	78	4	14	74
16	89	76	4	13	72
17	92	79	5	13	74
18	98	86	4	12	82
19	83	73	4	10	69
20	84	74	3	10	70
X	97	84	5	13	79

Fuente: elaboración propia.

Donde:

- M₀ es la masa inicial del fruto, F es la masa del flavedo
- P es la pulpa del fruto y A la masa del albedo

Tabla XIII. **Muestreo 3, cantidad de flavedo (F) y albedo (A) de los frutos de mandarina Dancy (*Citrus reticulata* Blanco)**

No	M ₀ (g)	P+A (g)	F (g)	A (g)	P (g)
1	98	93	5	13	81
2	87	82	5	12	70
3	103	97	6	13	84
4	122	115	7	17	98
5	78	74	4	10	64
6	98	92	6	14	78
7	94	89	5	14	76
8	89	84	5	12	72
9	103	98	5	15	84
10	104	99	5	13	86
11	89	84	5	12	71
12	97	93	4	13	79
13	89	84	5	12	71
14	110	104	6	16	88
15	94	90	4	12	78
16	90	86	4	11	75
17	83	80	3	10	69
18	123	117	6	15	102
19	77	73	4	11	62
20	82	77	5	10	67
X	96	91	5	13	78

Fuente: elaboración propia.

Donde:

- M₀ es la masa inicial del fruto, F es la masa del flavedo
- P es la pulpa del fruto y A la masa del albedo

Tabla XIV. **Muestreo 4, cantidad de flavedo (F) y albedo (A) de los frutos de mandarina Dancy (*Citrus reticulata Blanco*)**

No	M ₀ (g)	P+A (g)	F (g)	A (g)	P (g)
1	121	115	6	16	99
2	88	83	5	11	73
3	98	93	5	13	80
4	77	73	4	10	63
5	83	79	4	10	68
6	109	103	6	14	89
7	92	87	5	14	73
8	78	74	4	11	63
9	95	91	4	12	78
10	93	88	5	12	76
11	90	85	5	13	73
12	84	79	5	11	68
13	120	115	5	16	99
14	104	100	4	13	86
15	120	115	5	16	99
16	84	80	4	10	70
17	90	86	4	11	75
18	74	70	4	9	61
19	90	86	4	11	75
20	95	91	4	13	78
X	94	90	5	12	77

Fuente: elaboración propia.

Donde:

- M₀ es la masa inicial del fruto, F es la masa del flavedo
- P es la pulpa del fruto y A la masa del albedo

Tabla XV. **Muestreo 5, cantidad de flavedo (F) y albedo (A) de los frutos de mandarina Dancy (*Citrus reticulata* Blanco)**

No	M ₀ (g)	P+A (g)	F (g)	A (g)	P (g)
1	102	98	4	13	84
2	91	87	4	13	74
3	87	82	5	12	70
4	93	88	5	13	75
5	97	93	4	12	81
6	94	90	4	14	76
7	89	85	4	11	74
8	85	81	4	11	70
9	82	78	4	11	67
10	77	73	4	11	62
11	102	97	5	14	84
12	95	91	4	12	80
13	82	78	4	10	68
14	97	92	5	12	81
15	85	80	5	10	70
16	98	92	6	14	78
17	79	75	4	10	65
18	131	125	6	17	108
19	102	96	6	14	82
20	98	92	6	12	80
X	93	89	5	12	76

Fuente: elaboración propia.

Donde:

- M₀ es la masa inicial del fruto, F es la masa del flavedo
- P es la pulpa del fruto y A la masa del albedo

Tabla XVI. **Muestreo 6, cantidad de flavedo (F) y albedo (A) de los frutos de mandarina Dancy (*Citrus reticulata* Blanco)**

No	M ₀ (g)	P+A (g)	F (g)	A (g)	P (g)
1	88	84	4	13	71
2	98	93	5	13	80
3	92	87	5	13	75
4	87	82	5	13	70
5	96	91	5	13	78
6	102	97	5	14	83
7	123	117	6	16	102
8	76	72	4	11	61
9	93	88	5	13	74
10	85	81	4	12	69
11	87	83	4	11	72
12	94	89	5	14	75
13	90	85	5	11	74
14	69	66	3	9	57
15	92	87	5	13	74
16	102	97	5	12	84
17	114	108	6	14	94
18	132	126	6	18	108
19	90	86	4	11	75
20	78	74	4	10	65
X	94	90	5	13	77

Fuente: elaboración propia.

Donde:

- M₀ es la masa inicial del fruto, F es la masa del flavedo
- P es la pulpa del fruto y A la masa del albedo

Luego de obtener las tabulaciones de los muestreos se realiza la relación porcentual de estas dos partes del epicarpio con respecto de la masa total del fruto, es decir que porcentaje representa el flavedo y el albedo respectivamente de la masa total.

Tabla XVII. Relación porcentual del albedo (A) y el flavedo (F) con respecto de la masa total del fruto de mandarina Dancy (*Citrus reticulata* Blanco)

No	M1		M2		M3		M4		M5		M6	
	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F	A	F
1	0,099	0,055	0,126	0,045	0,132	0,046	0,136	0,047	0,132	0,042	0,144	0,047
2	0,124	0,067	0,137	0,050	0,137	0,057	0,120	0,056	0,146	0,046	0,132	0,054
3	0,105	0,047	0,120	0,046	0,125	0,057	0,136	0,047	0,142	0,057	0,136	0,052
4	0,178	0,042	0,130	0,057	0,140	0,054	0,128	0,054	0,142	0,051	0,144	0,057
5	0,110	0,041	0,128	0,059	0,125	0,053	0,126	0,054	0,124	0,039	0,135	0,050
6	0,202	0,048	0,122	0,040	0,144	0,058	0,128	0,053	0,148	0,040	0,133	0,051
7	0,096	0,048	0,126	0,042	0,147	0,048	0,147	0,057	0,122	0,045	0,128	0,046
8	0,141	0,059	0,145	0,049	0,133	0,056	0,136	0,052	0,129	0,043	0,147	0,048
9	0,104	0,052	0,125	0,040	0,144	0,045	0,130	0,044	0,138	0,049	0,144	0,057
10	0,154	0,044	0,130	0,057	0,124	0,050	0,131	0,051	0,138	0,057	0,145	0,043
11	0,124	0,056	0,148	0,057	0,139	0,058	0,141	0,053	0,136	0,045	0,121	0,049
12	0,126	0,046	0,142	0,056	0,139	0,043	0,134	0,054	0,122	0,039	0,144	0,057
13	0,129	0,050	0,143	0,051	0,140	0,059	0,134	0,042	0,128	0,045	0,122	0,057
14	0,145	0,042	0,146	0,057	0,141	0,059	0,128	0,041	0,123	0,047	0,126	0,046
15	0,148	0,056	0,148	0,045	0,128	0,046	0,135	0,043	0,123	0,057	0,138	0,057
16	0,127	0,043	0,143	0,049	0,127	0,043	0,124	0,048	0,143	0,058	0,122	0,051
17	0,143	0,056	0,136	0,055	0,124	0,039	0,127	0,039	0,126	0,047	0,124	0,050
18	0,121	0,055	0,127	0,039	0,122	0,051	0,122	0,056	0,130	0,047	0,139	0,043
19	0,126	0,049	0,120	0,050	0,141	0,056	0,121	0,049	0,138	0,057	0,120	0,046
20	0,146	0,055	0,122	0,040	0,122	0,058	0,135	0,044	0,123	0,059	0,126	0,046
X	0,132	0,051	0,133	0,049	0,134	0,052	0,131	0,049	0,133	0,049	0,134	0,050

Fuente: elaboración propia.

Donde M es el muestreo realizado

Para verificar que los tamaños muestrales estén dentro de los límites que la confiabilidad permite se realizó la prueba del tamaño muestral para conocer el tamaño mínimo del muestreo, para lo cual se utilizó la fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * \sigma^2}{e^2}$$

Donde n es el tamaño de la muestra, Z es el valor de la tabla de valores de la probabilidad acumulada para la distribución normal estándar que, para este caso, es de 1,96 ya que se trabaja con un 0,95 de confiabilidad, lo que conduce a deducir que el error es del 0,05 ya que hay dos variables la desviación estándar que se utilizará será la más grande entre las dos variables que están sujetas a estudio, para esta ocasión se usará la desviación estándar del albedo.

Tabla XVIII. **Tamaño muestral mínimo para la evaluación entre el albedo y el flavado de mandarina Dancy (*Citrus reticulata* Blanco)**

Muestreo	e	Z	σ	n
1	0,0500	1,9600	0,0263	1,0632
2	0,0500	1,9600	0,0100	0,1528
3	0,0500	1,9600	0,0084	0,1081
4	0,0500	1,9600	0,0069	0,0729
5	0,0500	1,9600	0,0088	0,1181
6	0,0500	1,9600	0,0093	0,1337

Fuente: elaboración propia.

Ahora que el tamaño de los muestreos se constituye dentro de los parámetros de la confiabilidad establecida, se analiza la variación del contenido porcentual de albedo y flavado respectivamente, para determinar si existe una variabilidad entre las medias de los muestreos efectuados.

Tabla XIX. **ANOVA de las medidas de los porcentajes del albedo presente en el epicarpio de mandarina Dancy (*Citrus reticulata* Blanco)**

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Muestreo 1	20	2,6473705	0,1323685	0,0006919
Muestreo 2	20	2,6640000	0,1332000	0,0000994
Muestreo 3	20	2,6740000	0,1337000	0,0000703

Continuación Tabla XIX.

Muestreo 4	20	2,6190000	0,1309500	0,0000474
Muestreo 5	20	2,6530000	0,1326500	0,0000769
Muestreo 6	20	2,6700000	0,1335000	0,0000870

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados
Entre grupos	0,000101203	5	2,02406E-05
Dentro de los grupos	0,020385614	114	0,000178821
Total	0,020486817	119	

F	Probabilidad	Valor crítico para F
0,11318892	0,989252251	2,293911158

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **ANOVA de las medias de los porcentajes del flavedo presente en el epicarpio de mandarina Dancy (*Citrus reticulata* Blanco)**

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Muestreo 1	20	1,010016	0,050501	0,000045

Continuación tabla XX.

Muestreo 2	20	0,984000	0,049200	0,000046
Muestreo 3	20	1,036000	0,051800	0,000040
Muestreo 4	20	0,984000	0,049200	0,000031
Muestreo 5	20	0,970000	0,048500	0,000046
Muestreo 6	20	1,007000	0,050350	0,000023

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>
Entre grupos	0,000142193	5	2,84386E-05
Dentro de los grupos	0,004407537	114	3,86626E-05
Total	0,00454973	119	

<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
0,735558802	0,598286043	2,293911158

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **ANOVA de las medidas de los porcentajes del albedo y el flavado presente en el epicarpio de mandarina Dancy (*Citrus reticulata* Blanco)**

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
M1 albedo	20	2,647370	0,132369	0,000691880
M1 flavado	20	1,010016	0,050501	0,000045389
M2 albedo	20	2,664000	0,133200	0,000099432
M2 flavado	20	0,984000	0,049200	0,000046274
M3 albedo	20	2,674000	0,133700	0,000070326
M3 flavado	20	1,036000	0,051800	0,000040274

Continuación de tabla XXI.

M4 albedo	20	2,619000	0,130950	0,000047418
M4 flavedo	20	0,984000	0,049200	0,000031011
M5 albedo	20	2,653000	0,132650	0,000076871
M5 flavedo	20	0,970000	0,048500	0,000045842
M6 albedo	20	2,670000	0,133500	0,000087000
M6 flavedo	20	1,007000	0,050350	0,000023187

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>
Entre grupos	0,411623169	11	0,037420288
Dentro de los grupos	0,02479315	228	0,000108742
Total	0,436416319	239	

<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
344,1202744	2,9889E-135	1,830818012

Fuente: elaboración propia.

En los análisis de varianza realizados sobre las medias del albedo y el flavedo, respectivamente, se puede apreciar que la probabilidad está por encima del error lo que indica que no hay una diferencia significativa entre las muestras, por lo tanto, se puede interpretar como que la cantidad de flavedo y albedo proveniente de los muestreos de mandarina Dancy no sufren ninguna variación porcentualmente, hablando de conformidad a la masa inicial del fruto, es decir que la cantidad de flavedo y albedo presente en el epicarpio del fruto no varía de conformidad a la magnitud de la masa del mismo. Por otro lado, la relación entre la composición que estos ocupan dentro del epicarpio si tiene una diferencia significativa muy amplia ya que el flavedo tiene medias según los muestres que oscilan entre 0,049 y 0,052 es decir que, aproximadamente, el flavedo ocupa el 0.05 de la masa de un fruto mientras que el albedo tuvo medias que oscilaron entre 0,122 a 0,146 lo cual indica que el albedo ocupa entre 12 y 15 por ciento

del peso total del fruto. Tomando en cuenta lo anterior, la diferencia significativa es más obvia ya que el flavedo es aproximadamente un tercio de la masa del albedo es decir ocupa alrededor del 0,25 de la masa del epicarpio.

2.2.4. Cantidad de tejido sometido a estudio

La cantidad sometida a estudio es realmente el tejido que contiene las glándulas oleicas en las cuales tiene depositado el aceite esencial de mandarina Dancy. De acuerdo con las variaciones que existen entre los tejidos evaluados se puede hacer constar que la cantidad de aceite esencial del epicarpio del fruto proviene del flavedo según la anatomía de los cítricos por lo cual este representa alrededor del cinco por ciento de la magnitud total de la masa del fruto. Al no tener variación de conformidad a su tamaño se puede afirmar que el porcentaje de flavedo de los muestreos es constante al igual que el del albedo y por consiguiente el del epicarpio en general.

Se debe tomar en cuenta lo anterior cuando se analice el rendimiento ya que este proviene de la relación másica porcentual del aceite obtenido con relación a la magnitud de la masa de la muestra. Los compuestos del aceite esencial son volátiles y se oxidan con facilidad, por lo que no es recomendable separar el epicarpio en flavedo y albedo ya que dicha separación mecánica podría tener efectos sobre el rendimiento afectándolo de manera negativa.

2.3. Extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (*Citrus reticulata* Blanco)

La extracción de aceite esencial consiste en sustraer por algún método los compuestos terpénicos que están encapsulados dentro de las glándulas oleíferas en el pericarpio del fruto. Dichos procesos pueden utilizar presión, arrastre por

vapor directo entre otros, sin embargo estos dos últimos son los más utilizados por su bajo costo lo cual hace eficiente el proceso.

2.3.1. Proceso de extracción arrastre por vapor directo

Utiliza vapor saturado o sobrecalentado, generado fuera del equipo principal, ya sea por una caldera, una olla de presión o un matraz adecuado, esta técnica recibe el nombre de “destilación por arrastre con vapor”.

También se llama “método directo”, en el que el material está en contacto íntimo con el agua generador del vapor. En este caso, se ponen en el mismo recipiente el agua y el material a extraer, se calientan a ebullición y el aceite extraído es arrastrado junto con el vapor de agua hacia un condensador, que enfría la mezcla, la cual es separada posteriormente para obtener el producto deseado. Este método es usado de preferencia cuando el material a extraer es líquido o cuando se utiliza de forma esporádica.⁴

En el LIEXVE la planta piloto posee una caldera que genera vapor a toda la planta el cual pasa por la unidad de extracción conformada por una marmita donde entra vapor por abajo y sale por arriba. En ese recorrido pasa por toda la materia prima, la cual es depositada dentro de ella. Por efecto de la presión el mismo vapor va subiendo e introduciéndose dentro del tejido vegetal, a su vez esta operación arrastra el aceite el cual llega al condensador donde cambia de fase juntamente con el agua que funciona como vehículo, para posteriormente ser depositado en el vaso florentino.

⁴ Brewster, R. Q. *Destilación por arrastre con vapor*. <http://organica1.org/1311/1311pdf10.pdf>. Consultado: en agosto del 2018.

Dentro del vaso florentino, que retiene el extracto de aceite esencial junto con el agua producto de la condensación del vapor, se separan por medio de la decantación, este último proceso puede tener alta dificultad cuando el nivel del extracto (aceite esencial) es muy bajo por lo que se recomienda utilizar una trampa de hexano.

La trampa de hexano, consiste en colocar una cantidad de este solvente apolar dentro del vaso florentino con el objeto de capturar el aceite que proviene del condensador. El hexano al tener una polaridad distinta a la del agua igual que su densidad no se mezclan y este queda por encima ya que su densidad es menor a la del agua, el objeto de esta práctica es para los rendimientos muy pequeños, ya que el aceite esencial cumple con la misma polaridad, de igual manera con una densidad más baja que la del agua, por lo que al igual que el hexano crean un sobre nadante dentro del accesorio que facilita la separación del mismo por una posterior decantación. Sin embargo, como se mencionaba con anterioridad, la trampa de solvente tiene la función de capturar el aceite que viene arrastrado por el agua dejando pasar solo el agua la cual se deposita en fondo del vaso por conceptos de gravedad quedando como sobrenadante la mezcla entre aceite y hexano. Posteriormente con un rotoevaporador, se debe de extraer el hexano para quedar únicamente con el aceite esencial. Esto es únicamente cuando las cantidades del extracto son muy difíciles de separar por medio de la decantación.

Para las extracciones realizadas en la planta piloto del LIEXVE se utilizaron tres kilogramos de muestra, es decir, tres kilogramos de cáscara de mandarina Dancy la cual estuvo sometida al proceso durante cuatro horas, posteriormente, se extrajo el solvente con el aceite para rotoevaporarlo y dejar solo el aceite esencial de mandarina Dancy.

2.3.1.1. Resultados obtenidos

Se realizaron tres extracciones en la planta piloto, con una cantidad aproximada de tres kilogramos de cascara de mandarina Dancy, de acuerdo con lo expresado anteriormente, de conformidad con las recomendaciones del equipo y del mismo laboratorio, el tiempo óptimo para extraer aceite esencial es de cuatro horas, ya que después de ese tiempo la cantidad de aceite que se pueda extraer es despreciable.

Tabla XXII. **Cantidad de aceite esencial de mandarina Dancy (*Citrus reticulata Blanco*) por el proceso de vapor directo**

No.	Cantidad de aceite (g)	Cantidad de materia prima (g)	Rendimiento (%)
1	15,4350	3000,0000	0,5145
2	14,5340	3024,0000	0,4806
3	15,3210	3031,0000	0,5055
Media	15,0967	3018,3333	0,5002

Fuente: elaboración propia.

2.3.1.2. Extracción por arrastre de vapor directo de un proceso primario

La extracción por arrastre de vapor directo luego de un proceso primario hace alusión a que el fruto puede provenir de un proceso para su posterior extracción, el proceso más común es la extracción del jugo de los cítricos. Este proceso se hace a través de un extrusado del fruto. Dentro este proceso se ven dañados los tejidos del epicarpio y por la presión a la cual es sometido pierde una cantidad de aceite esencial ya que este es un componente del jugo. Resultado del proceso de extrusión la cantidad o la proporción de pérdidas en dicho proceso es el objeto de esta prueba, así como muestra el análisis de diferenciación másica

expresados en la tabla de valores porcentuales de la pérdida de masa del tejido de mandarina Dancy. Luego de un proceso primario, se analizará por medio de esta extracción definiendo cuanto de la masa perdida en los valores de la tabla antes mencionada, es aceite esencial.

Para las extracciones realizadas en la planta piloto del LIEXVE se utilizaron tres kilogramos de muestra, es decir tres kilogramos de cáscara de mandarina Dancy previamente tratada, la cual estuvo sometida al proceso durante cuatro horas, posteriormente se extrajo el solvente con el aceite para roto evaporar el mismo quedando solo el aceite esencial de mandarina Dancy.

2.3.1.3. Resultados obtenidos

Se realizaron tres extracciones en la planta piloto, con una cantidad aproximada de tres kilogramos de cáscara de mandarina Dancy, que pasó por un proceso primario en este caso la extrusión. El tiempo de la extracción fue de cuatro horas ya que de conformidad a las recomendaciones del equipo y del laboratorio es el tiempo óptimo en el cual se puede extraer aceite esencial ya que después de ese tiempo la cantidad de aceite que se pueda extraer es despreciable.

Tabla XXIII. **Cantidad de aceite esencial de mandarina (*Citrus reticulata* Blanco) por el proceso de vapor directo luego de un proceso primario**

No.	Cantidad de aceite (g)	Cantidad de materia prima (g)	Rendimiento (%)
1	4,5670	3010,0000	0,1517
2	5,0100	3008,0000	0,1666
3	4,8900	3045,0000	0,1606
Media	4,8223	3021,0000	0,1596

Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Extracción por prensado en frío

El prensado en frío es un proceso mecánico que se realiza a baja temperatura donde no se implica ninguna otra operación, más allá de los componentes que se deseen procesar, en este caso la cáscara de mandarina Dancy, y la unidad que generará la presión, esta operación consiste, principalmente, en ejercer una presión en un espacio cerrado en el cual se puedan romper las glándulas oleíferas del epicarpio, y de esa manera hacer la extracción.

Para las extracciones realizadas en el LIEXVE se utilizaron 0,75 kilogramos de muestra, es decir 0,75 kilogramos de cáscara de mandarina Dancy, la cual estuvo sometida al proceso, posteriormente se extrajo el solvente con el aceite para roto evaporar el mismo quedando solo el aceite esencial de mandarina Dancy.

2.3.2.1. Resultados obtenidos

Se realizaron tres extracciones en la planta piloto con una cantidad aproximada de 0,75 kilogramos de cáscara de mandarina Dancy, la cual fue sometida a presión con una prensa hidráulica. Para capturar el aceite esencial, todo el resultado de la muestra fue sumergido en hexano para hacer una extracción líquido y líquido ya que los rendimientos a esa escala son muy pequeños y no se pueden cuantificar por otro método.

Tabla XXIV. **Cantidad de aceite esencial de mandarina Dancy (*Citrus reticulata Blanco*) obtenido por el método de extracción en frío**

No.	Cantidad de aceite (g)	Cantidad de materia prima (g)	Rendimiento (%)
1	1,7400	750,0000	0,2320
2	1,6340	750,0000	0,2179
3	1,5430	750,0000	0,2057
Media	1,6390	750,0000	0,2185

Fuente: elaboración propia.

2.3.2.2. Extracción de prensado en frío luego de un proceso primario

La extracción por prensado en frío luego de un proceso primario hace alusión a que el fruto puede provenir de un proceso para su posterior extracción, el proceso más común es la extracción del jugo de los cítricos. Este proceso se hace a través de un extrusado del fruto, en este proceso se dañan los tejidos del epicarpio y pierde una cantidad de aceite esencial por la presión a la que se le somete, ya que este es un componente del jugo. La cantidad o la proporción de pérdidas en dicho proceso es el objeto de esta prueba, así como muestra el análisis de diferenciación másica expresados en la tabla de valores porcentuales

de la pérdida de masa del tejido de mandarina Dancy. Luego del proceso primario, se analizará por medio de esta extracción definiendo cuanto de la masa perdida en los valores de la tabla antes mencionada, es aceite esencial.

Para las extracciones realizadas en el LIEXVE se utilizaron 0,75 kilogramos de muestra, es decir 0,75 kilogramos de cáscara de mandarina Dancy previamente tratada, la cual estuvo sometida al proceso, posteriormente se extrajo el solvente con el aceite para roto evaporar el mismo quedando solo el aceite esencial de mandarina Dancy.

2.3.2.3. Resultados obtenidos

Se realizaron tres extracciones en la planta piloto, con una cantidad aproximada de 0,75 kilogramos de cáscara de mandarina Dancy, la cual ya había sido extrusada previamente, para extraer la muestra fue sometida a presión con una prensa hidráulica, para capturar el aceite esencial. El resultado de la muestra fue sumergido en hexano y agua para hacer una extracción líquido y líquido ya que los rendimientos a esa escala son muy pequeños y no se pueden cuantificar por otro método.

Tabla XXV. **Cantidad de aceite esencial de mandarina (*Citrus reticulata* Blanco) obtenido por el método de extracción en frío luego de un proceso primario**

No.	Cantidad de aceite (g)	Cantidad de materia prima (g)	Rendimiento (%)
1	0,5230	750,0000	0,0697
2	0,5550	750,0000	0,0740

Continuación tabla XXV.

3	0,5690	750,0000	0,0759
Media	0,5490	750,0000	0,0732

Fuente: elaboración propia.

2.3.2.4. Rendimiento y costos

En el análisis de los rendimientos obtenidos del aceite esencial de mandarina Dancy, se descartan los análisis que proceden de la extracción en frío ya que estos presentan ceras dentro de su contenido. Estos ésteres de cadena larga presentan un problema cuando el aceite esencial entra en contacto con solventes polares ya que por la naturaleza química de la composición de estos ésteres, forman un sobrenadante y no forman parte del aceite esencial como tal, para lo cual solo serán analizados los rendimientos que proceden del proceso de arrastre por vapor.

Tabla XXVI. **Rendimientos obtenidos de las extracciones por arrastre por vapor directo del epicarpio de mandarina Dancy (*Citrus reticulata* Blanco) luego de un proceso primario y sin proceso previo**

No.	Sin proceso previo	Proceso primario
1	0,5145	0,1517
2	0,4806	0,1666
3	0,5055	0,1606

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. ANOVA de los rendimientos de las extracciones por arrastre por vapor directo de aceite esencial de mandarina Dancy (*Citrus reticulata Blanco*) luego de un proceso primario y sin proceso previo

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Sin proceso previo	3	1,501	0,5002	0,000307822
Proceso primario	3	0,479	0,1596	5,56697E-05

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>
Entre grupos	0,173986613	1	0,173986613
Dentro de los grupos	0,000726984	4	0,000181746
Total	0,174713596	5	

<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
957,3070484	6,50175E-06	7,708647422

Fuente: elaboración propia.

Claramente existe una diferencia significativa entre las dos medias. Al ser solo dos medias las que se comparan, la diferencia que se observa en el análisis de varianza es entre ellas por lo que no se aplica otra herramienta estadística, para este caso, el valor de la probabilidad es muy bajo lo que denota la gran amplitud que existe ya que se obtiene aproximadamente un tercio de aceite esencial luego de un proceso primario del que se obtiene de la muestra sin tratamiento previo.

Los costos durante el proceso de obtención del aceite esencial de mandarina Dancy son los siguientes:

Tabla XXVIII. **Costos de los insumos utilizados por extracción de aceite esencial de mandarina Dancy por el método de arrastre por vapor directo en la planta piloto del LIEXVE, CII, FIUSAC**

Insumo	Detalle	Costo unitario (Q)	Cantidad	Costo total (Q)
Diesel	galón	21,20	5,00	106,00
Mandarina	ciento	30,00	1,00	30,00
Agua	m ³	4,82	2,16	10,41
Guantes	caja	80,00	0,08	6,40
Mano de obra	hora	45,00	4,00	180,00
Solventes	galón	195,00	0,10	19,50
TOTAL				Q 352,31

Fuente: elaboración propia.

No se calcularon los costos de energía eléctrica porque en la planta no hay un contador que registre el consumo y las especificaciones de la maquinaria. Tampoco tienen una guía de consumo eléctrico por lo cual no se realizó dicho cálculo. Se establece que para cada lote de extracción por el método de arrastre por vapor directo de cuatro horas de duración, en la planta piloto del LIEXVE se calculan trescientos cincuenta y dos quetzales con treinta y un centavos.

2.4. Comparación de los costos de los procesos de extracción

Dado que los datos provenientes de las extracciones en frío no pueden ser sujetas al análisis por lo expresado en el inciso 2.3.3. Esto reduce la comparación de los resultados de un mismo proceso ya que estos tienen las mismas condiciones y variables. La única diferencia entre ambos sería la muestra de mandarina Dancy, porque no hay ningún cambio dentro de los procedimientos efectuados del proceso de extracción.

Por lo anteriormente expuesto, la única diferencia entre las tres corridas experimentales de los cuatro posibles procesos los cuales están descritos en los incisos 2.3.1.1, 2.3.1.3, 2.3.2.1 y 2.3.2.3 sería el rendimiento obtenido de los procesos de extracción por arrastre con vapor directo, los cuales sus valores promedio fueron 0,5002 % para el proceso de extracción de aceite esencial sin tratamiento previo y 0,1592 % para el proceso de extracción de aceite esencial luego de un proceso primario.

$$\text{Factor entre los rendimientos} = \frac{R1}{R2} = \frac{0,5002}{0,1596} = 3,1419$$

Donde:

- R1 es el rendimiento obtenido del proceso de extracción por arrastre con vapor directo de la muestra sin ningún tratamiento previo
- R2 es el rendimiento obtenido del proceso de extracción por arrastre con vapor directo de la muestra luego de un proceso primario.

El proceso primario reduce las cantidades de aceite en los tejidos del epicarpio y da como resultado que el rendimiento de la extracción sin tratamiento previo supere al otro por más de tres veces su valor, Esto financieramente se traduce como tener que realizar más de tres veces un mismo proceso para igualar los rendimientos de un tejido que aún no ha sido aprovechado.

Esto haría que el costo de cada gramo de aceite esencial extraído tenga una diferencia donde en uno cueste 3,14 quetzales por cada quetzal que cuesta el otro en los mismos términos de producción solo por la variación en la muestra. Aun así la naturaleza del origen de los costos no lograrían cambiar este resultado ya que el porcentaje que ocupa la materia prima dentro del costo de producción es inferior al diez por ciento.

$$\text{porcentaje del costo de materia prima} = \frac{\text{CMP}}{\text{CT}} = \frac{30}{352,31} = 8,5152 \%$$

Donde:

- CMP es el costo de la materia prima
- CT es el costo total

Bajo el supuesto de que el costo de una materia prima que luego de haber sido extrusada tenga costo cero, no logra acercarse como lo demuestra el siguiente cálculo.

$$\text{Costo por gramo de producción} = \frac{\text{CT}}{m1 * R1} = \frac{Q 352,31}{(3000g) * 0,5002 \%} = Q23,24/\text{gramo}$$

Donde:

- CT: costo total, m1: es la masa de la muestra de mandarina Dancy sin tratamiento previo, R1 es el rendimiento obtenido en dicha extracción.

$$\text{Costo por gramo de producción} = \frac{\text{CT} - \text{CMP}}{m2 * R2} = \frac{Q 322,31}{(3000g) * 0,1596 \%} = Q67,48/\text{gramo}$$

Donde:

- CT: costo total, CMP: costo de materia prima, m2: es la masa de la muestra de mandarina Dancy luego de un tratamiento primario, R2 es el rendimiento obtenido en dicha extracción.

$$\text{Relación de costos de ambos procesos} = \frac{67,48}{21,68} = 3,1127$$

Aun tratando los costos de la materia prima de un proceso primario como cero la relación del costo de cada gramo pasa de 3,14 quetzales por cada quetzal a 3,11 quetzales por cada quetzal. Es decir que bajo este supuesto, la diferencia que impactaría sería solamente de tres centavos, que el costo de la materia prima luego de un proceso primario sea cero impacta en un 0,093 en los costos de este proceso.

Para que los procesos puedan tener económicamente y financieramente una diferencia no significativa la materia prima debe ocupar un porcentaje de los costos tal que bajo el supuesto de que este sea cero pueda tener la misma cantidad monetaria por gramo que el otro proceso de extracción, eso se obtiene del siguiente cálculo.

$$\frac{CT}{m1 * R1} = \frac{CT - CMP}{m2 * R2}$$

Dado que m1 y m2 son iguales se eliminan, lo que deja

$$CT * R2 = CT * R1 - CMP * R1$$

$$CT * R1 - CT * R2 = CMP * R1$$

$$CT \left(\frac{R1 - R2}{R1} \right) = CMP$$

Sustituyendo valores

$$Q352,31 \left(\frac{0,005002 - 0,001596}{0,005002} \right) = Q240,18$$

Lo que indica

$$\text{valor porcentual de la materia prima en el CT} = \frac{CMP}{CT} = \frac{240,18}{352,31} = 68,17 \%$$

Por lo que se determina bajo los supuestos que se mencionaban con anterioridad, para que la diferencia entre los procesos no sea significativa el valor de la materia prima debe ocupar el 68,17 % del total de los costos.

2.5. Diseño de la línea de producción de extracción de aceite comercial de mandarina Dancy (*Citrus reticulata Blanco*)

El diseño de la línea de producción toma en cuenta todos aquellos hallazgos experimentales sobre el rendimiento que se obtuvo dentro de la experimentación que se realizó dentro de las instalaciones del LIEXVE, dichos rendimientos fueron la base para iniciar el proceso de diseño.

2.5.1. Bases legales

A continuación se describen las leyes y los registros que se deben realizar para construir procesar y comercializar.

Superintendencia de Administración Tributaria: Lleva a cabo todos los registros de ley para cumplir de conformidad a lo establecido. (Decreto 26-92)

Registro Mercantil: llenar los cinco pasos que indica el registro de inscripción de comerciante individual y empresa mercantil o de sociedad, lo cual es un paso para obtener la patente de comercio que permita la comercialización y los registros del producto terminado.⁵

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social: Decreto 90-97 donde establece las calidades sanitarias de operación y de regulación en las cuales una

⁵ REGISTRO MERCANTIL. *Inscripción de comerciante individual y empresa mercantil individual o de sociedad.* p. 25.

productora está sujeta a dicha ley, obligada a cumplirla a tener la vigencia de la licencia sanitaria.⁶

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación: Reglamento para el Otorgamiento de Licencias Sanitarias para el funcionamiento de establecimientos, transporte, importación, exportación, de alimentos no procesados de origen vegetal, sus productos y subproductos. Acuerdo gubernativo 78-2003 el cual facilita a los sectores vinculados con el comercio y la producción de los alimentos no procesados de origen vegetal, la aplicación de medidas higiénico-sanitarias para minimizar los peligros por contaminantes biológicos, químicos y físicos, esto es importante para el proceso ya que nuestra materia prima reúne las condiciones para estar sometida a esta ley.⁷

COGUANOR: Se toma en cuenta ya que según la Ley del Sistema Nacional de la Calidad Decreto 78-2005 , para la comercialización de productos en Guatemala uno de tener los registros de conformidad a los procedimientos que establece el Ministerio de Economía, así como las evaluaciones realizadas por los Comités Técnicos de Normalización.⁸

Legislación Ambiental de Guatemala: Se toma en cuenta para establecer criterios y requisitos que deben de cumplirse para la descarga y tratamiento de las aguas negras, la deforestación de especies según el área a construir, se deberá de verificar la disposición de lodos a llegar al manto freático, los distintos

⁶ CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA. *Decreto Número 90-97*. p. 12.

⁷ CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA. *Acuerdo Gubernativo No. 72-2003*. Marzo, 2003. p. 2.

⁸ MINISTERIO DE ECONOMÍA, GUATEMALA C.A. *Integración de Comités Técnicos de Normalización*.

materiales que se utilizaran en la construcción y que no afecten el entorno natural para un mejor cuidado de los recursos naturales.

Todos tipo de construcción debe estar apegada a las normativas vigentes de la CONRED.

2.5.2. Proceso productivo

El sector de producción está conformado por las empresas fabricantes de aceites esenciales para exportación, que producen aceites aromáticos, fragancias, aromas naturales, extractos de plantas y especias, extractos de plantas medicinales y de cítricos. El giro del negocio de las empresas es la fabricación de aceites esenciales incluyendo oleorresinas, extractos naturales, sabores para la industria alimenticia, así como productos para aromaterapia y masajes terapéuticos. En Guatemala son muy pocas las empresas dedicadas a este negocio.⁹

En la actualidad hay tres empresas que se dedican a la fabricación y exportación de aceites esenciales. El aceite esencial de naranja se obtiene de la cáscara de naranja, desecho del proceso de producción de jugos, la alta demanda a nivel nacional e internacional y la valorización que presenta el limoneno y cada uno de sus principales subproductos.¹⁰

Según United Nations Statistics Division (UNCOMTRADE), el principal exportador es EE.UU. 18,5 % del mercado mundial, seguido por India 11,1 %, Francia 10,8 %, Brasil 6,6 %, Reino Unido 6 %. En relación a las importaciones

⁹ Hurtado, E., & Villa, A. (2017). Estudio del mercado de aceite esencial de naranja en Colombia en el período de 2009-2014. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. Vol. 10 p. 310.

¹⁰ MINECO, UNIÓN EUROPEA. (2006). Aceites Esenciales. (A. C. GTZ, Ed.) *Ficha Técnica* (17). p. 14.

mundiales, según UN-COMTRADE, para el 2006 acumularon un total de US\$2,149 millones de los cuales el principal importador fue EE.UU., con el 20,5 % de participación mundial, seguido por Francia 10,1 %, Reino Unido 9,1 %, Alemania 6,5 %, Japón 5,9 %. ¹¹

En América Latina y el Caribe los tres principales países exportadores de aceites esenciales son Brasil, México y Argentina. Hay unos productos que establecen la base del comercio, como lo son: “aceite esencial de naranja” representa el 49 % de las importaciones de Europa provenientes de países en desarrollo, otros como el “aceite de limón” representa el 59 %, “aceite lima y limón” 44%, “aceite de geranio” 70 %, “aceite de jazmín” 71 %, “aceite de menta” 45 % y otros aceites esenciales 47 %.¹²

En el caso específico para Guatemala, las exportaciones de “aceites esenciales y resinoides; preparaciones de perfumería, tocador y cosmética” para el 2002 fue de US\$83,4 millones y para finales del 2007 esta cantidad había ascendido en US\$124,3 millones. Esto representa un aumento del 49 % en el lapso de seis años.

Los principales mercados de exportación durante el 2002-2006 de Guatemala fueron: Panamá 33 %, EE.UU., 19 %, Francia 8,6 %, Alemania 3 %, México 7 %. La lista de los principales exportadores de aceite esencial de naranja en los últimos años la encabeza Brasil, seguido por Estados Unidos y México. ¹³

Por lo anteriormente expuesto existe una demanda de aceites esenciales,

¹¹ *bíd.*

¹² MINECO, UNIÓN EUROPEA. (2006). Aceites Esenciales. (A. C. GTZ, Ed.) *Ficha Técnica* (17). p. 16.

¹³ Paola Hurtado, A. L. (2016). Estudio del mercado de aceite esencial de naranja en Colombia en el período de 2009-2014. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas.* , 10 (2), 310.

la particularidad de estos, es que se definen por la cantidad de termolábiles presentes, es decir un aceite esencial puede dejar de serlo, simplemente por la cantidad de compuestos que tenga de conformidad a los estándares que el mercado tenga sobre dicho aceite.

Para efectos, de la determinación de la cantidad que se debe procesar, está en términos del manejo y no de una demanda, claro está para cubrir una demanda se debe producir de conformidad a la magnitud de la misma. Sin embargo, para este tipo de producto las cantidades grandes o las producciones grandes, tendrían por consiguiente grandes requerimientos de calor y de vapor lo que podría dañar los compuestos sensibles al mismo y dejar de tener la calidad óptima que permita comercializar como tal. Es decir que es preferible realizar el proceso en varios lotes, que hacerlo en un solo lote, ya que la homogenización del calor que llega al tejido para la conservación de la mayor parte de los compuestos terpénicos. Es mucho mejor en lotes pequeños, para lo cual de acuerdo con los rendimientos que se obtuvieron en las corridas realizadas en el LIEXVE, se realizará el proceso productivo de conformidad a las características de los procesos estudiados que permitan la mayor conservación de los compuestos del aceite. Dado que la cantidad de compuestos termolábiles, son los más sensibles, la cantidad de operación no debe superar los 20 psi; en el proceso de arrastre por vapor directo, este consiste en hacer pasar vapor por los tejidos vegetales en este caso la cáscara de mandarina Dancy para arrastrar el aceite esencial.

En pocas palabras el proceso de arrastre por vapor directo consiste en vapor sobre calentado que pasa por el tejido vegetal calentando los componentes del aceite esencial y transportándolos hasta un cambio de fase donde son separados por el proceso de decantación.

A continuación, se muestra en una figura la ejemplificación del proceso de arrastre por vapor:

Figura 3. **Ejemplificación del proceso de arrastre por vapor directo de un extracto vegetal**

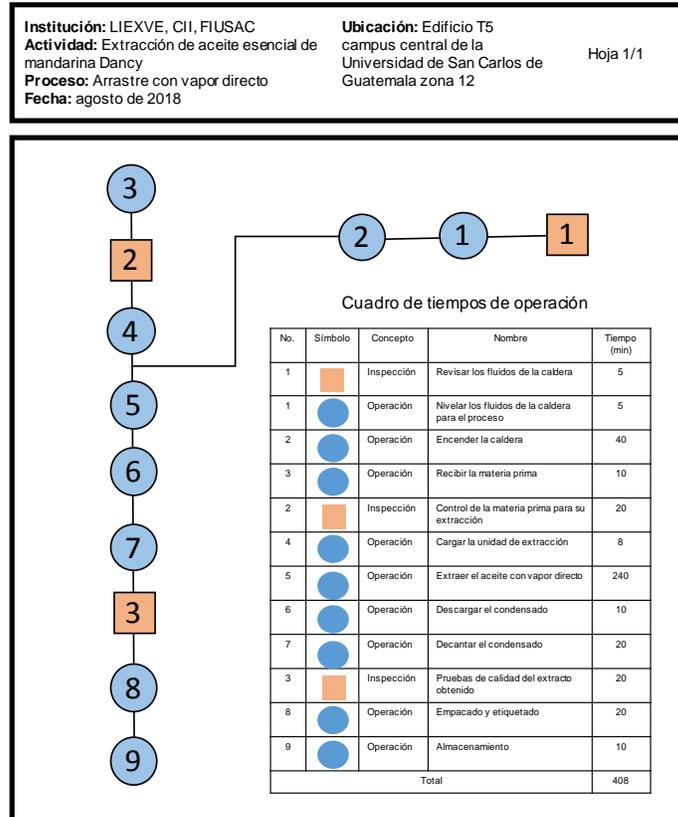


Fuente: Universidad Autónoma de Iztapalapa. Química Orgánica. *Destilación por arrastre de vapor*. Consultado en: <http://docri.blogspot.com/>

Las operaciones por las cuales pasará el proceso de extracción, deben estar siempre en los límites de la inocuidad y la calidad desde su inicio hasta el final. El proceso comienza con la preparación de la caldera que genera el vapor para operar. Por ello, se deben inspeccionar los niveles de combustibles y fluidos para encenderla y que alcance la presión de operación. Al mismo tiempo se debe preparar la materia prima, dependiendo de su procedencia. Si su tamaño es

adecuado, solo se chequea el control y si no viniese en condiciones de ingresar a la unidad de extracción se prepara mientras la caldera llega a su presión de operación, ya que la materia prima tiene las condiciones para ingresar como el tamaño de partícula y su sanidad. Se coloca dentro de la unidad de extracción y se sella, posterior a esto, se abre el flujo de agua del condensador y, posteriormente, el flujo de vapor, luego de las cuatro horas se corta el flujo de vapor se apaga la caldera y se corta el flujo de agua del condensador se descarga el condensado y se decanta para su envasado, empacado y almacenaje.

Figura 4. **Diagrama de operaciones del proceso de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (*Citrus reticulata* Blanco)**



Fuente: elaboración propia.

Los puntos de control durante del proceso son todas aquellas inspecciones que se deben realizar para mantener el correcto funcionamiento del equipo así como el desarrollo inocuo del proceso. Cada estándar del proceso pasa por ese punto obviando todas las normas de manejo y de inocuidad que deben estar presentes siempre, en la caldera se debe inspeccionar la presión ya que si esta se sale de los márgenes permitidos suena una alarma y debe apagarse de inmediato. En caso contrario, el flujo de vapor no será suficiente para laborar. La materia prima debe tener los estándares de inocuidad para laborar por eso debe inspeccionarse antes de ingresar a la unidad de extracción o darle alguna

reducción de partícula ya que si está contaminada o demasiado lignificada para el proceso debe ser descartada, en los intercambiadores de calor la temperatura del agua debe entrar en una magnitud que permita el cambio de fase puesto que por lo contrario se evaporará el aceite. En la unidad de extracción se deben de examinar el flujo de vapor y evitar los canales preferenciales ya que estos hacen que el vapor no toque ciertas partes del tejido por lo que la extracción puede tener un déficit en su rendimiento. En el decantado las condiciones físicas y químicas del aceite deben estar dentro de los parámetros para ser comercializado así como la homogeneidad del empaque y del producto mismo.

2.5.2.1. Maquinaria y equipo

La maquinaria que se utilizará para la instalación de la planta es una unidad completa, es decir que la maquinaria tiene distintas unidades conectadas entre sí para un mismo fin, por los avances en la tecnología y las distintas ampliaciones de los requerimientos del mercado, para el tamaño de la producción que se maneja, las industrias a nivel mundial ofrecen diferentes tipos de estas unidades.

A diferencia de mucha maquinaria, las energías limpias ofrecen ahora un sin fin de opciones para la implementación de las producciones amigables con el ambiente, para este caso existe la opción de generar vapor a través de energía eléctrica, ya que las calderas pueden producir una presión de vapor con la cual pueden hacer funcionar la unidad de extracción.

En las especificaciones de la unidad de extracción por arrastre de vapor expresadas por el fabricante Ecirtec indica que sus componentes son:

El destilador tiene capacidad nominal de 100 litros, está dimensionada para operar con vapor a presión de 3 kg/cm² (42,67 psi) y montada en una estructura donde se tiene el condensador y el decantador. Se adapta un generador de vapor por medio de calentamiento eléctrico, y abastecido con conexión al destilador y sus respectivos instrumentos de seguridad.

Notas del fabricante:

En general, se abastece con una proyección de longitud de tubería para la conexión entre el generador de vapor y el destilador.

Existe también la posibilidad de suministro de unidad de refrigerante o de agua con recirculación. La unidad de extracción por arrastre de vapor contiene los siguientes componentes:

- Un destilador con capacidad nominal 15 litros:
 - Aparato cilíndrico vertical construido en lámina de acero inoxidable AISI 304. Equipamiento dimensionado para operar con presión de 3 kg/cm² (47,62 psi).
 - Parrilla interna inferior construida plancha de acero inoxidable AISI 304.
 - Distribuidor de vapor localizado entre la cesta y la parte inferior del aparato fabricado con tubo en acero inoxidable AISI 304.
 - La cuba es recubierta con mantas de lana de roca y acabado con placas de acero inoxidable AISI 304 pulido.
 - La unidad está totalmente cubierta con el sistema de cierre por broche rápido.
 - Interconexión con el intercambiador de calor con tubos en acero inoxidable.

- Equipo equipado con manómetro en la entrada del vapor, termómetro, tubo para entrada de vapor con válvula de bloqueo.
- Un aparato condensador:
 - Aparato intercambiador de calor tipo casco y tubo, con un paso en los tubos. Cuerpo construido en acero inoxidable AISI 304 pulido, tubo de diámetro 19 mm, de grosor de 1,2 mm en acero inoxidable AISI 304.
- Un aparato separador:
 - Forma cilíndrica vertical, destinado a la separación de agua y aceite. Suministrado con salidas para agua, aceite y drenaje.
 - Totalmente construido en placas de acero inoxidable AISI 304 pulido.
- Estructura de sustentación:
 - Estructura de sustentación de los equipos, totalmente construida en acero inoxidable AISI 304 pulido.
- Una caldera:
 - Para la generación de vapor saturado.
 - Completa, con válvulas de seguridad, visor de nivel, válvulas de retención, sistema de calefacción por medio de energía eléctrica, con capacidad nominal para 9 Kg/h de vapor saturado.

La siguiente figura muestra la unidad de extracción por arrastre de vapor de 100 litros, construida de acero inoxidable.

Figura 5. **Unidad de extracción por arrastre de vapor de 100 litros de acero inoxidable marca Ecirtec**



Fuente: ECIRTEC. *Servicios de Equipamientos.*

[https://www.glequip.com/BR/Bauru/101785999856827/Ecirtec.](https://www.glequip.com/BR/Bauru/101785999856827/Ecirtec)

La siguiente figura muestra la caldera eléctrica para la generación de vapor saturado de la unidad de extracción por arrastre de vapor.

Figura 6. **Caldera eléctrica embalada de la unidad de extracción por arrastre de vapor**



Fuente: ECIRTEC. *Servicios de Equipamientos.*

<https://www.glequip.com/BR/Bauru/101785999856827/Ecirtec>.

Con base en la descripción del proceso, y todos los requerimientos que se pudieron evaluar durante las extracciones realizadas en la planta piloto del LIEXVE, se describe una lista de material y equipo para la instalación de la planta, incluyendo la maquinaria de arrastre de vapor directo.

Tabla XXIX. **Lista de maquinaria y equipo requerido para el diseño de la planta de extractos vegetales y sus costos aproximados**

Maquinaria/ equipo	Marca/ distribuidor	Especificación	Requerimiento	Unidad	CU (Q)	Total
Maquinaria de extracción	Ecirtec	100 litros	1	unidad	370 000,00	Q370 000,00
Accesorios	Novex	varios	variado	unidad	4 500,00	Q4 500,00
Panel Solar	Panasonic	1,90x90	54	unidad	1 800,00	Q97 200,00

Continuación tabla XXIX.

Mesa	Jica	Inox	1	unidad	3 900,00	Q3 900,00
Tubería	Novex	Cobre	60	metros	60,00	Q3 600,00
Mangueras	Novex	Plástico	10	metros	100,00	Q1 000,00
Cristalería	Hanna instruments	variada	variado	unidad	8 000,00	Q8 000,00
Balanza	Rhino	200 kg	1	unidad	36 000,00	Q36 000,00
Balanza analítica	Femto	hasta 0,1 mg	1	unidad	6 600,00	Q6 600,00
Dispensadores de jabón	Novex	600 g	3	unidad	70,00	Q210,00
Dispensadores de alcohol	Novex	50g	3	unidad	50,00	Q150,00
Dispensadores de papel	Novex	rollo	3	unidad	500,00	Q1 500,00
Batas	Novex	Blancas	5	unidad	60,00	Q300,00
Mascarillas	Novex	g orgánicos	3	unidad	80,00	Q240,00
Lentes	Novex	Transparentes	3	unidad	50,00	Q150,00
TOTAL						Q533 350,00

Fuente: elaboración propia.

2.5.2.2. Distribución de planta

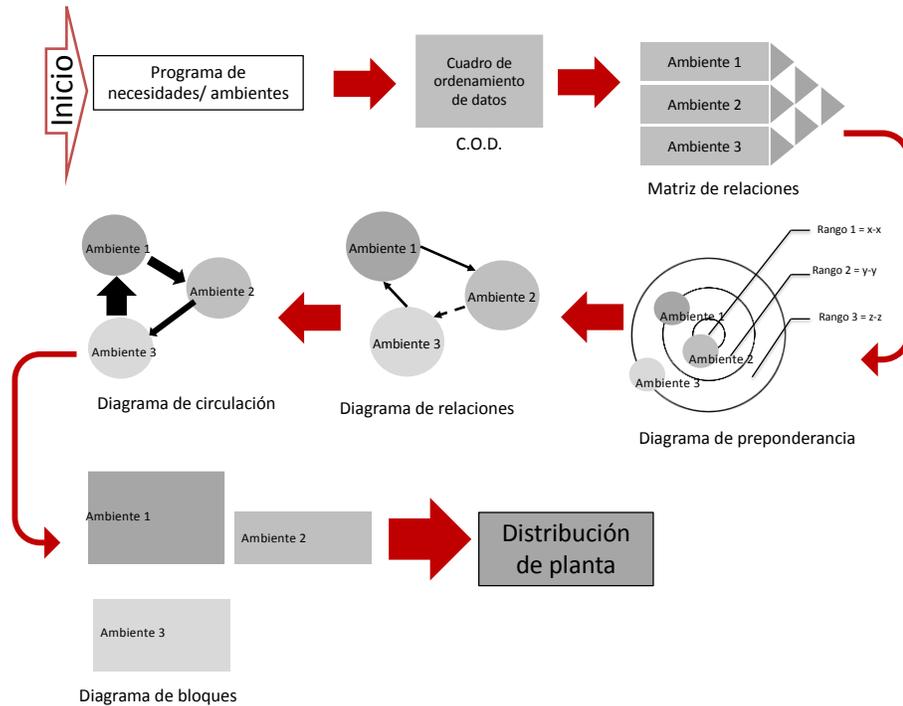
Para realizar la distribución de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy se emplea el método de diseño por matrices y diagramación de relaciones, el cual es una forma organizada para realizar el proceso de distribución de espacios o ambientes; está constituido por una serie de procedimientos que se le conoce como “fase de diagramación”, que en términos generales está integrada por:

- Programa de necesidades o ambientes, este programa se genera en base a los requerimientos de ambientes de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy.

- C.O.D. o Cuadro de Ordenamiento de Datos, en el que se sintetiza de manera ordenada toda la información esencial y se utiliza como punto de partida para realizar los diferentes diagramas conducentes.
- Matriz de relaciones, establece la relación, vínculo o conexión entre los ambientes.
- Diagrama de preponderancia, es el modelo gráfico que se utiliza para evaluar las diferentes relaciones.
- Diagrama de relaciones, es el modelo gráfico donde se evalúan las diferentes relaciones entre los ambientes.
- Diagrama de circulaciones, es el modelo gráfico de los vínculos de recorrido y la secuencia entre los diferentes ambientes.
- Diagrama de bloques, es el modelo gráfico que representa la dimensión proporcional de los ambientes.

En la siguiente figura se representa de manera gráfica el proceso de distribución de ambientes para la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy en base al método de matrices y diagramación.

Figura 7. **Modelo gráfico del proceso del método de matrices y diagramación para la distribución de ambientes de la planta**



Fuente: elaboración propia.

Para la distribución de ambientes de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, se establecen el programa de ambientes que consiste en el listado de las áreas a necesitar para el funcionamiento de la planta. El programa está conformado por: área de parqueo, que cuenta con parqueo para tres vehículos, área de carga y descarga; el área administrativa que contiene un área de espera, recepción, área de auxiliares de planta, oficina de jefe de planta; el área de empleados que contiene los ambientes de comedor, cocineta, área de casilleros, servicio sanitario para mujeres, servicio sanitario para hombres. Entre las áreas de apoyo están la bodega de almacenamiento de materia prima, área de preparación de materia prima, bodega de utilería y equipo, bodega de mantenimiento, área de calderas, área de desechos orgánicos y de desechos

comunes; el área de producción está conformada por el área de proceso de producción y el laboratorio.

El programa de ambientes se clasifica por áreas, siendo éstas determinadas por el tipo de función dentro de la planta, se clasifican y organizan los distintos ambientes de la siguiente manera:

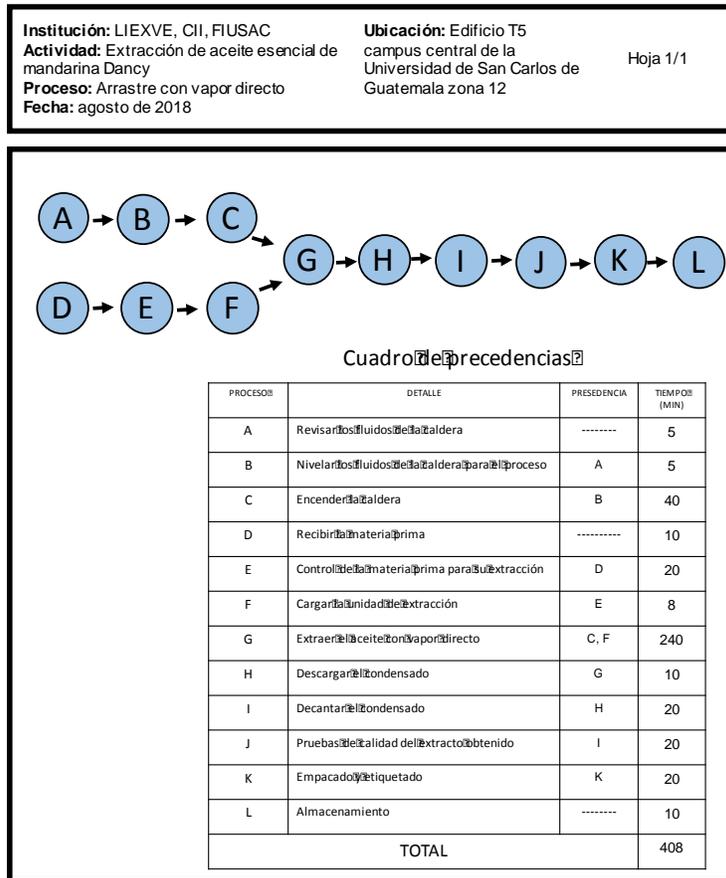
Área pública: consiste en los ambientes y espacios que los usuarios externos como internos pueden hacer uso, siendo la recepción, área de espera y parqueo de vehículos.

Área administrativa; incluye los ambientes destinados a la administración y funcionamiento de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina, está conformada por el área de auxiliares de planta y la oficina del jefe de planta.

Áreas de producción, el acceso de los ambientes es de carácter restringido debido a los protocolos de seguridad industrial y de sanidad, se toma en cuenta el diagrama de precedencias, que indica la antecendencia de cada operación durante el proceso de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, los ambientes están conformados por la exclusiva de ingreso y exclusiva de salida de área de producción , el área de proceso de producción y el laboratorio.

La siguiente figura muestra el diagrama de precedencias el cual detalla la operación o las operaciones que son necesarias para realizar una siguiente.

Figura 8. Diagrama de precedencias del proceso de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (*Citrus reticulata* Blanco)

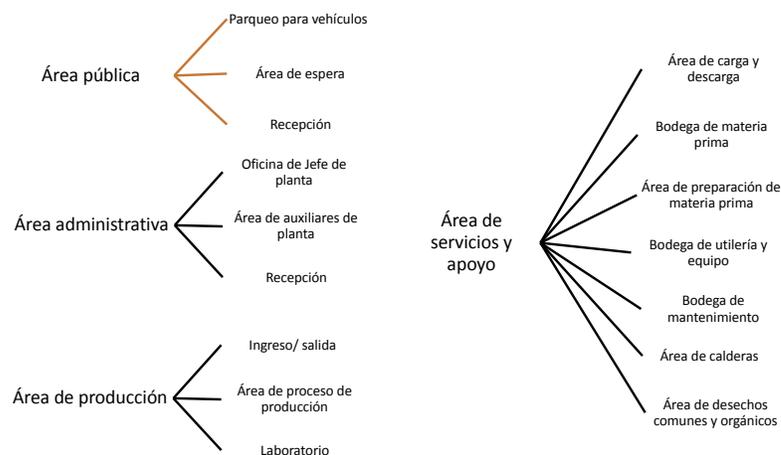


Fuente: elaboración propia.

Área de apoyo o de servicio: se conforma por los ambientes que sirven de apoyo a las demás áreas, el acceso a estos ambientes solo lo tienen los usuarios que laboran en la planta, está conformada por el área de empleados, bodega de materia prima, área de preparación de materia prima, bodega de utilería y equipo, bodega de mantenimiento, área de desechos orgánicos y comunes, y el área de calderas, siendo ésta última una de las más importantes por el tipo de instalación especial que se requiere.

La siguiente figura muestra la forma en que se clasifican los ambientes en diferentes áreas, organizándolas por color para ser graficadas. El área pública está de color naranja, área administrativa de color verde, área de producción de color gris, y el área de servicio y apoyo de color amarillo.

Figura 9. **Clasificación de áreas del programa de ambientes para la distribución de la planta.**



Fuente: elaboración propia.

El cuadro de ordenamiento de datos de diseño (C.O.D.) es una herramienta para el proceso de distribución de planta que organiza los datos de los ambientes del programa de ambientes que conforman la planta de procesamiento de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy. Sintetiza la información del ambiente por analizar, los datos de área asignada para cada ambiente, su función, la cantidad de usuarios por ambiente y la clasificación de zonas por distribuir, respecto a parámetros a la orientación solar, ventilación e iluminación.

La figura representa el modelo gráfico del cuadro de ordenamiento de datos (C.O.D.), organizado el programa de ambientes para la distribución de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy. Se ordena por área funcional, tipos de ambientes, cantidad de usuarios, mobiliario, tipo de función, área aproximada para cada ambiente , altura efectiva, orientación solar, tipo de iluminación y de ventilación.

Figura 10. Cuadro de ordenamiento de datos (C.O.D.) de ambientes para la distribución de la planta

TIPO DE ÁREA	AMBIENTE	FUNCIÓN	USUARIOS	CANTIDAD DE USUARIOS	MOBILIARIO	ÁREA APROX.	ALTURAS	ORIENTACIÓN	ILUMINACIÓN	VENTILACIÓN	
PÚBLICA	Recepción	recepción principal y Secretaria	atención a visitantes - recepción de productos	recepcionista y visitantes	1 a 5	escritorio, sala de espera, teléfono, estantes, archivo	10-20 m2	recepción 3,00-4,00 m	SUR-ESTE	Natural y Artificial	natural
								secretaría			
PÚBLICA	Parqueo	Área de estacionamiento de vehículos y de carga y descarga	área de estacionamiento	personal visitantes o público	3 vehículos/l carga y descarga	vehículos y carga y descarga	90.00 m2	exterior	SUR-ESTE	Natural y Artificial	natural
PRIVADA	Administración	Dirección	Dirección de la planta	Director(a)	1	escritorio, teléfono, estantes, archivo	10-15 m2	Dirección 3,00-4,00 m	NORTE-ESTE	Natural y Artificial	natural
		Área de Auxiliares de Planta	archivar, registrar, actividades administrativas	Auxiliares de Planta	2 a 3	escritorio, teléfono, estantes, archivo	14.00 m2	Administración 3,00-4,00 m	NORTE-ESTE	Natural y Artificial	natural
PRIVADA	Área de Empleados	Área de Lockers	guardado	director(a), conserje-bodeguero, auxiliares de planta, secretaria	2 a 5	lockers	9.00 m2	lockers 3,00-4,00 m	SUR	Natural y Artificial	natural
		Cocina-Comedor	cocinar, comer, sentarse, estar	director(a), conserje-bodeguero, auxiliares de planta, secretaria	2 a 5	mesa, sillas, estufa, estantes, refrigeradora	9.00 m2	cocina-comedor 3,00-4,00 m	NORTE-ESTE	Natural y Artificial	natural
		Servicio Sanitario personal	necesidades biológicas	personal de planta	5	bañeta de sanitarios/ servicios sanitarios con duchas	4.00 m2	S.S 3,00-4,00 m	NORTE-ESTE	Natural y Artificial	natural
SERVICIO	Bodega de Materia Prima	Bodega seca de Materia Prima	almacenar, guardar insumos de materia Prima	director(a), conserje-bodeguero, auxiliares de planta,	2 a 5	estantería, tops de almacenaje	6-10 m2	bodega 3,00-4,00 m	NORTE-ESTE	Natural y Artificial	NATURAL ARTIFICIAL
		Área de trabajo y preparación de Materia Prima	preparación, limpieza de materia prima	director(a), conserje-bodeguero, auxiliares de planta,	2 a 5	estantería, tops de almacenaje, área de lavado	6-10 m2	área de trabajo 3,00-4,00 m	NORTE	Natural y Artificial	NATURAL ARTIFICIAL
SERVICIO	Bodega de Utillería y equipo	Bodega de Blancos, Utillería	Estrenillar equip, lavar indumentaria, almacenar instrumentos de utillería	director(a), conserje-bodeguero, auxiliares de planta,	2 a 5	estantería, tops de almacenaje, área de lavado	10-15 m2	bodega 3,00-4,00 m	NORTE-ESTE	Natural y Artificial	natural
SERVICIO	Bodega de Mantenimiento y Equipos	Bodega de herramientas, maquinas de equipos y productos de limpieza y enseres	reparar, almacenar insumos para maquinas y equipos de planta, almacenar herramientas, productos de uso de planta	director(a), conserje-bodeguero, auxiliares de planta,	2 a 5	estantería, tops de almacenaje, área de lavado	10-20 m2	Calderas 3,00-4,00 m	SUR-OESTE	Natural y Artificial	natural
SERVICIO	Área de Calderas	Área de Calderas para planta de producción	espacio utilizado para instalación especial de Calderas para el uso en el área de producción	director(a), conserje-bodeguero, auxiliares de planta,	2 a 5	estantería, tops de almacenaje, área de lavado, salida de emergencia	6-10 m2	bodega 3,00-4,00 m	NORTE-ESTE	Natural y Artificial	natural
PRODUCCIÓN	Planta de Producción	Ingreso/exclusa	Ingreso, Esterilización, lavado, colocación de equipo esterilizado	director(a), conserje-bodeguero, auxiliares de planta,	2 a 5	área de lavado, almacenaje, estanterías	5-10 m2	exclusa 4,00 - 5,00 m		Natural y Artificial	ARTIFICIAL
		Área de producción	área de producción	director(a), conserje-bodeguero, auxiliares de planta,	2 a 4	maquinaria y equipo de producción	25-30 m2	área de producción 4,00 - 5,00 m	SUR-ESTE	Natural y Artificial	ARTIFICIAL
		Área de trabajo y procesamiento de Datos	área de trabajo y procesamiento de datos	director(a), conserje-bodeguero, auxiliares de planta,	2 a 4	mesas de trabajo, estanterías, escritorio, área de lavado	20-30 m2	área de trabajo 4,00 - 5,00 m	NORTE-ESTE	Natural y Artificial	ARTIFICIAL
		Área de Lockers y Almacenamiento	guardar, almacenar	director(a), conserje-bodeguero, auxiliares de planta,	2 a 4	lockers, estanterías	3-5 m2	lockers 4,00 - 5,00 m	OESTE	Natural y Artificial	ARTIFICIAL
		Salida/exclusa	Salida, y almacenar equipo	director(a), conserje-bodeguero, auxiliares de planta,	2 a 5	almacenaje, estanterías	5-10 m2	exclusa 4,00 - 5,00 m		Natural y Artificial	ARTIFICIAL
LABORATORIO	Laboratorio	laboratorio, empaqueo y almacenamiento	laboratorio, empaqueo de producto y almacenamiento de materia y producto	director(a), conserje-bodeguero, auxiliares de planta,	2 a 5	mesas de trabajo, estanterías, escritorio, área de lavado	15-20 m2	laboratorio 4,00 - 5,00 m	NORTE	Natural y Artificial	ARTIFICIAL
SERVICIO	Área de Desechos	Desechos Comunes	clasificación de desechos para reciclaje, recolección de desechos,	conserje-bodeguero, personal de recolección	2 a 5	área de clasificación y recolección de desechos comunes	5-10 m2	exterior	SUR-OESTE	Natural	Natural
		Desechos orgánico para Compost	clasificación de desecho orgánico para compost y empaqueo	conserje-bodeguero, personal de recolección	2 a 5	área de empaqueo, almacenamiento de recolección	5-10 m2	exterior	SUR-OESTE	Natural	Natural

Fuente: elaboración propia.

Para la distribución de ambientes de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, se utiliza la matriz o *layout* de relaciones funcionales, a manera de generar espacios a través de la vinculación de ambientes o espacios y sus funciones, otorgando el uso adecuado de los mismos. Para entender el funcionamiento de una matriz de relaciones se tienen áreas

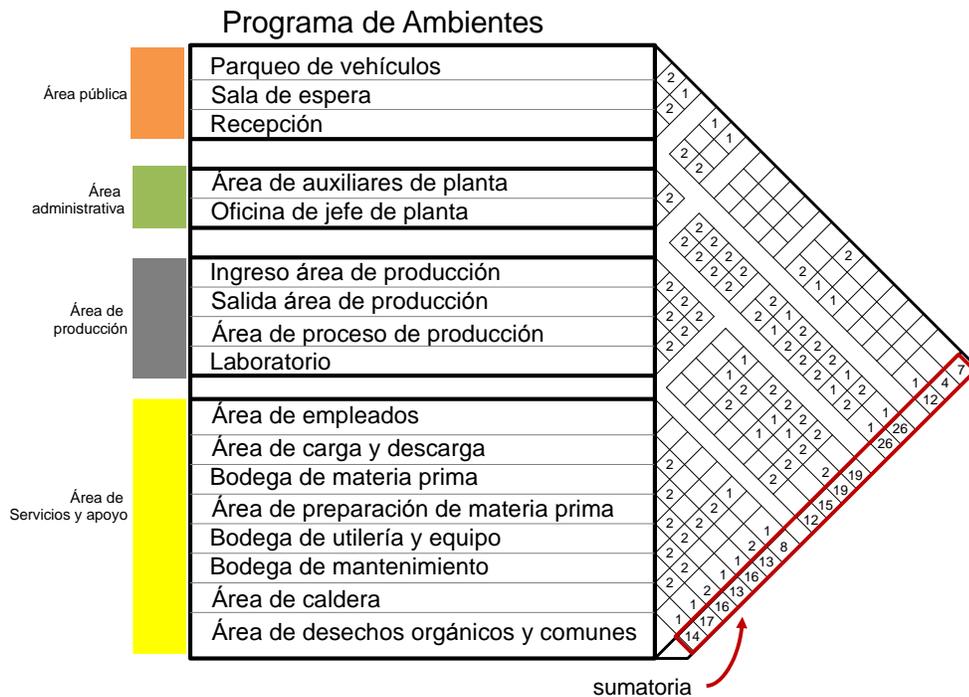
servidas y áreas que sirven, existiendo una conexión, vínculo o relación entre ambas. Se establecen 3 tipos de relación o vínculo:

- Relación necesaria, refiriéndose a la necesidad de un área o ambiente de servirse de otra para funcionar.
- Relación estable, es necesario circular trasladarse pasando por otro ambiente.
- Relación innecesaria, refiriéndose a que no tiene ninguna relación con otro ambiente.

Se asigna una ponderación o un valor numérico a cada tipo de relación o vínculo para establecer una jerarquía relacionada con las funcionalidad de los ambientes. Los tipos de jerarquía por establecer se relacionan la posición, forma y dimensión de cada área o espacio, si no existe relación entre las áreas la casilla se deja vacía.

La siguiente figura representa los tipos de relaciones entre los ambientes , la ponderación y el valor asignado a cada una, y el resultado de la matriz de relaciones.

Figura 11. **Modelo gráfico de Matriz de Relaciones para la distribución de ambientes de la planta**



Cuadro de ponderación de relaciones

- Necesaria = 2
- Deseable = 1

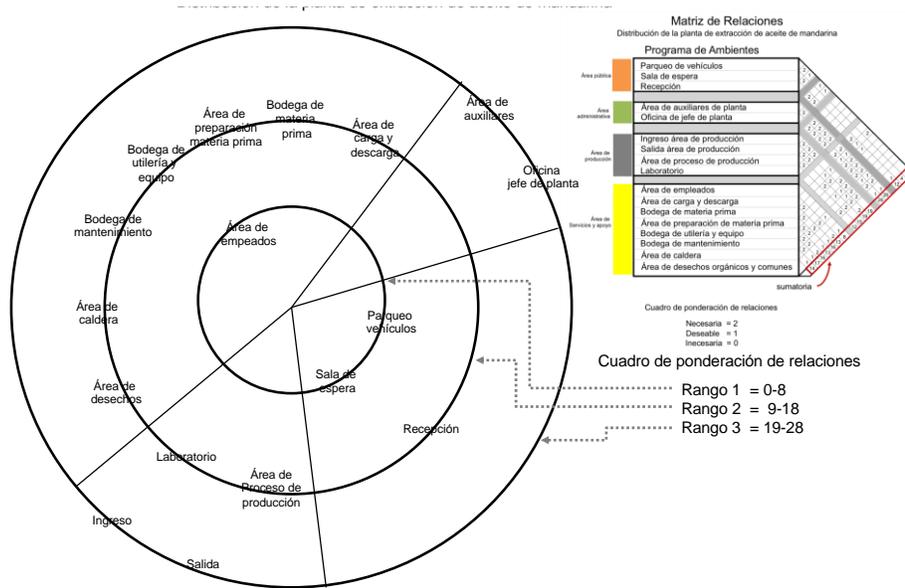
Fuente: elaboración propia.

El diagrama de preponderancia es el modelo gráfico de las ponderaciones espaciales de los datos obtenidos en la matriz de relaciones, agrupa por medio de rangos la funcionalidad de las áreas y de cada ambiente. Para graficar un diagrama de preponderancia se deben de establecer rangos de ponderación que se utilizarán para diferenciar la relación de cada ambiente y así realizar el siguiente paso que será el diagrama de relaciones.

La siguiente figura representa el modelo gráfico del diagrama de preponderancia de la distribución de ambientes de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, donde se utilizan los datos de la sumatoria

final obtenida en la matriz de relaciones, los cuatro rangos de ponderación que son: rango uno, cero a ocho, rango dos, nueve a diez y nueve y rango tres, veinte a treinta

Figura 12. **Modelo gráfico de diagrama de preponderancia para la distribución de ambientes de la planta**

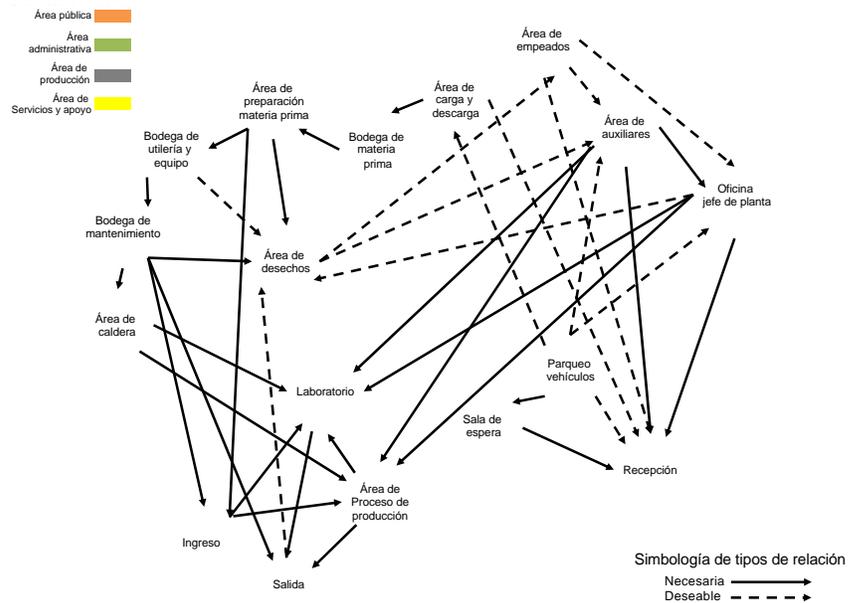


Fuente: elaboración propia.

El diagrama de relaciones es un modelo gráfico que parten de la información o resultado de la matriz de relaciones, en este diagrama no existe el cruce de líneas de relaciones. Para graficar un diagrama de relaciones se deben agrupar cada ambiente en zonas, luego se relacionan de acuerdo con el tipo de relación o vínculo, siendo de dos maneras, la relación necesaria o deseable.

La siguiente figura presenta el modelo gráfico del diagrama de relaciones para la distribución de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, agrupando cada clasificación de áreas, y explicando por medio de simbología el tipo de relación funcional de cada área.

Figura 13. **Modelo gráfico del diagrama de relaciones para la distribución de ambientes de la planta**

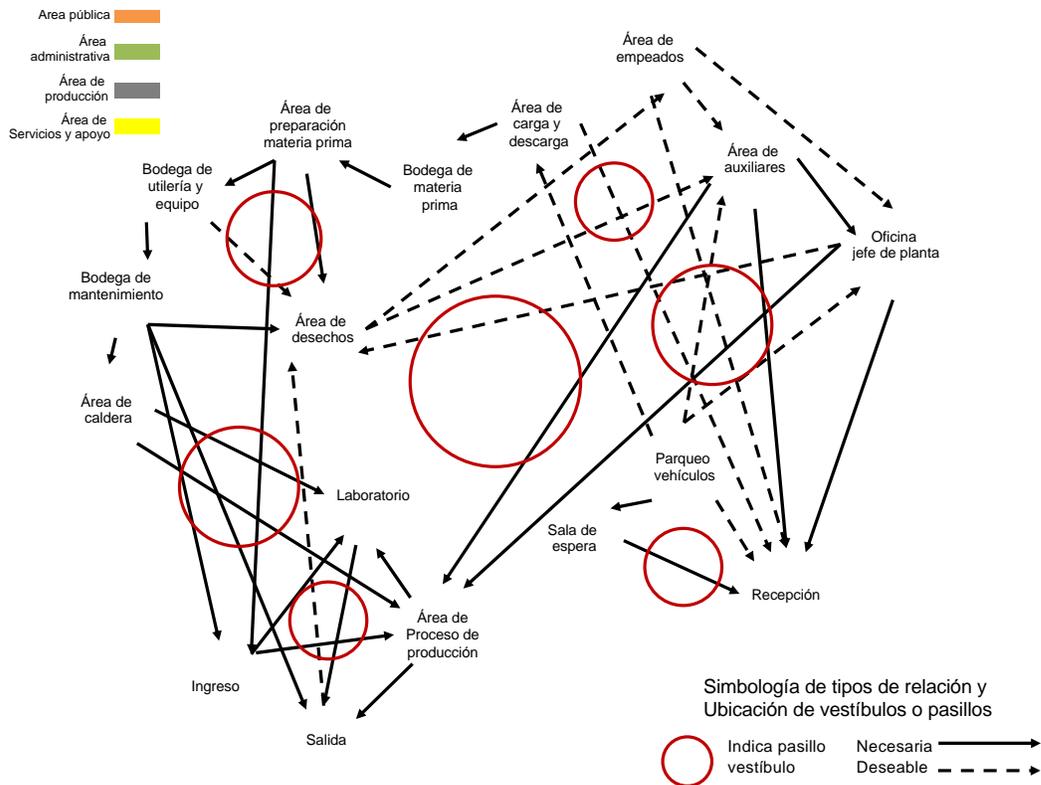


Fuente: elaboración propia.

El diagrama de circulaciones se refiere a un modelo gráfico de los vínculos en relación al recorrido y secuencia entre los diferentes ambientes que conforman la organización espacial que se da como resultado en el diagrama de relaciones, a su vez, clasifica de manera proporcional del número de personas o porcentaje de usuarios que circulan entre los ambientes, estableciendo las circulaciones más importantes y las de menor relevancia.

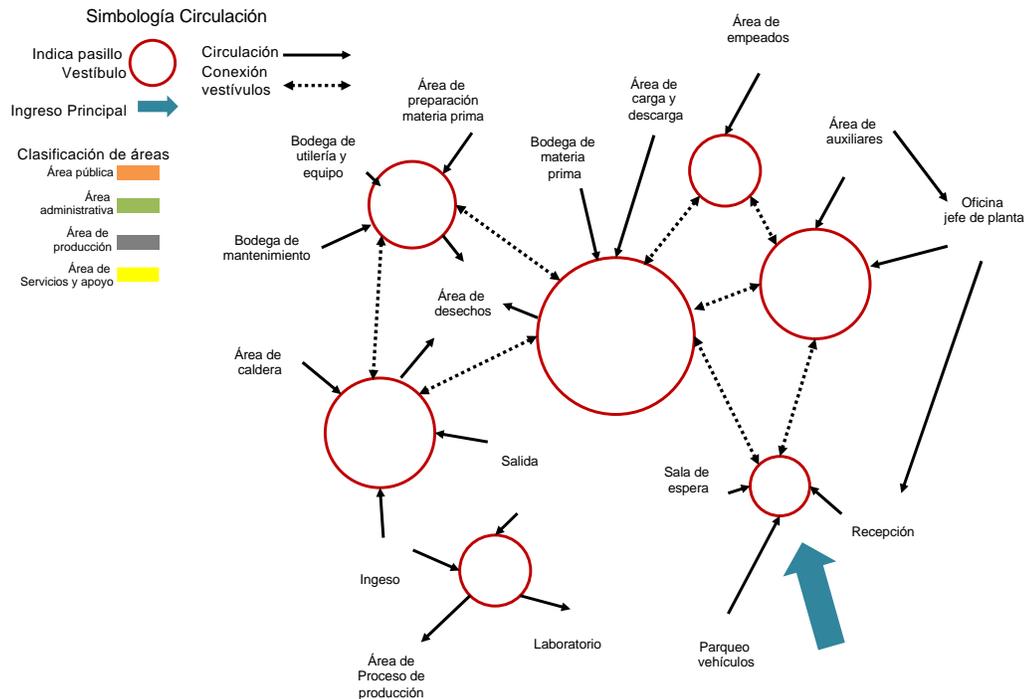
Las siguientes figuras representan los modelos gráficos del diagrama de circulaciones para la distribución de ambientes de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, representando por medio de simbología la relación de ambientes y la ubicación de vestíbulos o pasillos de distribución para lograr una mejor circulación y evitar el cruce de las mismas.

Figura 14. **Modelo gráfico del diagrama de circulaciones para la distribución de los ambientes de la planta, localizando las posibles ubicaciones para los vestíbulos y pasillos**



Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Modelo gráfico del diagrama de circulaciones para la distribución de los ambientes de la planta con el ordenamiento de vestíbulos y pasillos**



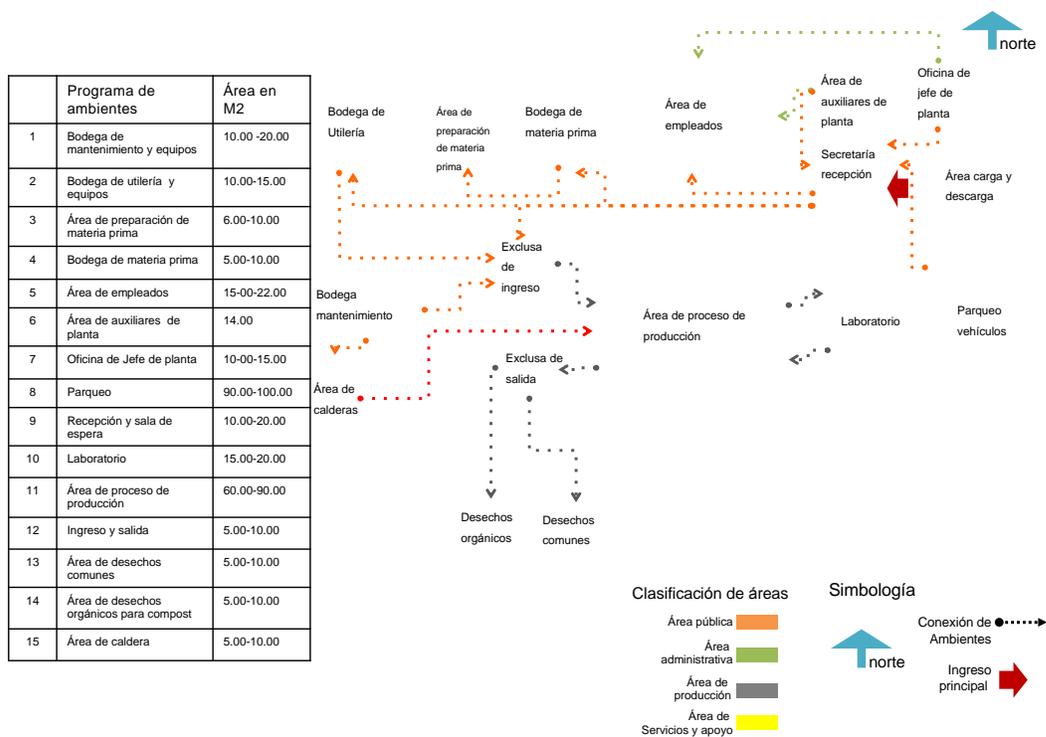
Fuente: elaboración propia.

El diagrama de bloques es un modelo gráfico de representación conceptual y de dimensionamiento proporcional de los componentes o ambientes de un sistema espacial y su entorno. Se debe de establecer la orientación de los ambientes en base a la información que proporciona el cuadro de ordenamiento de datos o COD con la colocación del símbolo de norte; identificar los pasillos o vestíbulos e indicar los accesos principales.

El tamaño de los ambientes en este tipo de diagramas deben de ser relativos y proporcionales al área en metros cuadrados que se asigna a cada espacio o ambiente.

Las siguientes figuras representan los modelos gráficos del diagrama de bloques para la distribución de ambientes de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, representando por medio de simbología la relación de las circulaciones funcionales de cada área y de cada ambiente, siendo la primera aproximación del diseño de la planta.

Figura 16. Modelo gráfico de diagrama de bloques y relaciones funcionales primera aproximación de distribución de ambientes de la planta



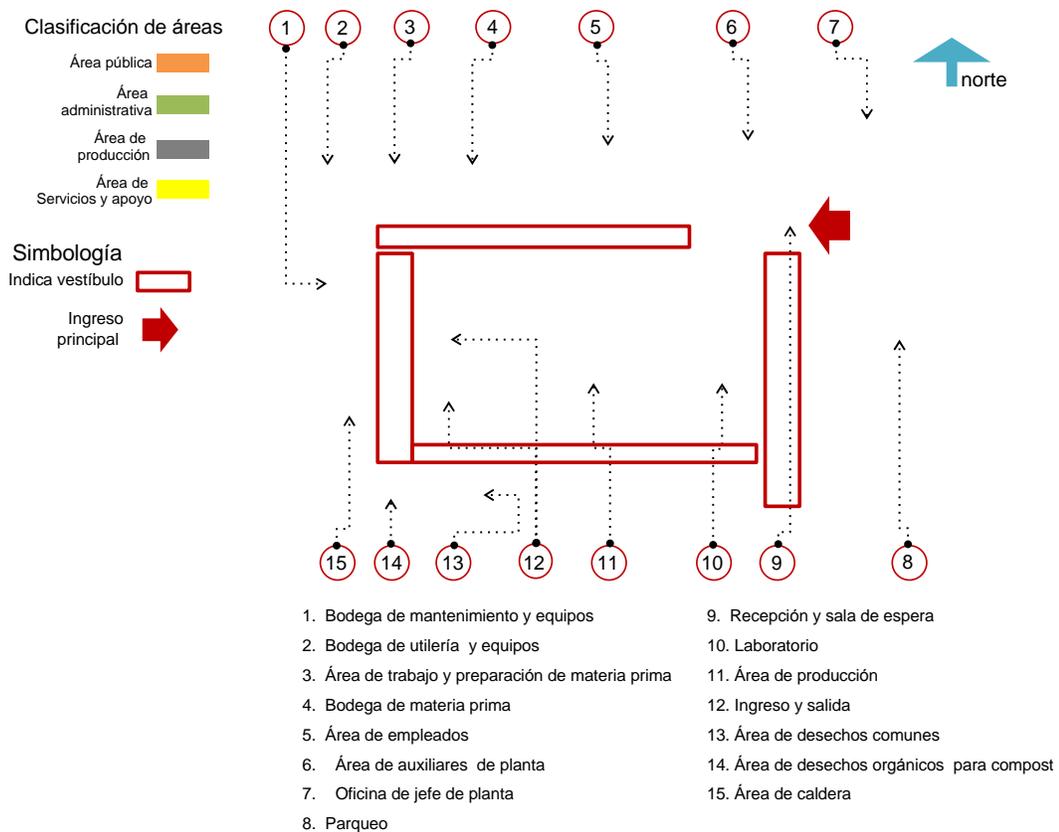
Fuente: elaboración propia.

Los parámetros morfológicos para el diseño de la distribución de los ambientes de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, se aplican conceptos de diseño como el módulo, supermódulo, submódulo, simetría,

gradación, entre otros, la configuración del espacio se realiza con formas geométricas sencillas como el cuadrado y el rectángulo, para que en la modulación de espacios y circulaciones sea eficiente.

La siguiente figura representa la planta de distribución de los ambientes de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, tomando en cuenta el proceso de diagramación y todas las recomendaciones anteriormente expuestas.

Figura 17. **Distribución de ambientes de la planta**



Fuente: elaboración propia.

2.5.2.3. Personal

Los requerimientos del personal de conformidad al tamaño y la distribución de la planta está trabaja de manera óptima con un jefe encargado de las operaciones y la administración de la misma. Además, cuenta con personal de asistencia: una secretaria encargada de las tareas administrativas, dos operarios para los procesos de manufactura, un encargado de limpieza para mantener la inocuidad dentro de la normativa.

De conformidad a lo anteriormente expuesto se necesitan para operar en la planta los siguientes puestos laborales:

- Jefe de control: es el encargado de todas las operaciones técnicas y admirativas que se realicen dentro de la planta, supervisa todos los planes y proyectos de igual manera, tiene como atribuciones la contratación del personal así como la calificación y rendimiento de los mismos
- Dos operarios: estos son los encargados de realizar el proceso productivo dentro de la planta, debiendo tomar en cuenta todas las medidas conforme a las políticas de sanidad, seguridad y comportamiento y otras normas establecidas por la planta, con fines de un producción eficiente.
- Secretaria: encargada de la organización de las actividades de la planta, así como elaborar las gestiones administrativas de conformidad a los requerimientos establecidos por la planificación de la producción y los objetivos de la planta, para lo cual es responsable de los diferentes registros que se realicen, facilitando de igual manera la información respectiva.
- Conserje: encargado de mantener la inocuidad dentro de la planta mediante el servicio de limpieza de todos los ambientes dentro de la misma.

A continuación, se describen los perfiles del personal necesario para operar en la planta:

Figura 18. Perfil del puesto de jefe de control

Perfil del puesto de: JEFE DE CONTROL	
Requerimientos mínimos del puesto:	
Edad:	Mayor de 25 años
Sexo:	Indiferente
Estado civil:	Indiferente
Escolaridad:	Ingeniería Química, Industrial en alimentos o afín
Nacionalidad:	Indiferente
Idioma:	Español
Experiencia:	3 años de laborar en algún campo afín.
Cualidades / Habilidades:	
Responsable	Tolerante
Innovador	Disciplinado
Entusiasta	Trabajo en equipo
Creativo	Buena presentación
Ordenado	Buena comunicación
Conocimientos básicos:	
Manejo de cristalería y equipo de laboratorio, conocimiento de normas de sanidad y buenas prácticas de manufactura, reglamentos de salud y de seguridad ocupacional, así como de los procesos de extracción de aceites.	

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Perfil del puesto de operario para la planta

Perfil del puesto de: OPERARIO	
Requerimientos mínimos del puesto:	
Edad:	Mayor de 21 años
Sexo:	Indiferente
Estado civil:	Indiferente
Escolaridad:	Nivel diversificado
Nacionalidad:	Indiferente
Idioma:	Español
Experiencia:	1 año de laborar en alguna actividad similar
Cualidades / Habilidades:	Conocimientos básicos:
Responsable	Tolerante
Innovador	Disciplinado
Entusiasta	Trabajo en equipo
Creativo	Buena presentación
Ordenado	Buena comunicación
	Conceptos básicos de inocuidad, y manejo de maquinaria agroindustrial.

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Perfil del puesto de secretaria para la planta**

Perfil del puesto de: <u>SECRETARIA</u>	
Requerimientos mínimos del puesto:	
Edad:	Mayor de 21 años
Sexo:	Mujer
Estado civil:	Indiferente
Escolaridad:	Nivel medio (Secretariado)
Nacionalidad:	Indiferente
Idioma:	Español
Experiencia:	2 años de experiencia como secretaria(o)
Cualidades / Habilidades:	Conocimientos básicos:
Responsable	Tolerante
Innovador	Disciplinado
Entusiasta	Trabajo en equipo
Creativo	Buena presentación
Ordenado	Buena comunicación
	Conceptos básicos de informática y manejo de redes, manejo organizacional y sustento administrativo.

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Perfil del puesto de encargado de limpieza para la planta**

Perfil del puesto de: CONSERJE	
Requerimientos mínimos del puesto:	
Edad:	Mayor de 18 años
Sexo:	Indiferente
Estado civil:	Indiferente
Escolaridad:	Nivel medio
Nacionalidad:	Indiferente
Idioma:	Español
Experiencia:	No requerida
Cualidades / Habilidades:	Conocimientos básicos:
Responsable	Tolerante
Innovador	Disciplinado
Entusiasta	Trabajo en equipo
Creativo	Buena presentación
Ordenado	Buena comunicación
	Manejo de desechos comunes, y de las actividades propias de la higiene de una instalación.

Fuente: elaboración propia.

2.5.2.4. **Diseño de las instalaciones**

Las instalaciones fueron diseñadas de conformidad con el proceso de distribución por matrices y diagramación y tomando en cuenta todas las bases legales y normativas de calidad. A continuación, se detallan los requerimientos

de las especificaciones técnicas, planos y vistas de la propuesta del diseño para la construcción de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy.

Para el diseño o modulación estructural en el diseño de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, se toma en cuenta el proceso o configuración de las circulaciones internas de las diferentes áreas que funcionan dentro de la edificación. Es un ordenamiento o proceso que utiliza configuraciones ortogonales el más adecuado para las circulaciones y el manejo de las instalaciones básicas y especiales, ya que los procesos de producción requieren protocolos específicos, siendo necesario que la modulación de las columnas y vigas sea eficiente y de manera funcional. que se utilizan dentro de la planta.

En el diseño y distribución de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, es muy importante tomar en cuenta la funcionalidad de los espacios y ambientes, ya que el proceso de producción debe de ser eficiente, por lo que los espacios también deben de serlo.

- Las circulaciones deben funcionar lo más rápido y eficiente posible, evitando circulaciones horizontales muy extensas.
- Se debe de contar con vestíbulos que comuniquen a las diferentes áreas para evitar las circulaciones cruzadas, tanto en interiores como en exteriores.
- Los pasillos de circulación deben de contar con un espaciamiento mínimo para evitar el cruce u obstaculizar el flujo de personal de la planta.

Se toman en cuenta todos los parámetros anteriormente expuestos llegamos al diseño y las especificaciones técnicas para de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy.

Todas las especificaciones técnicas que se describen a continuación fueron, redactadas con base a las guías establecidas en los incisos 2.5.1, 2.5.2.3, 3.2, 3.3 y 3.4 de este mismo documento, principalmente las implicadas en las bases legales y la conceptualización del ecodiseño.

La planificación y diseño de los planos constructivos para la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy serán elaborados y evaluados por profesionales o técnicos certificados. Se realizarán las consultas y chequeos convenientes para garantizar la construcción de la propuesta de diseño.

Las presentes especificaciones técnicas, tienen como objeto dar los lineamientos generales a seguir, en cuanto a calidades de materiales, procedimientos y procesos constructivos durante la planificación y ejecución del diseño de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy.

Las licencias y autorizaciones necesarias para la planificación y ejecución de la obra, serán coordinadas o tramitadas por el contratista, para ello, el contratista debe de conocer las restricciones o reglamentos de construcción que existan sobre construcciones, permisos forestales, permisos para construcción, conexiones a sistemas de agua potable, energía eléctrica temporal, perforación de pozos, fuentes de abastecimiento de agua, entre otros.

Todos los materiales a utilizar para la construcción de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy serán nuevos y llenarán los requisitos y condiciones que se señalan en las especificaciones y planos.

Las muestras, análisis y métodos de laboratorio que se utilicen para efectuar los ensayos de materiales, tienen que estar indicados en las especificaciones de planos, y se utilizarán las especificaciones indicadas en la

American Society for Testing Materials (A.S.T.M) y la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR).

Toda la maquinaria, equipo, artículos manufacturados, materiales, que deban ser incorporados en la ejecución de la obra, así como la instalación de maquinaria y equipo que se utilizará en la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, serán almacenados, manipulados, instalados, erigidos, utilizados y acondicionados, de conformidad con las instrucciones que indiquen los fabricantes.

Todo el cemento a utilizarse estará de acuerdo con la norma ASTM C1157 o ASTM C150 y Coguanor NGO 41005, será entregado en la obra en su empaque original y deberá permanecer sellado hasta el momento de su uso.

Los agregados a utilizarse son: fino (arena) y grueso (piedra triturada o clasificada), ambos deberán considerarse como elementos separados del concreto. Deben estar de acuerdo con las especificaciones para agregados según Norma ASTM C-33. Se podrán usar otros agregados siempre y cuando se haya demostrado por medio de la práctica o ensayos especiales que producen concreto con resistencia y durabilidad adecuada

El agua empleada en la construcción o en la elaboración de la mezcla del concreto deberá ser limpia y estar libre de cantidades perjudiciales de material orgánico, elementos en suspensión y turbidez excesiva (apta para el consumo humano). Los agregados o aditivos deben sumarse a los materiales que pueden aportar al agua de mezclado el contenido total de sustancias inconvenientes. No se utilizará en la preparación del concreto, en el curado del mismo o en el lavado del equipo, aquellas aguas que no cumplan con los requisitos de calidad mínimas. Cuando se almacene agua en toneles o cualquier otro recipiente, estos deberán tener algún tipo de tapadera para evitar que el agua se contamine.

El concreto es la mezcla constituida por cemento, agregados, agua y eventualmente aditivos, para obtener las proporciones adecuadas y las propiedades requeridas en el diseño de mezcla se debe de contar con la asesoría del profesional idóneo, y que conjuntamente con el refuerzo de acero en la cantidad indicada en los planos de estructuras actúan para resistir los esfuerzos a los cuales estará sometida la estructura, se deberá de contar con el asesoramiento de un profesional estructural para garantizar la planificación de la obra.

El acero de refuerzo para el concreto debe de ser de varillas de acero de lingotes nuevos. Las varillas de acero serán de grado según el profesional estructural lo indique en las especificaciones a seguir, tendrán que estar libres de defectos y mostrar un acabado uniforme, la superficie de las mismas deberá estar libre de óxido, escamas y materias extrañas que perjudiquen la adherencia con el concreto, las varillas de acero no deberán tener grietas, dobladuras y laminaciones.

Las barras de acero serán grado 40 o grado 60, según se indique en las especificaciones especiales o en planos, y serán corrugadas, de acuerdo con las normas A-615 y A-305 de la ASTM, respectivamente o como lo indiquen los planos. La malla de alambre para el cerramiento perimetral cumplirá con la norma A- 185 de dichas disposiciones.

Las longitudes de desarrollo y traslapes cumplirán con lo que se indica en la norma ACI 318-08; en los empalmes de traslape, las barras se colocarán en contacto entre sí y amarrarse con alambre, de tal manera, que mantengan la alineación de las mismas y su espaciamiento, dentro de las distancias libres mínimas especificadas, en relación a las demás barras y a las superficies del concreto.

La electromalla a utilizar será de alta resistencia para fundiciones en losas de contra piso, serán del tipo estructomalla o malla electrosoldada, cuyo módulo de espaciamento es de 15 cm o 6 pulgadas. Su resistencia es grado 70. Las planchas de malla de alambre soldado de refuerzo, deben traslaparse unas con otras, lo suficiente para mantener una resistencia uniforme y deben amarrarse debidamente en los extremos y bordes.

- El traslape en las mallas de alambre liso, no debe ser menor del espaciamento de la malla, en la dirección del traslape, más 5 centímetros.
- En las mallas de alambre corrugado, el traslape debe calcularse de acuerdo con el Reglamento ACI 318, pero en ningún caso será menor de 30 centímetros.

El block que se utilizará para los cerramientos verticales, será block de 35Kg/cm², 50 Kg/cm² o 70 Kg/cm², según se indique en los planos de construcción. Las dimensiones del block deben ser conforme se indique los planos. Se debe presentar certificación del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala u otro laboratorio reconocido para el block que se utiliza en la construcción.

Los blocks serán consistentes y uniformes en sus dimensiones, serán de primera calidad, tendrán acabado liso y de color uniforme, con aristas y esquinas rectas, libres de raspaduras, roturas, rajaduras o con cualquier clase de irregularidad que a juicio del Supervisor o del técnico asesor en infraestructura pudiera afectar la resistencia o apariencia del muro.

En la cimentación, las excavaciones no deberán de exceder las cotas de cimentación que se indiquen en los planos. Las cimentaciones no se podrán construir en zonas de relleno no controlados, sobre tierras de cultivo, ni suelos

orgánicos; los cuales deberán ser removidos en su totalidad y reemplazados por suelos seleccionados, los cuales serán autorizados por el supervisor o el técnico asesor en infraestructura, previa revisión de sus características mecánicas, para luego proceder a la compactación del material seleccionado por medios mecanizados, antes de iniciar la construcción de la cimentación.

La compactación se realizará con equipos autopropulsados, siendo el grado de compactación del suelo sobre el cual se cimentara la estructura y deberá chequearse en campo solicitándose una densidad no menor del 90 % de la densidad obtenida en el estudio de suelos; el chequeo de densidad se realiza en campo y deberá certificarse por un laboratorio de suelos.

Las especificaciones técnicas para el proceso de compactación se describirá por un profesional estructural ya sea en los planos constructivos o en un documento de especificaciones técnicas.

Para el cimiento corrido y zapatas, el concreto reforzado a utilizar contará con a una resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, empleando acero grado 40 legítimo. No permitirá ninguna fundición de cimiento o zapata si antes no ha sido verificado el cumplimiento de los requerimientos del estudio de suelos y el tipo de armado del cimiento corrido.

La fundición del cimiento corrido y de las zapatas se realizará de forma monolítica para evitar juntas frías en estos elementos que forman parte de la estructura a construir. Se respetará el recubrimiento mínimo del cimiento corrido y de las zapatas, para ello se utilizarán alzas de concreto de 7,5 centímetros de alto. El gancho del eslabón debe quedar hacia arriba con la separación indicada en los planos estructurales aprobados por profesional estructural.

El anclaje para las columnas de acero serán bases de concreto, para la implantación y anclaje de sistema estructural de acero que vienen desde el cimiento corrido se realizará hasta la parte inferior, por encima del refuerzo del cimiento, y no tendrá menos de 40 centímetros.

Emplantillado, consiste en el levantado de las dos o más hiladas de block sobre el cimiento corrido. El sisado será de un centímetro. Las sisas deben de quedar sin ondulaciones y en línea recta. Las sisas verticales quedarán alineadas, es decir que en los bloques no se traslaparan.

La función de la solera hidrófuga o solera de humedad, consiste en evitar el ingreso de la humedad hacia el interior de los ambientes, ya que puede generar problemas en los pisos o en los muros. Este trabajo incluye todos los materiales e insumos necesarios para fabricar la solera hidrófuga o de humedad de concreto armado, la cual se arma y funde sobre la última hilada de block del emplantillado.

El levantado de muros, cerramientos verticales o paredes , se realizará desde la solera de humedad y sobre la que se apoyará en la pared, se modularán las alturas. Los blocks se humedecerán antes y durante su colocación, con el objeto de disminuir la absorción del agua de la sabieta por los mismos. El mortero estará hecho a base de cemento, cal y arena de río cernida, con una proporción 1:1/4:3.

El sistema estructural, utilizado según el diseño de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, será de estructura metálica, siendo empleada en la cubierta o sistema de fijación de techos, columnas principales, vigas y costaneras. La forma, secciones, esfuerzos de diseño y demás características de resistencia y rigidez de los elementos que integran la

estructura, estarán especificados en planos constructivos y en el documento de especificaciones técnicas del proyecto.

Se tendrán los niveles exactos y fijados según diseño estructural y detalles de planos. Todo el acero estructural empleado satisfará los requisitos de la norma "American Institute Steel Construction". Todo el acero estructural tendrá un esfuerzo mínimo de tensión al punto cedente 2320Kgs. por centímetro cuadrado, tipo A036. Los pernos a utilizarse serán de alta resistencia, especificación ASTM A325, con arandela del lado de la tuerca.

Se emplearán electrodos de acero dulce y baja aleación que satisfagan los requisitos de la especificación ASTM A233, clase E 60 o clase E 70. En todos los casos se empleará electrodo para todas posiciones E 70XX. La cubierta o techo según el diseño de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, será de lámina galvanizada, troquelada y ondulada, calibre 26, con aplicación de pintura esmaltada al horno en ambas caras color rojo, fijada con tronillos tipo POLSER de $\frac{3}{4}$ ", busca rosca y demás accesorios necesarios.

Las estructuras tendrán dos manos de pintura anticorrosiva, óxido de zinc, aplicadas sobre material limpio y libre de oxidación. Después del montaje se retocarán los desperfectos que sufra la pintura, tanto por manipulación como por soldadura en campo. Las columnas secundarias serán de concreto de resistencia mínima $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$. La fundición de estos elementos estructurales se realizará previa revisión y autorización del Supervisor o técnico asesor en infraestructura.

En las soleras de sillares, se preverá su integración a las columnas, es decir, que las bases de refuerzo o de anclaje de estructura metálica quedarán

ancladas a las respectivas columnas, evitando posteriores anclajes que puedan dañar la estructura principal.

Los pisos, las banquetas o caminamientos serán de concreto con una resistencia $f'c=175$ Kg/cm², sin refuerzo. Las banquetas quedarán con un acabado tipo cernido remolineado. Previo a la colocación del piso de granito de mármol deberá fundirse un contra piso, como se indicará en los planos de construcción, o de la siguiente forma, de 7 cm de espesor, con un mezclón de proporciones por metro cuadrado, de: 0,022 m³ de arena amarilla, 6 libras de cal hidratada y 2 libras de cemento. La fundición –en general- de contra piso se seccionará en cuatro partes iguales a fin de evitar rajaduras debidas a las dilataciones o contracciones del mezclón. La base de material selecto (arena blanca), nivelada y compactada (por medios mecánicos), sobre la cual se fundirán las banquetas y el contra piso (mezclón), debe tener un espesor final de 0,10 m.

Instalaciones básicas de agua potable, electricidad, drenajes y aguas pluviales.

En las instalaciones eléctricas, cualquier diseño, material o forma de instalación que no se mencione específicamente o indique en los planos, deberá cumplir con las exigencias del National Electrical Code: NEC, ASA, DIN, Normas de instalaciones eléctricas y acometidas eléctricas como bien norma Caribe de unión Fenosa, el alambrado se efectuará con el número de conductores que se indiquen en los planos, conectados cuando así se indique, a las fases correspondientes. No se permitirá cambiar el número, calibre o el tipo de los cables y alambres sin la autorización previa del Supervisor o del Técnico Asesor en Infraestructura.

Todos los materiales deben ser instalados adecuadamente y con seguridad, las cajas de salida embutidas tendrán los bordes frontales a ras con las superficies. Los canales, Conduit y cajas de montaje expuesto, deben ser firmemente asegurados a la estructura a la mampostería. En el área de laboratorio y planta de producción se seguirán las especificaciones de instalaciones eléctricas con tubería vista, que se instalara por encima del cielo falso.

Todas las tuberías o lo que especifique el plano eléctrico, tableros de distribución a todas las cajas de salida para conexión de lámparas, tomacorrientes, entre otros, serán de tubo ducto calibre 20 o tubería tipo Flex por las curvas para que no queden quebradas, con acabado de esmalte negro y accesorios adecuados o PVC eléctrico.

Tuberías metálicas que vayan enterradas serán recubiertas en todo su recorrido con una capa de concreto pobre de un espesor no menor de 5 centímetros alrededor del tubo, a profundidad máxima de 0,30 metros. Las cajas metálicas de conexión, unión, de registro y para halado de conductores se instalarán donde sean necesarias y se indique en planos de instalaciones eléctricas, estas cajas se colocarán en lugares fácilmente accesibles y todas tendrán tapadera metálica atornillada. La separación entre cajas para halado será menor de 15 metros. Las lámparas de empotrar en cielo falso, tanto aquellas de 2 x 4 pies como las de 2 x 2 pies, deberán ser metálicas, pintadas al horno, color blanco, con balastro tipo rapid-start con difusor parabólico PL2 de 1,5 pulgadas x 1,5 pulgadas. Los tubos serán tipo Cool white de 40Watt. La iluminación será con lámparas fluorescentes de alto factor de potencia, de encendido rápido, con tubo tipo "CoolWithe" de 40 vatios. Podrá ser con 1, 2 o 4 tubos según se indique en los planos respectivos.

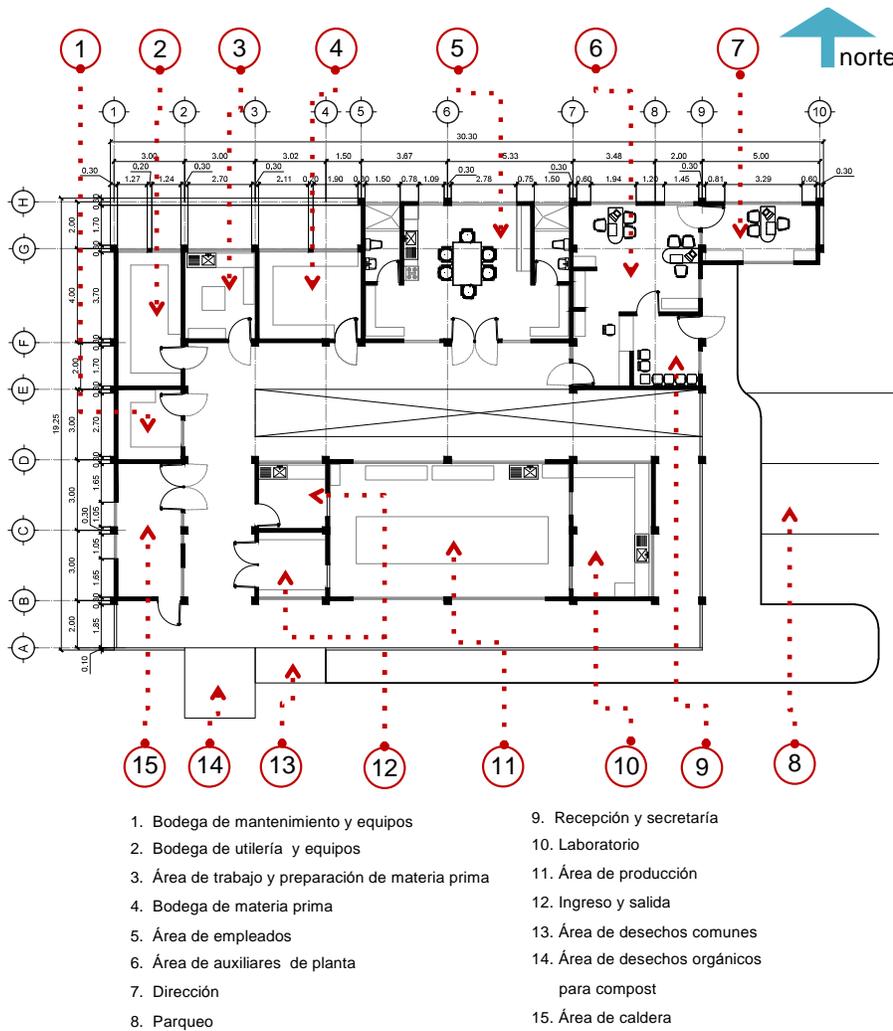
Para ambientes que se especifiquen en los planos para las áreas de uso administrativo, y áreas de apoyo no se usaran lámparas incandescentes, solamente tipo ahorrador de 20 a 25 vatios y 120 voltios, con su respectiva plafonera, la cual podrá ser simple o con tomacorriente según indicación de planos.

Todas las luminarias irán ubicadas en los sitios y alturas que se indican en los planos de instalación eléctrica.

Para las instalaciones de agua potable, pluvial y drenaje, la tubería y los accesorios a instalar estarán especificados desde su clase, diámetro y longitud y se indicarán en los planos y en las especificaciones especiales del proyecto. La tubería será de cloruro de Polivinilo (PVC) debe cumplir la norma CS-256 y las especificaciones ASTM D 2241. Los accesorios para PVC deben estar de acuerdo con la especificación ASTM D 2466 cédula 40. La tubería de acero galvanizado conocida como tubería de hierro galvanizado conocida como tubería de hierro galvanizado (HG) debe cumplir la especificación ASTM 120 y ASTM A 53 para tubería peso estándar Cédula 40. Los accesorios serán de hierro maleable para una presión mínima de trabajo de 21 Kg/cm². (300 PSI). La tubería y los accesorios serán roscadas, salvo casos especiales que se indiquen en los planos. Las roscas estarán de acuerdo con la especificación Standard Americana ANSI B 2.1. Las cunetas servirán para evacuar el agua superficial o de lluvia del terreno hacia alguna estructura hidráulica o cajas unificadoras del diseño de drenajes; estarán diseñadas en los planos y llevará una pendiente mínima de 2 %, en dirección donde se pueda desfogar el agua de lluvia sin que ocasione daños.

En la siguiente figura se muestra el plano de diseño de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, indicando la distribución de los ambientes.

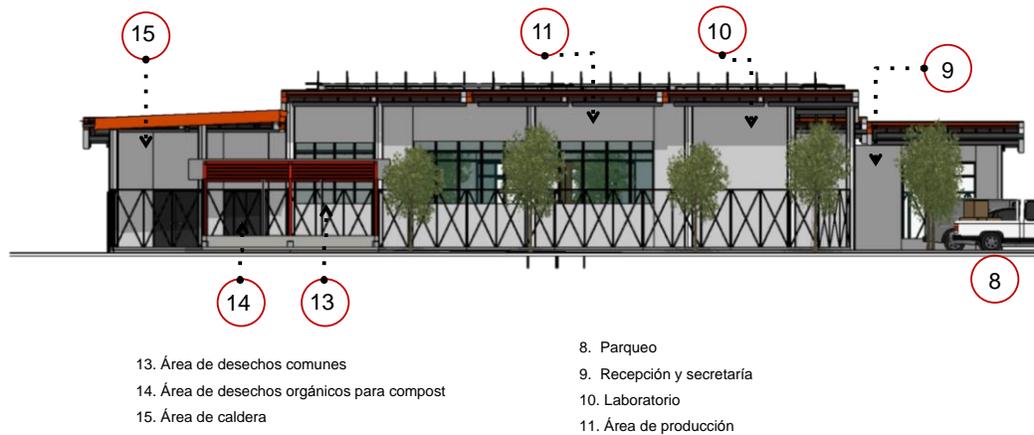
Figura 22. **Plano de diseño de planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (*Citrus reticulata* Blanco)**



Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra la vista de la fachada sur de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, indicando los ambientes que se distribuyen en la orientación sur de la planta.

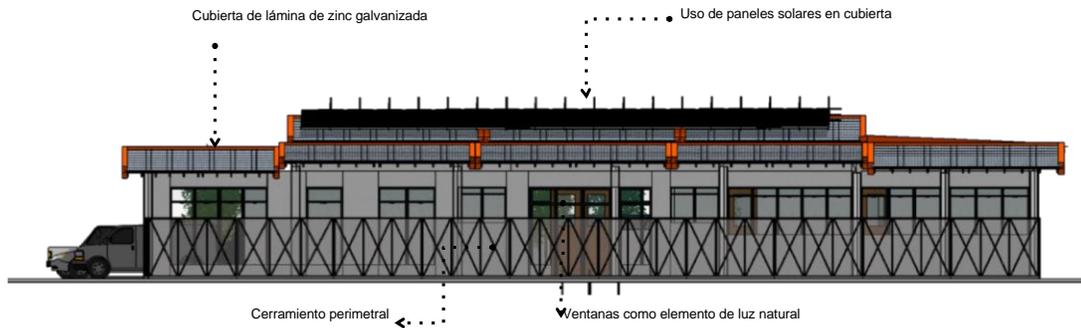
Figura 23. **Vista de fachada sur de planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (*Citrus reticulata Blanco*)**



Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra la fachada norte de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, indicando los materiales utilizados para la cubierta y el uso de paneles solares, también se indica la utilización del cerramiento perimetral y la utilización de ventanería para el aprovechamiento de la luz solar natural.

Figura 24. **Vista de fachada norte de planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (*Citrus reticulata Blanco*)**



Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra la vista de la fachada este de la planta de extracción de aceite de mandarina Dancy, indicando el tipo de materiales que se utilizarán en la cubierta, la implementación de paneles solares y los ambientes distribuido en la orientación este del edificio.

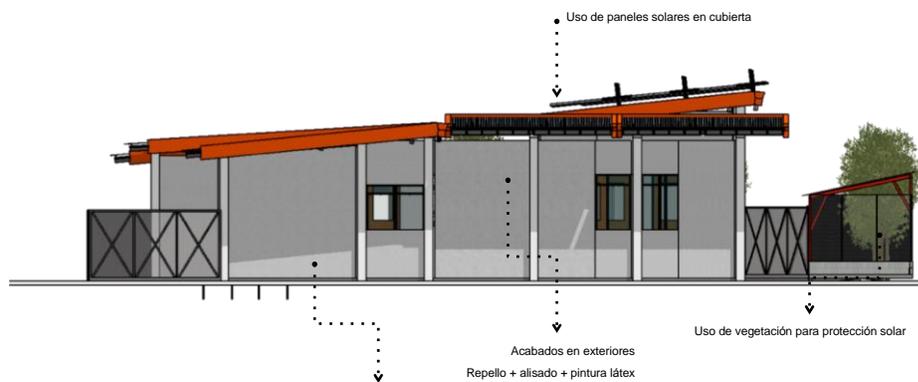
Figura 25. **Vista de fachada este de planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (*Citrus reticulata Blanco*)**



Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra la fachada oeste de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, indicando la implementación de paneles solares en la cubierta y el tipo de acabados en los cerramientos verticales.

Figura 26. **Vista de fachada oeste de planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (*Citrus reticulata* Blanco)**

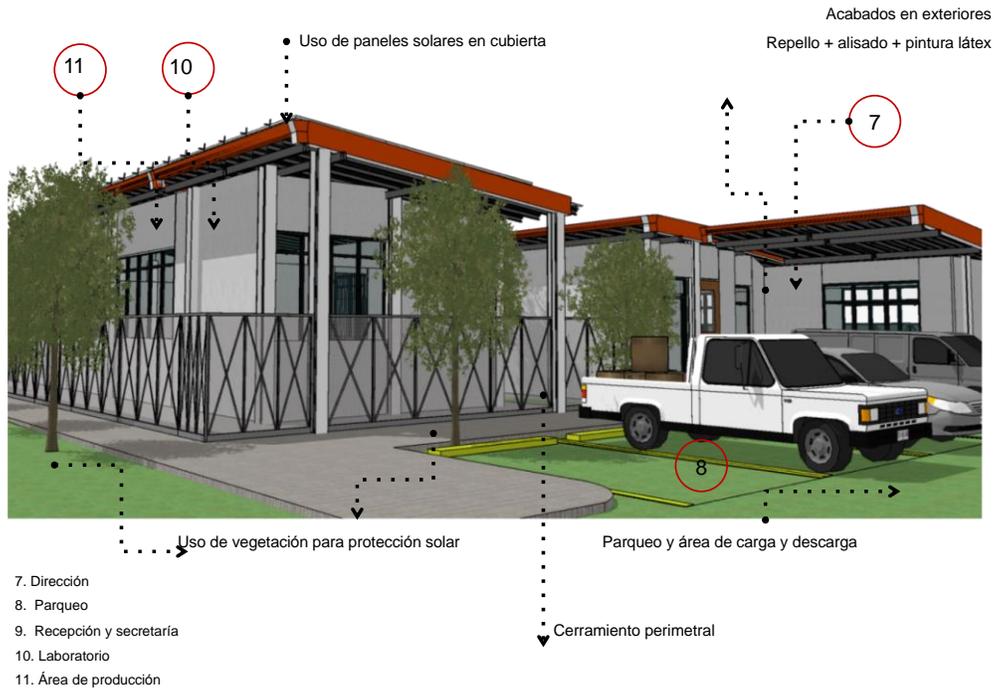


Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra la vista del ingreso de usuarios a la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, indicando los ambientes que se ubican en esta área y los acabados en cubierta y muros de cerramientos.

Figura 27.

Vista de ingreso a planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (*Citrus reticulata* Blanco)



Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra la vista de sección de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, indicando los ambientes que se ubican en la sección y el tipo de acabados en cubierta y muros de cerramiento.

Figura 28. **Vista de sección, área de producción y área de oficina de jefe de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (*Citrus reticulata Blanco*)**



Fuente: elaboración propia.

2.5.3. Buenas prácticas de manufactura (RTCA)

“Las buenas prácticas de manufactura son las condiciones de infraestructura y procedimientos establecidos para todos los procesos de producción y control de alimentos, bebidas y productos afines, con el objetivo de garantizar la calidad e inocuidad de dichos productos según normas aceptadas internacionalmente.”¹⁴

2.5.3.1. Edificio

En toda la industria alimentaria todos los empleados, deben velar por un manejo adecuado de los productos alimenticios y mantener un buen aseo personal, de forma tal que se garantice la producción de alimentos inocuos.

¹⁴ REGLAMENTO TÉCNICO CONTROAMERICANO RCTA. *Buenas prácticas de manufactura. Principios generales.* p 3.

Las vías de tránsito externo deben tener una superficie pavimentada para permitir la correcta circulación de camiones, transportes internos y contenedores.

En los edificios e instalaciones, las estructuras deben ser resistentes al tránsito interno de vehículos, por ejemplo Clarks y sanitariamente adecuadas a fin de facilitar la limpieza y desinfección. Las aberturas deben contar con un método adecuado de protección para impedir la entrada de animales domésticos, insectos, roedores, moscas y contaminantes del medio ambiente como humo, polvo, vapor, otros.

Asimismo, deben existir separaciones, por ejemplo cortinas, para evitar la contaminación cruzada. El espacio debe ser amplio y los empleados deben tener presente qué operación se realiza en cada sección, para impedir este tipo de contaminación. Además, debe tener un diseño que permita realizar eficazmente las operaciones de limpieza y desinfección, como por ejemplo pisos con desniveles para facilitar el drenaje del agua de lavado, zócalos redondeados, entre otros.

El agua utilizada debe ser potable, con abundante abastecimiento a presión adecuada y a la temperatura necesaria. Asimismo, tiene que existir un desagüe apropiado.

Los equipos y los utensilios para la manipulación de alimentos deben ser de un material que no transmita sustancias tóxicas, olores ni sabores, por ejemplo, acero inoxidable. Las superficies de trabajo no deben tener hoyos, ni grietas. Se recomienda evitar el uso de maderas y de productos que puedan corroerse.

La pauta principal consiste en garantizar que las operaciones se realicen higiénicamente desde la llegada de la materia prima hasta obtener el producto

terminado. Además, es fundamental señalar correctamente cada área, por ejemplo: zona de lavado, recepción de materias primas, producto semielaborado, producto terminado, entre otros.

Las instalaciones especiales a utilizar en la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, se implementará, el uso de aire acondicionado en el área de producción, esto se debe a los protocolos y normativas de seguridad industrial y saneamiento; instalación contra incendios en todo el edificio, según normativas estipuladas por CONRED e ISO e instalación de tubería en el área de caldera, ya que esta debe ser específica para el uso adecuado de la unidad de extracción por arrastre de vapor que se implementará en el área de producción de aceite esencial de mandarina Dancy.

El sistema de aire acondicionado es el suministro e instalación y puesta en funcionamiento de un sistema de aires acondicionados tipo Mini Split, dejándolos en perfecto estado de funcionamiento, como se indicará en los planos y en estas especificaciones técnicas de acuerdo con medidas, balance y los caudales indicados.

Se utilizarán unidades independientes de aires acondicionados tipo Mini Split con capacidad de enfriamiento de dos (2) toneladas 220 voltios 60 Hz 1PH de tres velocidades en el ventilador de evaporador con control remoto y manual. Serán de una marca reconocida que se venda en el mercado nacional para garantizar la adquisición de repuestos y accesorios y con oficina de representación acreditada en el país.

Tanto los equipos como sus componentes contarán con dispositivos de seguridad tales como retardador de arranque, juegos de contadores que garanticen la protección de los mismos en caso de fluctuación de voltaje,

presostatos de alta y baja presión de refrigerante cada equipo estará provisto de un control temperatura automático (termostato) para la graduación deseada de que será manipulada desde adentro de los servicios y una botonera de encendidos y apagado.

Para la alimentación eléctrica del sistema de aire acondicionado propuesto tendrán una caja de flipones por cada equipo. Los flipones serán adecuados al amperaje de consumo y el conductor (alambre) será del calibre según, tomando en cuenta la distancia de donde se traerá el flujo eléctrico.

La instalación área de tubería aérea de caldera se diseñará según las especificaciones técnicas de fabricante de la unidad de extracción por arrastre de vapor y diseñada para evitar par galvánico entre soportes y tubería. Que sea de fabricación en base a elementos angulares, varilla roscada, y que sea sujeto a techos y paredes de su edificio con abrazadera. Se recomienda el uso de tubería de cobre tipo "L" y accesorios, pre limpiada y taponada en los extremos, debe cumplir con las normas para presiones positivas según norma de la NFPA 99C, "La tubería debe ser fabricada bajo las normas ASTM B-819", debe ser del tipo "L" ASTM B-819 o Tipo "K" ASTM B-818 y no debe tener costuras internas. Panel de Alarma Maestra / Zona de Alarma en área de caldera, la alimentación al panel de alarma debe ser de 120 VAC., 60 Hz, con un sistema de protección doble (fusibles) en el lado de la entrada. Una fuente de poder interna convierte el voltaje de entrada de 120 VAC a +5 y +24 VDC. Todos los accesorios electrónicos como el alambrado deben utilizar este bajo voltaje. Para poder tener acceso al alambrado del alto voltaje debe tener una cubierta removida como protección.

Instalación de sistema contra incendios, en el diseño de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, se debe de incluir medidas para la rápida detección y extinción de incendios, se debe tomar en cuenta la

naturaleza y cantidad de materiales combustibles y productores de humo que puedan arder durante un incendio. Tales aparatos serán los extintores manuales, bocas de incendio y rociadores, también se instalarán detectores de fuego y humo, y un sistema de señales que haga sonar alarmas que alerten a los ocupantes de la Planta y a los bomberos o un equipo de personas capacitadas que estarán controlando todo el sistema para que en caso de un incendio o de utilizar algún equipo de sistema contra incendio instalado sea el personal capacitado debido a que las personas son mayores de edad y no contarán con la flexibilidad y rapidez de utilizar el equipo, se utilizarán extinguidores de incendio portátiles los cuales se ocultan mediante una pequeña tapa de bajo perfil a ras del cielorraso. El montaje del conjunto de tapa por presión permite una fácil instalación de la tapa una vez que el sistema ha sido probado y la pared pintada, también permite un ajuste horizontal de hasta $\frac{1}{2}$ ".

El conjunto de tapa se pueden retirar y volver a instalar fácilmente, permitiendo acceder al rociador sin necesidad de poner la instalación fuera de servicio ni desmontar el rociador. El tipo de sistema que debe usarse para la extinción de incendios depende en mayor medida de la temperatura ambiente del diseño del área, la inflamabilidad de su contenido, la velocidad de propagación calculada de un incendio y la carga térmica total.

El emplazamiento de los extintores permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a los puntos donde se estima mayor probabilidad de iniciarse el incendio a ser posible próximos a las salidas de evacuación y preferentemente sobre soportes fijados a parámetros verticales, de modo que la parte superior del extintor quede, a 1,50 metros sobre el suelo y la misma cabina en donde se colocara el extintor ahí mismo se colocara la boca de incendio.

Los acabados finales para los recubrimientos verticales y horizontales cumplirán con los protocolos y normativas de seguridad industrial y sanidad.

En los acabados del piso interior de los ambientes será de granito de mármol antideslizante para las áreas comunes, el cual debe ser pegado con mezcla de cemento, cal y arena de proporción 1:1:4, (la arena de preferencia amarilla) o bolsas de mezclón prefabricado. Después de colocadas las losetas, se debe aplicar su respectivo estucado con una lechada de cemento gris al mismo color predominante del piso.

En áreas específicas, como la exclusiva de ingreso y salida, el laboratorio y el área de proceso de producción se debe de utilizar un acabado en piso de concreto alisado y recubierto con piso vinílico conductivo, en las uniones de piso y cerramientos verticales utilizar la curva sanitaria con materiales epóxicos sellantes.

En los muros y columnas, vigas, sillares, bordillos u otro elemento que se indique en los planos quedaran con un acabado perfecto y uniformemente expuesto con pintura epóxica anticorrosiva y sus aristas quedan a filo, lisas y con textura uniforme, en uniones con muros se usará la curva sanitaria con materiales epóxicos sellantes. El espesor máximo de los acabados en elementos no debe sobrepasar 0.50cm, es decir que todo elemento de concreto reforzado finalizado tendrá como máximo 1.00cm extra en las medidas finales con respecto a las cotas indicadas en planos.

La proporción para el mortero (que estará hecho a base de cemento, cal y arena de río cernida) utilizado en el repello y tallado, será de 1:1/4:2, o se puede utilizar material prefabricado para tallados. En muros, el acabado final será de cernido vertical, y en losas y vigas será pintura anticorrosiva.

Se aplicará pintura tipo látex satinada en todos los muros o recubrimientos de tablayeso de áreas comunes, en cielo falso y donde lo indiquen los planos de construcción. En la exclusiva de ingreso y salida, área de proceso de producción y laboratorio se utilizará la curva sanitaria en todos los muros internos, intersección de muros con piso y muros con cielo falso. En estas áreas los muros internos y el cielo falso se debe de aplicar dos veces pintura epóxica color blanco. En todos los muebles fijos que sean fundidos de concreto deberán de llevar acabado alisado con terminación de pintura epóxica de doble aplicación o recubrimientos de acero inoxidable o inox.

La pintura anticorrosiva se aplica en elementos de herrería con un acabado de 2 manos de anticorrosivo de diferente color y una o dos mano(s) de esmalte (según se indique en planos o estas especificaciones).

Todas las ventanas serán con los materiales indicados en los planos de construcción. Las ventanas se accionaran con un mecanismo especial según se indica en planos, debiendo abrirse desde dentro. Las partes móviles de las ventanas deberán accionarse con facilidad y suavemente. Las ventanas deben acoplarse a las partes fijas de manera que se produzca un cierre sellado, que impida la penetración de la lluvia. El vidrio será del espesor y tipo indicado en los planos. Debe ser cortado del tamaño requerido sin imperfecciones ni irregularidades que puedan causar distorsión a la vista o daños a algún niño (cortaduras). Una vez colocados los vidrios, se procederá a efectuar su limpieza, eliminando y removiendo cualquier mancha o elemento adherido a los mismos. Las ventanas a utilizar en el área de Producción y Laboratorio son de un sistema fijo, material insulado, para asegurar el factor estéril que se requiere, ya que servirán para la utilización de iluminación natural.

El tipo de material para las puertas será como se indique en los planos. Deberán proporcionarse con todos sus herrajes, cerraduras, pasadores y elementos necesarios para su adecuado funcionamiento. Las puertas de metal llevan chapa Yale Italiana con cajuela. Posteriormente, se les aplicaran dos manos de pintura anticorrosiva de diferente color. El acabado final será a dos manos a base de pintura de aceite esmaltada de color negro.

2.5.3.2. Personal

En toda la industria alimentaria todos los empleados, deben velar por un manejo adecuado de los productos alimenticios y mantener un buen aseo personal, de forma tal que se garantice la producción de alimentos inocuos.

Los manipuladores de alimentos deben recibir la capacitación primaria que deberá contar como mínimo con los conocimientos de: enfermedades transmitidas por alimentos; medidas higiénico-sanitarias básicas para la manipulación correcta de alimentos; criterios y concientización del riesgo involucrado en el manejo de las materias primas, aditivos, ingredientes, envases, utensilios y equipos durante el proceso de elaboración, entre otros

Para la capacitación del personal son fundamentales los siguientes aspectos:

- El personal involucrado en la manipulación de alimentos, debe ser previamente capacitado en Buenas Prácticas de Manufactura.
- Debe existir un programa de capacitación escrito que incluya las buenas prácticas de manufactura, dirigido a todo el personal de la empresa.
- Los programas de capacitación, deben ser ejecutados, revisados, evaluados y actualizados periódicamente

Las prácticas higiénicas son indispensables para que todos los utensilios y equipos se mantengan en buen estado de conservación y de funcionamiento. Así mismo la limpieza y desinfección se hace necesaria en el personal siendo los siguientes puntos requisitos:

- El personal que manipula alimentos debe presentarse bañado antes de ingresar a sus labores.
- Como requisito fundamental de higiene se debe exigir que los operarios se laven cuidadosamente las manos con jabón antibacterial:
 - Al ingresar al área de proceso.
 - Después de manipular cualquier alimento crudo o antes de manipular alimentos cocidos que no sufrirán ningún tipo de tratamiento térmico antes de su consumo.
 - Después de llevar a cabo cualquier actividad no laboral como comer, beber, fumar, sonarse la nariz o ir al servicio sanitario.
- Toda persona que manipula alimentos debe cumplir con lo siguiente:
 - Si se emplean guantes no desechables, estos debe estar en buen estado, ser de un material impermeable y cambiarse diariamente, lavar y desinfectar antes de ser usados nuevamente. Cuando se usen guantes desechables deben cambiarse cada vez que se ensucien o rompan y descartarse diariamente.
 - Las uñas de las manos deben estar cortas, limpias y sin esmaltes.
 - No deben usar anillos, aretes, relojes, pulseras o cualquier adorno u otro objeto que pueda tener contacto con el producto que se manipule.
 - El bigote y barba deben estar bien recortados y cubiertos con cubre bocas.
 - El cabello debe estar recogido y cubierto por completo por un cubre cabezas.

- No debe utilizar maquillaje, uñas o pestañas postizas.
- Los visitantes de las zonas de procesamiento o manipulación de alimentos, deben seguir las normas de comportamiento y disposiciones que se establezcan en la organización con el fin de evitar la contaminación de los alimentos.

Para tener un control de la salud del personal, las personas responsables de las fábricas de alimentos debe llevar un registro periódico del estado de salud de su personal, todo el personal cuyas funciones estén relacionadas con la manipulación de los alimentos debe someterse a exámenes médicos previo a su contratación, la empresa debe mantener constancia de salud actualizada, documentada y renovarse como mínimo cada seis meses.

Además se debe regular también el tráfico de manipuladores y visitantes en las áreas de preparación de alimentos, y no debe de permitirse el acceso a ninguna área de manipulación de alimentos a las personas de las que se sabe o se sospecha que padecen o son portadoras de alguna enfermedad.

2.5.3.3. Producción

El control de producción y de procesos se puede definir como “la función de dirigir o regular el movimiento metódico de los materiales por todo el ciclo de fabricación, desde la requisición de materias primas, hasta la entrega del producto terminado, mediante la transmisión sistemática de introducciones a los subordinados.”¹⁵

¹⁵ MONTAÑO LARIOS, José Jesús. *La calidad es más que ISO 9000*. p. 325.

Se debe contar con procedimientos escritos que definan la forma de producir, como monitorear los parámetros del proceso y criterios para la ejecución de las tareas. Por otro lado es necesario disponer de los equipos de producción adecuados y procedimientos de mantenimiento para asegurar la continuidad de la capacidad del proceso. Es necesario establecer los requisitos para la calificación de las operaciones y del personal asociado.

Para el control de la línea de producción, el gerente y el jefe de producción deben estar al tanto de las actividades que se realizan en la planta desde la cantidad de materia prima a ingresar, las actividades del personal, el tiempo y la cantidad producida, los parámetros de calidad del producto hasta el almacenamiento. Las ventajas radican en que se organice la producción, se controla el consumo de materia prima, se controla el tiempo trabajado por operario y se verifica las cantidades producidas.

Se utilizarán tres formatos para controlar la producción y los procesos. El primero a cargo del operario en donde expone las actividades realizadas y la cantidad de nevasos producidos, estos se comparan con las órdenes de producción que los realizará el jefe de producción y por último con el formato de control de materias primas que estará a cargo del encargado de la bodega de materia prima y producto terminado.

Para reducir el crecimiento potencial de microorganismo, proteger el producto final de contaminación y resguardar la salud del personal, mensualmente se pasará un *checklist* a cargo del gerente general con apoyo del jefe de producción, el cual es una lista de comprobación para verificar que se cumplan con todas las buenas prácticas de manufactura.

2.5.3.4. Almacenamiento

En toda la industria alimentaria todos los empleados, deben velar por un manejo adecuado de los productos alimenticios y mantener un buen aseo personal, de forma tal que se garantice la producción de alimentos inocuos.

La materia prima, productos semiprosesados, procesados deben almacenarse y transportarse en condiciones apropiadas que impidan la contaminación y la proliferación de microorganismos y los protejan contra la alteración del producto o los daños al recipiente o envases.

Durante el almacenamiento debe ejercerse una inspección periódica de materia prima, productos procesados y de las instalaciones de almacenamiento, a fin de garantizar su inocuidad: En las bodegas para almacenar las materias primas, materiales de empaque, productos semiprosesados y procesados, deben utilizarse tarimas adecuadas, que permitan mantenerlos a una distancia mínima de 15 cm. sobre el piso y estar separadas por 50 cm como mínimo de la pared, deben respetar las especificaciones de estiba. Debe existir una adecuada organización y separación entre materias primas y el producto procesado. Debe existir un área específica para productos rechazados.

La puerta de recepción de materia prima a la bodega, debe estar separada de la puerta de despacho del producto procesado, y ambas deben estar techadas de forma tal que se cubran las rampas de carga y descarga respectivamente.

Debe establecer el Sistema Primeras Entradas Primeras Salidas (PEPS), para que haya una mejor rotación de los alimentos y evitar el vencimiento de los mismos.

No debe haber presencia de químicos utilizados para la limpieza dentro de las instalaciones donde se almacenan productos alimenticios.

Deben mantener los alimentos debidamente rotulados por tipo y fecha que ingresan a la bodega. Los productos almacenados deben estar debidamente etiquetados.

Los vehículos de transporte pertenecientes a la empresa alimentaria o contratados por la misma deben ser adecuados para el transporte de alimentos o materias primas de manera que se evite el deterioro y la contaminación de los alimentos, materias primas o el envase. Estos vehículos deben estar autorizados por la autoridad competente.

Los vehículos de transporte deben realizar las operaciones de carga y descarga fuera de los lugares de elaboración de los alimentos, debiéndose evitar la contaminación de los mismos y del aire por los gases de combustión.

Los vehículos destinados al transporte de alimentos refrigerados o congelados, deben contar con medios que permitan verificar la humedad, y el mantenimiento de la temperatura adecuada.

2.5.4. Salud y seguridad ocupacional

La salud y seguridad ocupacional, es el conjunto de conocimientos que tienen como objetivo garantizar el bienestar físico, mental y social del trabajador, de las personas que se ven involucradas en el área sin que estén contratadas para la actividad específica y de las empresas contratadas para aumentar la

seguridad. Con ello, se añade la eficiencia en el trabajo, controlando aquellos riesgos que puedan producirle accidentes o enfermedades laborales.¹⁶

Los principales objetivos de la salud y seguridad ocupacional son:

- Garantizar la salud y seguridad ocupacional de los colaboradores, contratistas, visitantes y otras personas que interactúen con nuestras operaciones.
- Asegurar que las actividades laborales que se realizan en las diferentes unidades se ejecuten siguiendo los estándares de salud y seguridad definidos como organización.
- Generar competencias y conocimientos en los colaboradores a través de la identificación de necesidades de capacitación y la respectiva ejecución de los cursos.
- Asegurar la salud, integridad física y calidad de vida de los colaboradores a través de evaluaciones y controles médicos, odontológicos, así como la promoción de buenos hábitos alimenticios.

Para que exista y se pueda llegar a medir el aumento o disminución de un riesgo a diferentes emergencias en el área de trabajo, se debe empezar con la construcción de un normativo interno que indique los requerimientos mínimos al momento de ingresar a la planta. Este normativo debe estar basado en leyes nacionales cuando estas sean aplicables al área física y leyes internacionales que refuerzan cada acción.

CONRED a nivel nacional simplifica las Normas de Reducción de Desastres (NRD), las cuales según el estado y propósito de la construcción se dividen para

¹⁶ MINTRAB. *Seguridad, Funciones y Comité de Seguridad en el Trabajo.*

formar la NRD1, 2, 3 y 4. La NRD1 “tiene por objetivo establecer los criterios técnicos mínimos que deben implementarse en el diseño de obras nuevas y remodelación o reparación de obras existentes, la evaluación de obras a efecto de prevenir daños a la integridad de las personas y a la infraestructura indispensable para el desenvolvimiento socioeconómico de la población.”¹⁷

La NRD1 además de clasificar a las nuevas edificaciones por su categoría ocupacional en obras utilitarias, ordinarias, importantes o esenciales, en la cual la planta se encuentra en la categoría ocupacional de obras importantes (III). Describe normas que establecen un protocolo para los permisos, supervisión, documentación legal, niveles de protección estructural, condiciones del suelo, estudios geotécnicos, entre otros. Así mismo, la NRD2 fija los requisitos mínimos de seguridad que deben observarse en edificaciones e instalaciones de uso público para resguardar a las personas en caso de eventos de origen natural o provocado que puedan poner en riesgo la integridad de las personas.¹⁸

La salud y seguridad de los colaboradores es de suma importancia, es por eso que se debe contar con un equipo que vele por el bienestar de toda la organización. Entonces, además de una política estructural, es necesario crear directrices que filtren las aptitudes de todo futuro trabajador, contratista o personal autorizado, haciendo que estos formen parte de una organización que se sea apta para el trabajo específico a realizar dentro de la planta.

Al constituir el instrumento para establecer el marco general de las políticas de prevención de riesgos laborales se pretende dotar de coherencia y

¹⁷ CONRED. *Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la república de Guatemala.*

¹⁸ AGIES NSE 1-10. *Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la república de Guatemala.*

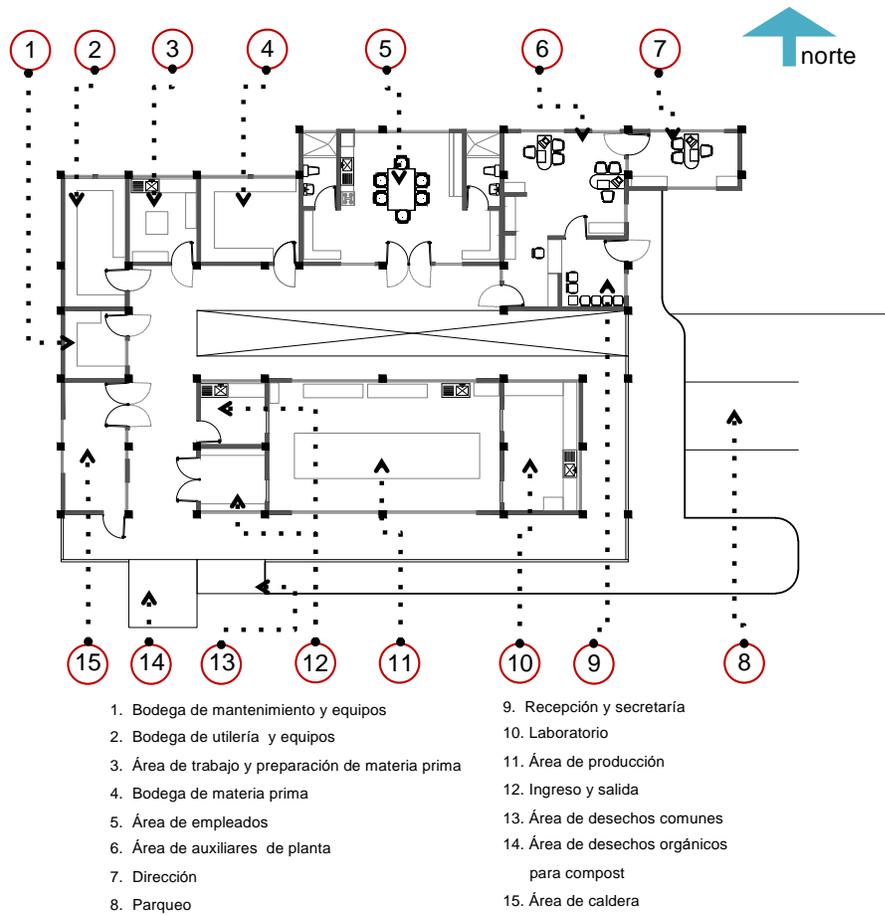
racionalidad las actuaciones en materia de seguridad y salud en el trabajo desarrolladas por todos los actores relevantes en la prevención de riesgos laborales.

Es indispensable que se facilite el cumplimiento de cada uno de los normativos con equipo y vestuario de seguridad, señalizaciones, rutas de evacuación, información sobre el manejo de sustancias y maquinaria. A esto se le suma la necesidad de evaluar cada una de las actividades para lograr una medición al riesgo laboral en la que están expuestas las personas dentro del espacio físico. Para asegurar que esto se cumpla es necesaria la implementación de señalización del piso por colores e identificación de tuberías de acuerdo con los riesgos y aplicaciones, señales de prohibición, de obligación, de advertencia, de evacuación, seguridad y contra incendios en toda la planta, así como tener los pasos a seguir en caso de evacuación de las instalaciones por sismos o terremotos, fugas de gas e incendios.

Terminada la etapa de desarrollo y diagnóstico al momento de cualquier siniestro o emergencia debe de existir un informe claro del porqué, cómo, cuándo y dónde tuvo lugar la emergencia. Los instrumentos de evaluación, entonces crean oportunidades para observar el fallo dentro una planificación, lo que facilita la detección específica de la acción fuera de la estrategia para la reducción de un riesgo. Con los resultados inicia la etapa de recuperación en la que se crea un plan de respuesta que dicta qué deben de hacer cada uno de los involucrados de la planta al momento de la emergencia en relación a los normativos ya establecidos al inicio de construcción de la edificación.

En la siguiente figura se muestra el plano de las rutas de evacuación que se implementará en la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy, para el desalojo de las instalaciones en el momento de cualquier siniestro.

Figura 29. **Esquema de rutas de evacuación de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (*Citrus reticulata Blanco*)**



Simbología

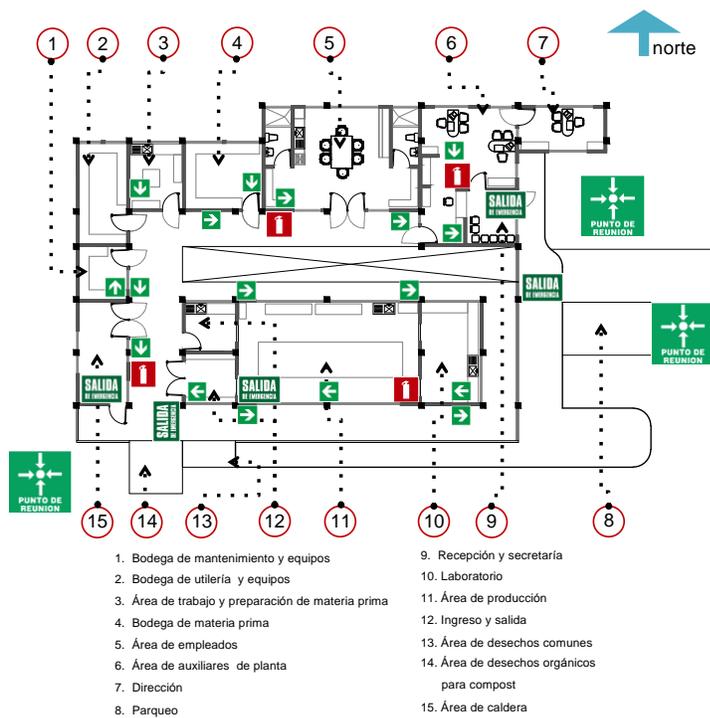
Indica salidas de emergencia

Indica ruta de evacuación

Fuente: elaboración propia.

La siguiente figura se muestra el plano de ubicación de señalización de seguridad y evacuación, siendo ubicada según normativa establecida por CONRED.

Figura 30. **Esquema de ubicación de señalización de seguridad y evacuación de la planta de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy (*Citrus reticula Blanco*)**



Simbología



Fuente: elaboración propia

2.5.5 Costos de la propuesta

Los costos de construcción y de obtención de maquinaria se aproximan incluyendo los costos de las instalaciones las cuales deben cumplir con lo expresado en las especificaciones de los incisos anteriores.

Tabla XXX. **Costos de la propuesta**

Zonificación	Ambiente	Área en m ²	Costo en Q.
Área administrativa	Dirección	53,00	Q 180 000,00
	Área de auxiliares de planta		
	Recepción y secretaría		
Área de producción de planta	Ingreso / exclusiva	93,00	Q 837 000,00
	Área de producción		
	Laboratorio		
	Salida / exclusiva		
Área de almacenamiento	Bodega de materia prima	55,00	Q 150 000,00
	Área de preparación de materia prima		
	Bodega de utilería y equipos		
	Bodega de mantenimiento y equipos		
Área de servicio	Área de caldera	40,00	Q 100 000,00
	Área de desechos comunes		
	Área de desechos orgánicos		
Otras áreas	Parqueo y áreas verdes	169,00	Q407 500,00
	Pasillos	128,00	Q256 000,00
Maquinaria	Maquinaria y equipo		Q533 350,00
Total		538,00	Q2 363 850,00

Fuente: elaboración propia.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. ECODISEÑO PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

3.1. Diagnóstico

Para diagnosticar la aplicación de un ecodiseño a la planta del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales es necesario conocer todos los elementos que se ven implicados dentro del proceso.

Dentro de los procesos de extracción de aceite esencial de mandarina que fueron efectuados, se pudieron observar los niveles de consumo de ciertos insumos, de los cuales pueden tener cierto impacto ambiental dependiendo del manejo que se le pueda dar dentro de los cambios que se le puedan efectuar al mismo.

Las operaciones que pueden ser sujetos a un ecodiseño son:

- Generación de vapor en la caldera
- Condensación del vapor
- Manejo de residuos

En las operaciones anteriormente mencionadas se deben considerar los siguientes factores:

- Agua
- Combustible
- Residuos de materia prima
- Calor

- Energía eléctrica

En siguiente tabla se detallan las operaciones y los factores que se deben de tener en cuenta para el ecodiseño:

Tabla XXXI. Operaciones del proceso sujetas al ecodiseño con sus factores

Operación	Insumo	Problema
Generación de vapor en la caldera	Combustible	Conservación de la energía
	Calor	
	Energía eléctrica	
Condensación del vapor	Agua	Recirculación y aprovechamiento de los insumos
	Energía eléctrica	
Manejo de Residuos	Residuos vegetales	Tratamiento de los desechos vegetales

Fuente: elaboración propia.

El calor es uno de los factores que determinan la variabilidad que los costos de operación puedan tener ya que la conservación o la pérdida de este, indicarían un cambio en el consumo de combustible. Para este caso, se ven inmersos el agua y su temperatura al ingresar a la caldera ya que esta es la que absorberá toda la energía para convertirse en vapor e iniciar el proceso. De igual manera, el agua se utiliza para la generación de vapor y para intercambiar calor y cambiar de fase el mismo vapor. Por ello, debe absorber el calor del vapor que sale de la unidad de extracción para que pueda ser decantada posteriormente, la cual no cuenta con ningún tipo de conservación de la misma, es decir el agua que entra de la tubería municipal entra directamente al intercambiador de calor y al salir de este, es desechada.

Con respecto de la temperatura del agua en sus diferentes actuaciones dentro del proceso es algo que se debe tomar en cuenta para el ecodiseño, ya que está es la que transporta la energía aportándola y retirándola del sistema.

Los residuos deben de tener una forma alternativa de transformación, ya que en las extracciones que se realizan dentro del LIEXVE, todos los residuos vegetales son desechados, y la mayoría de estos tienen una aplicación por la naturaleza de su origen.

La energía eléctrica que se emplea dentro del proceso se debe reducir con alguna opción saludable con el ambiente, por las implicaciones institucionales del LIEXVE, las instalaciones no cuentan con un contador con el cual se pueda contabilizar el consumo, sin embargo para la práctica es necesario contar con una implementación que pueda sustituir este insumo.

A continuación, se detalla en una tabla el análisis de los insumos y su situación actual dentro del proceso de extracción dentro del LIEXVE, determinado de conformidad a los establecido en el diagnóstico.

Tabla XXXII. Análisis de los insumos sujetos al ecodiseño y su situación actual dentro del proceso

Insumo	Objetivo	Situación actual
Calor	Conservación	Pérdidas en la tubería
Combustible	Reducción de consumo	Aumento del gasto por enfriamiento del vapor

Continuación tabla XXXII.

		intercambiador
Energía eléctrica	Forma alterna	No hay formas alternas de generar energía eléctrica
Residuos vegetales	Transformación	No se trata ni se transforman los residuos solo se desechan

Fuente: elaboración propia.

3.1.1. Variables determinantes

Las variables determinantes del proceso productivo son aquellas que por su naturaleza tengan mayor impacto sobre el ambiente y los costos de operación. En este caso, el combustible es uno de los insumos que más participación tiene que, a su vez, está relacionado con el agua y su pérdida de energía ya que la cantidad de calor que se genera por la combustión del diésel, se transfiere al agua para su cambio de fase de líquido a vapor. Se infiere que la cantidad de pérdida de energía del vapor está estrechamente ligada al consumo de combustible por lo cual se define que el combustible y el agua son las variables determinantes.

De conformidad con lo anterior, las pérdidas de calor que tenga el sistema instalado se pueden traducir en gastos de combustible sin ningún fin. Se busca evitar ese desperdicio tratando de aprovechar al máximo la transferencia de energía, ya que el vehículo de esta es el agua, ya que es la que absorbe toda la energía del combustible para la operación el control de la presión de vapor como su temperatura son las que hacen que estas sean las variables que se deben tomar en cuenta con mayor trascendencia a la hora del ecodiseño.

3.2. Reducción de costos

El segundo costo más grande luego de la mano de obra es el combustible. En este caso, el diésel que usa las mayorías de calderas son el medio por el cual utilizan para transmitir calor al agua y generar vapor. Esto pasa cuando los sensores que están ubicados en la maquinaria se encienden o se apagan y de una manera electrónica encienden el quemador, este quemador atomiza el combustible y una chispa electrónica completa la combustión.

Por lo tanto, los requerimientos de vapor son los que van a determinar el consumo de combustible ya que a mayor uso de vapor, la presión del sistema bajaría activando los sensores y activándolos hasta que los medidores que accionan dichos sensores estén estables, es decir, que ya no tengan necesidad de calor puesto que el vapor llego a la presión que la maquinaria establece, volviéndose a encender hasta que comience una nueva caída de presión.

Las maneras en que se puedan limitar los requerimientos de vapor son pocas sin embargo existen algunas en las cuales podrían tener efecto sobre la cantidad de combustible necesaria, puesto que las pérdidas de calor de la tubería hacia al ambiente, enfrían el vapor, por lo que reduce su presión.

Todas las pérdidas de calor que se tienen dentro del sistema se van acumulando y por consecuencia se va actividad durante más tiempo y mayor frecuencia el quemador de la caldera dando como resultado un consumo mayor de combustible.

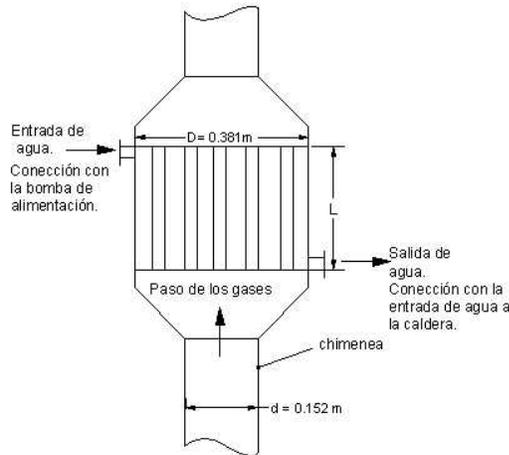
Por otra parte, la cantidad de energía que transfiere el combustible al agua que proviene del tanque de almacenamiento va estar limitada por el requerimiento de la misma para llegar a los estándares de la maquinaria. Cuanto

menor temperatura tenga el agua que entre a la caldera más combustible se va a quemar para alcanzar la presión necesaria de operación.

Por consiguiente todos los sistemas que se puedan implementar dentro del flujo del vapor desde su ingreso a la caldera hasta las pérdidas de calor en la tubería deberían repercutir en el consumo de combustible, para ello, se propone el uso de intercambiadores de calor para hacer circular el agua que llega al tanque de almacenamiento de la caldera, a través de los vapores que esta misma genera.

A continuación, se ilustra el esquema de un intercambiador de calor de gases, su función principal es que los gases producidos de la combustión del combustible pasen por una chimenea dentro la cual posee un tubo que circula dentro de la misma por la cual pasa el agua que ingresara posteriormente a la caldera, con el objeto de que esta pueda absorber la energía de los gases de la combustión y de esta forma necesitar menos requerimiento calórico para iniciar su cambio de fase traduciendo todo esto a un menor consumo.

Figura 31. **Esquema de un intercambiador de calor en una chimenea para el precalentamiento del agua que entra a la caldera**



Fuente: RAMOS, M. *Precalentamiento del Agua de Entrada a la Caldera*.

Otro de los insumos en los cuales puede tener una variabilidad con respecto del costo es el agua, actualmente en el LIEXVE toda el agua que entra al condensador para el cambio de fase del vapor, es desechada, la función del flujo de agua es tener un intercambio térmico para que el vapor que arrastra el aceite esencial llegue a un estado líquido, por lo que no tiene ningún contacto y ninguna alteración más allá de la energía que pueda adquirir del vapor.

Este flujo podría recircularse al tanque de almacenamiento de origen, reduciendo así los costos por el consumo de agua ya que son aproximadamente 4.82 metros cúbicos de agua que, por las condiciones institucionales del LIEXVE, no representan una alarma o un costo significativo, sin embargo en un lugar donde se desarrolle dicho proceso productivo puede ser que de alguna manera los costos del agua o su misma disponibilidad obliguen a tener las consideraciones pertinentes.

3.3. Manejo de residuos

Para el manejo de residuos de la planta se tiene proyectado reincorporar el material vegetal nuevamente al suelo, es decir el pericarpio de la mandarina Dancy que quede como residuo de las extracciones contiene ciertos componentes que pueden ser de utilizado en la industria de los abonos orgánicos, o como suplemento alimenticio para el ganado bovino.

En la siguiente tabla se detallan los componentes nutricionales que posee la cáscara de mandarina Dancy, los cuales tienen los requerimientos suficientes para ser incorporados como un suplemento alimenticio para el ganado bovino.

Tabla XXXIII. **Composición nutricional de la cáscara de mandarina Dancy**
(*Citrus reticulata* Blanco)

Composición nutricional	Unidad	Cantidad
Materia seca	%	91,00
NDT	%	75,00
Energía digestible	Mcal/kg	3,30
Energía metabolizable	Mcal/kg	2,92
Proteína (TCO)	%	6,10
Calcio (TCO)	%	2,04
Fósforo total (TCO)	%	0,15
Grasa (TCO)	%	3,40
Ceniza (TCO)	%	6,00
Fibra (TCO)	%	11,60

Fuente : GÁLVEZ, L. *Cítricos pulpa seca*. http://mundo-pecuario.com/tema61/nutrientes_para_rumiantes/citricos_pulpa_seca-321.html.
Consulta: agosto de 2018.

En las siguientes tablas se detallan los micronutrientes, la cantidad de cenizas y lo cantidad de proteína que contiene la cascara de mandarina Dancy la cual puede ser incorporada al suelo nuevamente como un abono orgánico.

Figura 32. **Contenido de micronutrientes de la cáscara de cítricos**

Contenido de micronutrientes en harinas de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y toronja (*Citrus paradisi*). (mg/100g) de muestra seca

Harinas de cáscaras	Calcio	Magnesio	Zinc	Ácido Ascórbico	Carotenoides Totales
Naranja	27,34 ^a ± 0,31	8,64 ^a ± 0,40	0,38 ^a ± 0,11	16,25 ^a ± 1,43	2,25 ^a ± 0,17
Mandarina	50,25 ^b ± 0,24	15,61 ^b ± 0,33	0,44 ^b ± 0,08	12,32 ^b ± 1,83	11,03 ^b ± 0,53
Toronja	49,54 ^c ± 0,39	10,35 ^c ± 0,46	0,97 ^c ± 0,02	28,17 ^c ± 2,18	2,31 ^a ± 0,29

Los valores presentados son el promedio ± DE (n=3) DE: desviación estándar
Letras diferentes en una misma columna, expresa diferencias estadísticamente significativas, p < 0,05

Fuente: MEDNAT. *Compuestos Bioactivos de las Harinas de Cáscaras de Naranja, Mandarina y Toronja Cultivadas en Venezuela.*

Figura 33. **Contenido de humedad, cenizas, grasa y proteína de cítricos**

Composición proximal de harinas de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y toronja (*Citrus paradisi*) (g/100g b/s)

	NARANJA	MANDARINA	TORONJA
Humedad	3,31 ^a ± 0,19	4,33 ^b ± 0,07	7,81 ^c ± 0,10
Ceniza	4,86 ^a ± 0,02	3,96 ^b ± 0,21	2,99 ^c ± 0,20
Grasa	1,64 ^a ± 0,13	1,45 ^b ± 0,16	2,01 ^c ± 0,10
Proteína	5,07 ^a ± 0,25	7,55 ^b ± 0,24	4,22 ^c ± 0,25

Los valores presentados son el promedio ± desviación estándar (n=3)
Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticamente significativas p (> 0,05).

Fuente: RINCÓN Alicia M., VÁSQUEZ A. Marina y PADILLA Fanny C. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición.* www.sld.cu.

Dado que la cantidad de micronutrientes y los contenidos de fibra que quedan en la cascara luego del proceso pueden ser aprovechados de alguna manera. La ventaja más grande es la degradación que esta pueda tener ya que la descomposición de la materia en este caso se combina con otros insumos para

elaborar abono, al estar sometida a presiones altas y a vapor durante horas la materia se puede decir que sale estéril luego del proceso.

Se propone mezclar los residuos con una cantidad de arena y de tierra para degradar el tejido vegetal y se absorba en el sustrato y los organismos celenterados puedan generar humus, y las bacterias y hongos tengan la humedad y espacio para realizar la biodegradación. La segunda propuesta es empacar el material y venderlo como materia prima para la elaboración de pellets, como alimento para el ganado bovino.

A continuación, se ejemplifica como se puede transformar los residuos de la materia prima luego de la extracción de aceite en un abono orgánico.

Figura 34. **Transformación de los residuos cítricos en abono orgánico**



Fuente: ESCOBAR, L. *Abono para las cáscaras de limón*. <http://www.eljardin.ws/abono/abono-para-plantas-con-cascaras-de-limon.html>.

En la siguiente figura se ejemplifican las diferentes maneras en las cuales se puede transformar los residuos de mandarina Dancy proveniente de las extracciones, para alimento del ganado bovino.

Figura 35. **Transformación de los residuos de cítricos en pellets para alimento de ganado bovino**



Fuente: GUZMÁN GUERRERO, José Luis. *Estudio del aprovechamiento de subproductos de empresas agroalimentarias para la alimentación del ganado*. <https://es.slideshare.net>.

3.4. Ecodiseño

Para la implementación del ecodiseño como se describen en los puntos anteriores se plantean las siguientes medidas, que pueden ser aplicadas dentro de cualquier proceso u operación que converjan en las características que se describieron con anterioridad.

Generación de vapor en la caldera:

- Medida: instalación de un intercambiador de calor.
- Descripción: esta consiste en un accesorio en el cual corre por su interior un tubo que serpentea a lo largo y ancho de la misma con el objeto de que los gases que pasen por el accesorio transfieran el calor de los mismos al tubo y este a su vez se lo transfiera al agua.

- Implicaciones técnicas: este accesorio debe ser instalado como un componente adicional a la marmita, ya que los gases de la chimenea provenientes de la combustión, serán los que estarán transfiriendo la energía por lo que este proceso no funciona desde el inicio, ya que la idea es precalentar el agua, con lo que a medida que los gases de la caldera vayan saliendo el agua que ingresará a la marmita pasara por este accesorio previamente, por lo que hasta que los mismos gases alcancen una temperatura considerable pueden precalentar el agua.
- Implicaciones económicas: con la alta fluctuación de los combustibles fósiles en el mercado nacional es de vital importancia el precalentamiento del agua para su cambio de fase, la economía de los recursos para esta medida es que al mediano plazo la reducción que está determinada por la eficiencia del accesorio así como su tiempo de uso puedan dar una salida ambiental para el proceso si no también económica con la reducción del uso del combustible.

Condensación del vapor:

- Medida: recirculación de agua.
- Descripción: consiste en hacer recircular el agua que sale del condensador nuevamente al tanque de almacenamiento, para no desechar el agua.
- Implicaciones técnicas: este es un intercambio de calor, en el condensador se hace pasar agua a temperatura ambiente, a un flujo funcional con el cual el vapor proveniente de la unidad de extracción pueda cambiar de fase. Lo recomendable es que la recirculación sea al mismo tanque de almacenamiento y no en un flujo constante ya que de ser así, el agua que recircula pierde la capacidad de absorber energía ya que se calienta a medida que pasa por el condensador por lo que sería necesario colocar un ventilador o un sistema de enfriamiento para evitar dicha complicación.

- Implicaciones económicas: como anteriormente se expone la recirculación a medida que pasa por el condensador va perdiendo eficiencia para estos casos se recomienda un ventilador o un sistema de enfriamiento que pueda equilibrar la temperatura del agua que sale del condensador para que pueda volver a entrar a una temperatura ambiente, sin embargo para fines de la economía con una bomba de medio caballo de fuerza que pueda llevar el agua al tanque de donde proviene el agua que ingresa al condensador, es una propuesta que ahorra el sistema de enfriamiento ya que, la cantidad de agua que sale del condensador pierde energía al llegar al tanque de almacenamiento ya que la cantidad de masa de agua en comparación de una con la otra es suficiente para que pueda alcanzar el equilibrio antes que esta vuelva a entrar al condensador.

Manejo de residuos:

- Medida: manejo de residuos.
- Descripción: los residuos vegetales que quedan luego de las extracciones, deben de ser empacados para su comercialización, ya que por su naturaleza pueden ser insumos para otros productos.
- Implicaciones técnicas: la gran ventaja de la extracción de arrastre por vapor es que la materia vegetal tratada sale prácticamente inocua luego de estar sometida a una presión de vapor por un periodo de tiempo tal que hace un ambiente hostil para los microorganismos, por consiguiente los residuos vegetales del proceso pueden ser secados y empacados para su distribución ya que tienen un tamaño de partícula, que puede ser apto para su incorporación al suelo, o para la elaboración de alimento para ganado bovino.
- Implicaciones económicas: esta es una de las medidas que más provecho tiene dentro del proceso ya que es un valor agregado que se le está dando a

un residuo, es decir que algo que se iba a desechar se puede empacar o simplemente dejar secar para comercializarlo.

Transporte del vapor:

- Medida: Enchaquetado de la tubería.
- Descripción: Consiste en cubrir con una espuma toda la tubería que transporta vapor, la cual tiene un material reflectante por el exterior para reflejar el mismo calor.
- Implicaciones técnicas: el enchaquetado de la tubería consiste en un recubrimiento con una baja conductividad térmica, con el objeto de que el calor que es transferido del vapor al tubo no salga al ambiente, el material aislante tiene una conductividad térmica aproximada de $0,035 \text{ (W/m K)}$.
- Implicaciones económicas: el impacto de la inversión del enchaquetado de la tubería se ve reflejado en el consumo de combustible, ya que este al mantener el calor del vapor, mantiene su presión, por consiguiente el manómetro que activa la chispa que enciende el quemador de combustible, es decir que entre menos calor se pierda menos veces se encenderá el quemador por lo que la conservación de calor del vapor reduce el consumo de combustible.

Reducción del consumo de energía eléctrica:

- Medida: Instalación de paneles solares.
- Descripción: la instalación de paneles solares en el techo de la planta conectados ya sea a la red eléctrica que surta al sector a un sistema alterno que pueda abastecer eléctricamente las necesidades energéticas de la misma.
- Implicaciones técnicas: los paneles solares deben de estar orientados de manera tal que se pueda aprovechar la luz del sol su capacidad y su número

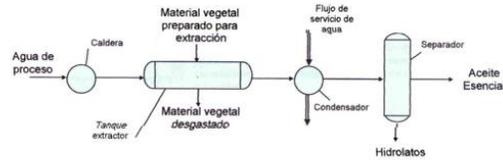
deben de ser acorde a las necesidades de la planta, se debe tomar en cuenta que si bien es cierto que dentro del proceso el consumo de energía eléctrica es bajo pueden haber sectores dentro de las instalaciones que consuman energía para lo cual estos paneles también deben de tener amplitud para los mismos.

- Implicaciones económicas: los paneles solares regularmente son una inversión fuerte sin embargo siempre tienen un balance positivo ya que por las regulaciones del país se pueden conectar a la red eléctrica nacional, es decir que si se calcula el consumo energético de toda la instalación, los paneles solares, que por la región geográfica del país tienen un promedio de horas luz estable durante todo el año pueden estar generando energía y esta al no ser utilizada por la planta se transfiere a la red eléctrica por lo que su flujo es al contrario lo que hace girar el contador al revés, reduciendo el consumo existente o teniendo un saldo eléctrico dentro de la planta para futuras ocasiones.

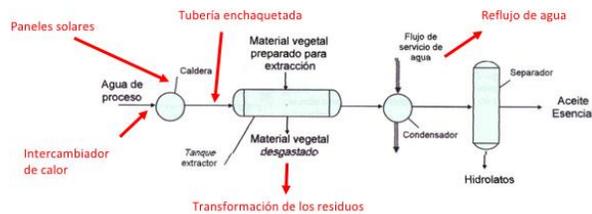
A continuación, se muestra una ilustración donde se detallan las aplicaciones de las medidas del ecodiseño con respecto del proceso que se lleva a cabo en la planta piloto del LIEXVE.

Figura 36. Ilustración comparativa de las medidas del ecodiseño

Proceso sin la implementación de las medidas de un ecodiseño



Proceso con la implementación de las medidas de un ecodiseño



Fuente: elaboración propia.

3.5. Costos

Los costos del plan de eco diseño se resumen en todos los materiales necesarios para la reducción de costos que se plantean con anterioridad así como los costos aproximados implicados por concepto de su instalación.

Tabla XXXIV. **Costos del equipo, materiales y la instalación del plan de ecodiseño**

Detalle	Costo (Q)
Intercambiador de calor	40 000,00
Instalación de la tubería	1 500,00
Bomba de 0.5 hp	500,00
Instalación de tubería para bomba	1 500,00
Enchaquetado de la tubería	460,00
Instalación del aislante	500,00
40 metros de tubo Cu	2 400,00
Accesorios	195,00
TOTAL	47 055,00

Fuente: elaboración propia.

Los costos de la implantación del plan de ecodiseño en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales ascienden a cuarenta y siete mil cincuenta y cinco quetzales.

4. FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN

4.1. Diagnóstico de las necesidades de capacitación

Este es un proceso para determinar la carencia de conocimientos, habilidades o técnicas incluso hasta las actitudes así mismo un conjunto de las antes mencionadas, de un empleado de un trabajador o cualquier persona que desempeñe una función dentro del sistema de desarrollo de las actividades en la que la institución o empresa, en las que, por su naturaleza operativa, estén inmersas, y que tenga por efecto retrasar, disminuir la eficiencia, impedir los logros o entorpecer las metas de los objetivos organizacionales.

Esto se realiza definiendo las actividades sistemáticas, planificadas y permanentes cuyo propósito general es preparar, desarrollar e integrar a al personal del LIEXVE al proceso productivo, independientemente de cual este sea, mediante la entrega de conocimientos, desarrollo de habilidades y actitudes necesarias para el mejor desempeño de todos el personal en sus actuales y futuros cargos con el objeto de adaptarlos. Bajo este criterio la capacitación va dirigida al perfeccionamiento técnico del estudiante en este caso, para que éste se desempeñe eficientemente en las funciones asignadas, producir resultados de calidad, dar excelentes servicios en las investigaciones que se desarrollan dentro del laboratorio, previniendo y solucionando anticipadamente los problemas potenciales dentro de la institución. A través de la capacitación hacemos que el perfil del trabajador se adecue al perfil de conocimientos, habilidades y actitudes requerido en un puesto de trabajo.

Esta es la importancia del diagnóstico cuyo fin es detectar las deficiencias, para dicho propósito se aplicaron entrevistas no estructuradas, con el personal del LIEXVE, conjuntamente con las observaciones realizadas dentro del desarrollo de las extracciones, en las cuales pueden destacar los siguientes hallazgos:

- Regulaciones legales que implican la comercialización de aceites esenciales.
 - Desconocimiento de las leyes de aplicación que puedan tener efecto sobre la comercialización de los aceites producidos.
 - Aplicación de las normas sanitarias para su venta.
 - Falta de conocimiento sobre los registros de conformidad a la ley para su producción.
- Procedencia y análisis de la materia prima.
 - Durante la metodología de las investigaciones realizadas se deben tomar en cuenta las diferenciaciones sobre las procedencias y sus efectos, por su naturaleza, con respecto de todas aquellas variables dominadas por la geografía, es decir distinguir las variables que son producto de la geografía del lugar con respecto de las variables de dominio humano por la manipulación de la misma aunque las dos pueden hacer referencia a la misma localidad la naturaleza de su proceder es distinta.
 - En el análisis de la materia prima se deben reforzar los aspectos que puedan dar una diferencia significativa dentro de las muestras analizadas ya que parte de la problemática en la variabilidad es la no uniformidad que presentan los tejidos vegetales para lo cual debe existir una clasificación analítica de los mismos para eliminar las variables que puedan desviar el curso de la investigación.
- Manejo de los desechos de las extracciones realizadas.
 - El LIEXVE no cuenta con un manejo amigable con el medio ambiente de los desechos de la materia vegetal.

- Buenas prácticas de laboratorio.
 - El uso adecuado de los materiales para mantener la inocuidad dentro del laboratorio es un tema que debe ser ampliado con el personal que llega a sus prácticas ya que este es vital para el uso y la sanidad del producto final.
- Distintas vías de aplicación de los extractos vegetales.
 - Las aplicaciones de los extractos vegetales están limitados en la aplicación, enfocados únicamente a la industria cosmética y a la industria alimenticia.

4.2. Plan de capacitación

Para la implementación de las capacitaciones se utilizaron dos metodologías, la primera es una práctica en la cual se lleva a cabo la transmisión del conocimiento a través de prácticas y ensayos donde a medida que se avanza, se van indicando las consideraciones pertinentes, de conformidad al caso, la otra es una conferencia en la cual se exponen todos los términos y consideraciones que deben aplicarse o evitarse para fines de la capacitación.

Para aplicar la fase de docencia se realizaron las capacitaciones tomando las dos metodologías establecidas, para un mismo evento, por la programación habitada dentro del laboratorio se planificaron de conformidad a lo diagnosticado, los hallazgos más relevantes, para desarrollarlos dentro de la misma fase, los cuales son las aplicaciones de los extractos vegetales así como las buenas prácticas de manufactura. Cabe destacar que para efectos de la capacitación fueron tomados en cuenta los otros hallazgos a medida que el desarrollo de la misma lo permita ya que el enfoque estaba dirigido hacia los dos temas antes mencionados, tomando en cuenta que existirán eventos futuros con el objeto de abarcar los temas, de conformidad a la planificación.

A continuación se describen las dos capacitaciones efectuadas dentro del periodo del programa en su fase de docencia:

Con base a los hallazgos descritos en el diagnóstico se implementó una práctica de extracción de aceite esencial de mandarina Dancy en la cual se siguieron los pasos para mantener la inocuidad durante el proceso.

Como primer punto se impartió una charla a los practicantes sobre las normas sanitarias que se deben de tomar en cuenta para unas buenas prácticas de manufactura, sobre todo en los aspectos del maquillaje y la joyería, así como el correcto uso del equipo, como la redcilla y los guates, sin dejar a un lado la asepsia que se debe mantener en las manos tomando en cuenta todas las consideraciones que deben tener para un buen lavado de manos, posterior se trató la materia prima con una solución de hipoclorito de sodio, para sanear de cualquier proliferación de bacterias.

En el segundo punto se desprendió la cáscara de mandarina del resto del fruto tomando en cuenta que no se debe tener contacto entre la materia prima y superficies que puedan contaminarla por lo que todas las superficies fueron desinfectadas previamente, incluyendo las balanzas para llevar el control del peso de la materia prima que se trata.

Como tercer punto se cortó la materia prima para reducir su tamaño de partícula, tomando en cuenta la seguridad y el mantenimiento de las zonas inocuas, aunque en este caso, el tejido de sometería a una presión de vapor, la cual por sus características térmicas y atmosféricas presentan un ambiente hostil para los microorganismos. Por ello, es un proceso aséptico, no se deben pasar por alto los estándares de inocuidad, en este mismo punto, se tomó en cuenta el

traslado y de reactivos, en este caso el hexano el cual exige tener una protección extra dada la peligrosidad del mismo.

Luego de culminar la extracción, se roto evaporó el solvente con lo cual se tomaron todas las medidas de seguridad y de inocuidad tales como, el uso de mascarilla, redecilla, bata entre otros así como el adecuado uso del equipo entre ellos el mismo roto evaporador y la campana de extracción.

**Figura 37. Capacitación de buenas prácticas de manufactura.
(lavado de la materia prima)**



Fuente: elaboración propia.

Figura 38. **Capacitación de buenas prácticas de manufactura.
(desprendimiento de la cáscara)**



Fuente: elaboración propia.

Figura 39. **Capacitación de buenas prácticas de manufactura.
(reducción de partícula)**



Fuente: elaboración propia.

Figura 40. **Capacitación de buenas prácticas de manufactura.
(colocación de la trampa de hexano)**



Fuente: elaboración propia.

En el anexo 1, 2 y 3 se muestran imágenes que complementan la capacitación de buenas prácticas de manufactura.

Con los antecedentes que existe una falta de exploración sobre la aplicación de los extractos obtenidos en el LIEXVE se inició la segunda capacitación la cual tuvo campo dentro de la medicina, se implementó la formulación de un producto homeopático, orbitando conforme a los siguientes ejes temáticos.

- Regulación de la materia prima y su procedencia.
- Versatilidad de aplicación de los extractos vegetales.
- Efectos de los extractos dentro del cuerpo humano.
- Regulaciones y bases legales.
- Calidad y estándares para el proceso productivo.
- Manufactura y aspectos técnicos de la producción.

Dentro del plan de capacitación se dio una exposición donde se presentó la relación de la homeopatía con la medicina, como primer punto del plan se amplió sobre los temas que deben destacar sobre la materia prima, ya que las procedencias de la materia obedecen a una situación geográfica situación por la cual se reorientó dando las razones por las cuales la geografía es importante dentro del tema de la procedencia, sin embargo, no es la variable con mayor cambio dentro de la selección de la materia prima y su origen ya que existen otras variables de mayor trascendencia, como la variación genética que pueda sufrir una planta si es injertada o no, la densidad del cultivo, los tratamientos de fertilizantes, foliares o sistémicos, uso de pesticidas, regulaciones de las buenas prácticas de agricultura, como cuidados del almacigo a la hora de su traslado al campo, las plagas y enfermedades que puedan atacar a la plantación, así como el cuidado y la importancia del tratamiento que debe tener con respecto de la inocuidad del mismo.

Como segundo punto se describieron todos los fundamentos legales comparados con la calidad, ya que existen vacíos legales que no permiten estandarizar la calidad de un producto, por ejemplo para esta ocasión se realizó un prototipo de producto homeopático de *citrus aurantium* ya que este contiene una cantidad de compuestos terpénicos que actúan sobre los receptores GABA de las células del tejido conectivo, las cuales abren por más tiempo los canales de cloro lo que hace que el voltaje de la célula no pueda elevarse, causando en el paciente un efecto sedante. A pesar de esto, las regulaciones que establece la Dirección General de Regulación, Vigilancia y Control de la Salud a través del Departamento de Regulación y Control de Productos Farmacéuticos y Afines, del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, no es necesario colocar la cantidad de ingredientes activos dentro del empaque por la naturaleza del producto y los vacíos de la misma ley, sin embargo esta solo exige que lleve la cantidad de extracto que esta disuelta dentro del producto y la identificación del

material vegetal del cual se extrajo que para este caso es el nombre científico, lo que se recalcó dentro del plan ya que la ley no obliga, es a estandarizar el proceso de extracción y su análisis para identificar la cantidad de ingrediente activo dentro del extracto, ya que, de otra manera se estaría comercializando un placebo y no un homeopático. Es decir que la ley no establece una composición química mínima para los extractos vegetales por lo que cualquier aceite esencial que provenga de la misma planta legalmente es igual aunque existan diferencias entre las cantidades de ingredientes activos.

En el tercer punto, se presentaron las partes del proceso productivo y la toma de decisiones que llevan a un producto final. De esta manera, se ejemplifica que las condiciones de las evaluaciones y las investigaciones pueden cambiar el curso de la idea inicial, conjuntamente los practicantes participaron dentro del desarrollo del producto homeopático aplicando todas las normas de higiene requeridas por los órganos de regulación.

De igual manera se involucraron en el proceso de desarrollar el empaque del prototipo y de todo el proceso que involucra la creación de un nuevo producto dentro de los límites establecidos en el laboratorio, ya que esta actividad tiene como objetivo principal orientar a los practicantes a considerar las variantes de la aplicación de los extractos vegetales así como implementar el desarrollo de prototipos que puedan servir de análisis para futuras investigaciones.

Para lo que de conformidad a lo establecido durante la fase de docencia de este programa las personas encargadas del LIEXVE, integraron el sistema de conferencias acompañado de prácticas demostrativas como un mecanismo de capacitación, donde todas las investigaciones deberán ser expuestas de la misma manera por el personal encargado.

Figura 41. **Capacitación del desarrollo de un producto homeopático a partir de aceites esenciales. (reducción del tamaño de partícula)**



Fuente: elaboración propia.

Figura 42. **Capacitación del desarrollo de un producto homeopático a partir de aceites esenciales. (preparación del equipo)**



Fuente: elaboración propia.

Figura 43. **Capacitación del desarrollo de un producto homeopático a partir de aceites esenciales. (prototipo elaborado 50 ml)**



Fuente: elaboración propia.

Figura 44. **Capacitación del desarrollo de un producto homeopático a partir de aceites esenciales. (exposición)**



Fuente: elaboración propia.

Los anexos 4 y 5 muestra imágenes que complementan la capacitación de desarrollo de producto homeopático a partir de aceites esenciales.

Con base en lo anterior, se concretan las siguientes capacitaciones con sus aspectos importantes:

- Bases legales.
 - Registros para comercializar.
 - Registros sanitarios.
- Procedencia de la materia prima.
 - Edad de la plantación.
 - Factores del cultivo.
 - Lignificación del material.
 - Tratamientos previos de la planta.
 - Factores geográficos del lugar de procedencia.
- Manejo de desechos.
 - Vías amigables aprovechamiento del material vegetal.
- Buenas prácticas de laboratorio.
 - BPA`s
 - BPM`s
 - POES
- Nuevas aplicaciones de los extractos vegetales.
 - Campo de aplicación en la medicina.

Tabla XXXV. **Cronograma de capacitaciones**

Capacitación	Método	Impartido por:	Supervisor	Número de capacitaciones	Fecha
Bases legales.	Conferencia.	Auxiliar de turno	Jefe de laboratorio	Una	Junio
Procedencia de materia prima.	Conferencia.	Ingeniero(a) con experiencia en el tema	Jefe de laboratorio	Dos	Enero/Julio
Manejo de desechos.	Conferencia.	Practicante de turno	Jefe de laboratorio	Una	Junio
Buenas prácticas de laboratorio.	Conferencia/Práctica dirigida.	EPS de turno	Jefe de laboratorio	Dos	Enero/Julio
Nuevas aplicaciones de los extractos vegetales.	Conferencia/Práctica dirigida.	EPS de turno	Jefe de laboratorio	Una	Agosto

Fuente: elaboración propia.

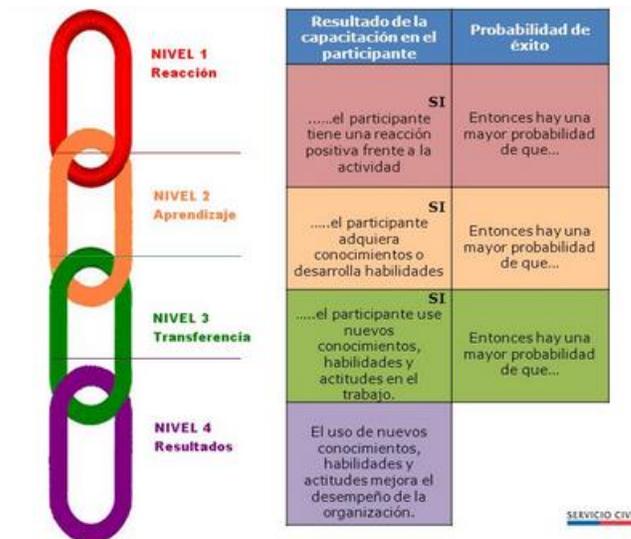
4.3. Evaluación

La evaluación del proceso de capacitación permite estimar el logro de los fines para los cuales se propone la misma y retroalimentar el proceso. Por esta razón, al concluir la fase de aplicación de las diferentes capacitaciones y con el propósito de tener conocimiento preciso de los resultados logrados con relación a lo planeado, es necesario llevar a cabo un trabajo de evaluación para obtener información útil para analizar los cambios en las actividades así como las aplicaciones, su desempeño en el área de trabajo, juzgar alternativas y tomar decisiones acerca de los diferentes elementos que intervinieron en el proceso.

Los pasos que se llevan a cabo dentro de una capacitación son dependientes del anterior como en una cadena, la reacción que los participantes puedan tener son fundamentales para su aprendizaje, donde está comprendido la adquisición de conocimientos, técnicas o el desarrollo de actividades que puedan ser transferidas al participante y que los mismos sean aplicados de conformidad a las actividades realizadas en el LIEXVE.

A continuación, se muestra una figura de la cadena de valor de la evaluación de una capacitación.

Figura 45. Cadena de valor de la evaluación de una capacitación



Fuente: GOBIERNO DE CHILE, Ministerio de Hacienda. *Evaluación de la capacitación: la transferencia como evidencia de valor subdirección de desarrollo de las personas 2016.* <https://slideplayer.es/slide/10621052/>. Consulta: agosto 2018.

Las evaluaciones fueron encuestas realizadas a los participantes donde podían dar sus observaciones y evaluar los conocimientos y técnicas adquiridas a lo largo del proceso, por la naturaleza de las mismas que incluyen prácticas y conferencias las dudas se pudieron y se podrán resolver durante el desarrollo de la misma y además la interacción entre las partes despeja las situaciones que puedan crear confusión.

Para ello, se procede a tomar asistencia del personal que asistió al evento con el objeto de llevar un control, a continuación se muestra el formato de asistencia que se maneja en el laboratorio en los eventos antes mencionados.

Figura 47. **Ficha propuesta para la evaluación de las capacitaciones realizadas dentro del plan de capacitación de la Fase de Docencia**

Ficha de evaluación de capacitación

Actividad: _____
 Lugar: _____

Instrucciones: marque con una equis "X" la casilla que corresponda a la evaluación de conformidad al ítem

No	Ítem	Deficiente	Promedio	Bueno	Exelente
1	Contenido de la actividad				
2	Aplicación a sus puesto de desempeño				
3	Cantidad de ejemplos y oportunidades prácticas				
4	Calidad de la información				

Observaciones: _____

 Sugerencias: _____

Fuente: elaboración propia.

Estas evaluaciones sobre las capacitaciones deben ajustarse con la lista de la asistencia y el registro que se lleve dentro del LIEXVE de igual manera se deben realizar con el afán, de la mejora continua ya que las observaciones y la misma evaluación que se puedan dar van construyendo a través de las críticas el mejoramiento de las mismas.

4.4. Costos del plan

Los costos de la elaboración del plan se fueron dando a medida que las practicas avanzaban, los principales costos los tuvo la producción del mismo prototipo ya que para la elaboración se compró un gotero y una caja

personalizada para su empaque, incluyendo los costos de la materia prima, así como del equipo necesario para mantener la inocuidad dentro del proceso de manufactura. A continuación, se detallan los costos implicados en el plan de capacitaciones, en la siguiente tabla se pueden apreciar el precio en quetzales (Q) de cada insumo que fue utilizado.

Tabla XXXVI. Costos del plan de capacitaciones

Detalle	Costo (Q)
Materia prima	20
Producción	150
Equipo	20
Refacción	150
Impresión de diplomas	50
TOTAL	390

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Se realizaron las extracciones de aceite esencial de mandarina Dancy por medio de dos procesos diferentes y dos muestras distintas, los procesos fueron el arrastre por vapor directo y el otro fue el de prensado en frío, analizando muestras del epicarpio del fruto las cuales fueron analizadas con base a la relación que presentaba cada fruto con respecto de los tejidos de su composición, de muestras sin ningún tratamiento previo y muestras que provenían de un proceso primario.
2. Los rendimientos obtenidos a través de los procesos de extracción, fluctuaron de manera significativa de manera estadística y con respecto de su calidad, al dejar fuera de análisis a los rendimientos obtenidos del proceso de extracción en frío por la presencia de ceras, se analizaron los procesos de extracción de arrastre por vapor directo de una materia prima sin tratamiento y de una materia luego de un proceso primario, lo cual afecto los rendimientos ya que la extrusión de un proceso primario extrae los compuestos volátiles del epicarpio que son en su mayoría los compuestos del aceite esencial, dicho proceso afecta los rendimientos en una escala de 3,14 a 1, claramente el tratamiento primario afecta significativamente los rendimientos, bajo el análisis que se realizó para que la relación de esto pueda ser 1 a 1 deben existir varias condiciones como que el costo de la materia prima luego de un proceso primario sea de cero y que el costo de materia prima tenga una participación aproximada del sesenta y nueve por ciento de los costos totales.

3. En el proceso de extracción, para el aprovechamiento, se concluye que el método de arrastre por vapor directo es el indicado ya que dejando los costos de operatividad a un lado, por las implicaciones mismas del proceso, es más costoso que otros procesos alternativos, es uno de los que garantiza la calidad del aceite, en otras palabras, otro método podría tener una reducción en los costos pero como fue el resultado de esta investigación puede arrastrar otros compuestos que dañan la integridad del aceite para este caso la presencia de ceras. Por ello, se descartan y se deja el proceso de arrastre por vapor directo como el proceso de extracción que permite el aprovechamiento de aceite esencial de mandarina Dancy.
4. Para el desarrollo del diseño y distribución de una planta de extracción de Aceite, es de carácter imperativo conocer y estudiar los normativos necesarios para establecer criterios técnicos mínimos que deben implementarse en el diseño de obras nuevas, la evaluación de obras a efecto de prevenir daños a la integridad de las personas y que el funcionamiento de la infraestructura sea de manera óptima y eficiente para el proceso de producción.
5. La relación producto costo que existe en el proceso de extracción de mandarina Dancy está delimitado por todas aquellas variables directas e indirectas que puedan intervenir dentro del desarrollo del proceso productivo ya que por su naturaleza afecten la economía del mismo, por lo desarrollado en esta investigación se puede hacer constar que dentro de las variables determinantes que pueden tener una mayor sensibilidad es el precio del combustible ya que este es un insumo altamente fluctuante en el mercado internacional y ocupa alrededor del treinta por ciento de los costos. La mejor relación que se pudo encontrar dentro del desarrollo de la investigación fue un costo de veinte y tres quetzales con veinte y cuatro

centavos por cada gramo de aceite esencial de mandarina Dancy producido. A pesar de esto, la sensibilidad que esta relación producto costo tiene no es proveniente de la materia prima si no de los demás costos de insumos de producción.

6. Dentro del plan del ecodiseño se pudieron encontrar las variables determinantes del proceso las cuales son, el combustible y el agua, dado que la cantidad de energía que pierde el vapor repercute directamente en el consumo de combustible, para lo que se elaboraron propuestas que reducen el consumo de agua haciéndola circular nuevamente y un intercambiador de calor con los gases de la caldera que calienta el agua antes de entrar a la misma reduciendo la cantidad de energía que esta deba de absorber para llegar a los requerimientos del equipo.
7. Se lograron establecer los mecanismos para que, de manera periódica, las investigaciones realizadas dentro del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, sean impartidas las exposiciones con el objeto de dar a conocer las herramientas y técnicas utilizadas en la misma a través de una exposición y practicas didácticas, establecidas por el plan ejecutado en este proyecto.

RECOMENDACIONES

1. Aplicar todas las herramientas legales posibles para la normalización y regulación del proceso productivo ya que una de las principales causas de pérdidas económicas dentro de la producción se puede dar por una falta de inocuidad, registro , pago, inscripción o cualquier acto que incurra con las normativas de salud ocupacional por mencionar algunas, dicho fallo puede repercutir en una multa que afecte seriamente las utilidades del proyecto, la cancelación o la privación de la libertad para el representante legal o responsable si la ley así lo considera por lo que es de vital importancia tener en cuenta la regulación existente y el ámbito que esta pueda tener sobre todas las actividades comerciales y productivas en las que dicho proyecto este inmerso.
2. Evaluar y analizar todas aquellas variables que por la naturaleza de su condición puedan vulnerar el tejido vegetal de tal forma que puedan tener una variación en el rendimiento, puedan representar un riesgo por una manipulación inadecuada por lo que es vital tener una revisión y un registro de la procedencia de la materia prima, si este, por algún motivo fuese imposible de conseguir se deben de tomar todas las medidas sanitarias que garanticen la inocuidad de la materia prima.

BIBLIOGRAFÍA

1. BREWSTER, Ray Q. & McEwen, William E. 1981. Destilación por arrastre con vapor. [aut. libro] R. Q. & BREWESTER. *Química orgánica*. USA : Médico Quirúrgica, 1981 , págs.. 80-87.
2. Centroamérica, consejo de Ministros de Integración Económica (COMIECO). 2006. Industria De alimentos y bebidas procesados, buenas práctica de manufactura, principios generales. *COMIECO*. [En línea]. <https://www.mspas.gob.gt/images/files/drca/nuevorenovacion/NormativasRTCABPM.pdf>.
3. Costa Rica, Centro de Gestión tecnológica e Informática Industrial (CEGESTI). 1999. Manual para la implementación de ecodiseño. *CEGESTI*. [En línea]. http://www.cegesti.org/manuales/download_manual_ecodiseno/manu%20al_ecodiseno.pdf.
4. Guatemala, Cementos Progreso. 2019. Salud y seguridad ocupacional. *Cementos Progreso*. [En línea] 2019. <http://www.cempro.com/index.php/quienes-somos/salus-y-seguridad-ocupacional>.
5. Guatemala, Congreso de la República de Guatemala. 1997. Decreto 90-97: Código de Salud. *Ley de Guatemala*. [En línea]. <http://leydeguatemala.com/codigo-de-salud/codigo-de-salud-8958/>.
6. Guatemala, Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED). 2011. Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la república de Guatemala. *CONRED*. [En línea] 2011. <https://conred.gob.gt/site/normas/Doc-3-NSE-1.pdf>.
7. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). 2003. Acuerdo Gubernativo 72-2003: Reglamento para el otorgamiento de licencias

sanitarias para el funcionamiento de establecimientos, transporte, importación y exportación de alimentos no procesados de origen vegetal, sus productos y subproductos. *MAGA*. [En línea] 2003.
https://asisehace.gt/media/AG_72_03.pdf.

8. Guatemala, Ministerio de Economía, Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). 2018. Integración de comités técnicos de normalización (CTN'S). *COGUANOR*. [En línea].
<https://w.coguanor.gob.gt/index.php?id=112>.
9. Guatemala, Registro Mercantil. 2018. Sedes departamentales. *Registro Mercantil*. [En línea] 2018.
<https://www.registromercantil.gob.gt/infopublica/DIRECTORIODEPARTAMENTAL.pdf>.
10. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE). 2015. *Aprovechamiento integral de los residuos de cardamomo (Elettaria cardamomun L. Matton) para producción de extractos utilizados en la industria alimenticia t cosmética*. Guatemala : LIEXVE, 2015. pág. 105.
11. Italia. Centro Internacional de Formación (CIF). 2018. La salud y la seguridad en el trabajo. *CIF*. [En línea] 2018.
https://training.itcilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/intro/inmain.htm
12. Montaña Larios, José Jesús. 2016. *La calidad es más que ISO 9000*. 1ª edición. EEUU : Palibrio, 2016. Pág. 630.
13. Rodríguez, Joaquín. 2008. *Administración moderna de personal*. 7 México : Thomson, 2008. pág. 704.

APÉNDICES

Apéndice 1. **[Capacitación del desarrollo de un producto homeopático a partir de aceites esenciales. Limpieza de área de trabajo.]**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **[Capacitación del desarrollo de un producto homeopático a partir de aceites esenciales. Preparación de materia prima.]**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **[Capacitación del desarrollo de un producto homeopático a partir de aceites esenciales. Preparación de materia prima.]**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **[Capacitación del desarrollo de un producto homeopático a partir de aceites esenciales. Exposición.]**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. [Capacitación del desarrollo de un producto homeopático a partir de aceites esenciales. Exposición.]



Fuente: elaboración propia.

