

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

Diseño de una planta piloto para la extracción y envasado de miel de  
abejas

**PROYECTO MULTIDISCIPLINARIO**

Previo la obtención del título de:

**Ingeniera en Alimentos**

Presentado por:

Cristel Michel Rojas Amaya

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

## DEDICATORIA

A Dios, por brindarme la paciencia, fuerza y valor para seguir adelante.

A mis padres, Yolanda Amaya y Néstor Rojas quienes, con su infinita paciencia, entrega y amor incondicional, hicieron que este éxito fuera posible, sin ellos no lo hubiera logrado.

A mis abuelos, tíos y primos, por las gratas experiencias y enseñanzas que recibí de ustedes desde pequeña cuyo empuje permitió que no desistiera en tiempos difíciles.

Y a Luli, por ser la compañera más leal y cuya compañía me permitió soportar largas e incontables madrugadas.

**Cristel Michel Rojas Amaya**

# AGRADECIMIENTOS

A mis amigos de la universidad Jannia, Edgar, Jonathan y Tony, que me enseñaron el significado de la amistad verdadera y por su continuo apoyo moral en todo momento.

En especial a Carlos, por su ayuda, ánimos, comprensión, paciencia, apoyo cuando más lo necesité y ayudarme a ser mejor persona.

Mis más sinceros agradecimientos a mi tutora MSc. Natasha Coello por ser una verdadera guía en este proyecto, por brindarme su paciencia y confianza en todo momento.

Al Ph.D Sócrates Palacios, por su ayuda y disposición para este proyecto.

## EVALUADORES



**Ing. Haydee Torres, MSc.**

PROFESOR DE LA MATERIA



**Ing. Natasha Coello, MSc.**

PROFESOR TUTOR

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; yo, *Cristel Michel Rojas Amaya* doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Cristel Michel  
Rojas Amaya

## RESUMEN

Actualmente, se le ha atribuido a la miel de abejas un sinnúmero de efectos beneficiosos para la salud, demostrando además ser un producto versátil que incursa en la industria cosmética y farmacológica. Por otro lado, la actividad apícola se encuentra en auge beneficiando a los pequeños y medianos apicultores, lo cual ha conllevado a la creación de plantas procesadoras que permitan tecnificar el proceso, contribuir a la matriz productiva y asegurar la trazabilidad del proceso de la miel, ofreciendo un producto con características idóneas para su comercialización.

En primera instancia, se determinó el volumen de producción en base a datos históricos obtenidos del apiario de GEA, luego se definió procesos, equipos y parámetros de proceso adecuados para la planta piloto acorde a las características del producto, productividad y restricciones dadas. Las áreas de la planta se establecieron en base a su relación de proximidad y necesidad de espacios, datos que fueron analizados por CORELAP el cual brindó la mejor opción para la distribución de la planta, reflejando dicha información en el Layout de la planta. Luego, se definieron las instalaciones internas de la planta en base a normativas BPM y BPA.

Posteriormente, se efectuó la caracterización del producto mediante pruebas de laboratorio indicando que la miel de ESPOL cumple con las especificaciones de las normativas vigentes. Por otro lado, los análisis de evaluación sensorial reflejaron mayor aceptabilidad en la miel de ESPOL con respecto a otras mieles para los atributos de color y sabor, con puntuaciones de 5 en la escala hedónica, puntaje determinado como 'me gusta ligeramente'. Para el atributo olor, no existió diferencias significativas entre las muestras.

**Palabras Clave:** Diseño de planta, miel de abejas, tecnificación, aceptabilidad, caracterización

## ABSTRACT

*Currently, honey has been attributed to countless beneficial health effects, also proving to be a versatile product incurred in the cosmetic and pharmacological industry. On the other hand, the beekeeping activity is booming, benefiting small and medium beekeepers, which has led to the creation of processing plants that allow the process to be technified, contribute to the production matrix and ensure the traceability of the honey process, offering a product with suitable characteristics for its commercialization.*

*In the first instance, the production volume was determined based on historical data obtained from the GEA apiary, it was defined processes, equipment and adequate process parameters for the pilot plant according to the characteristics of the product, productivity and given constraints. The areas of the plant were established based on their relationship of proximity and space needs, data that was analyzed by CORELAP which provided the best option for the distribution of the plant, reflecting this information in the layout of the plant. The internal facilities of the plant were defined based on BPM and BPA regulations.*

*Then, the product was characterized by laboratory tests indicating that ESPOL honey meets the specifications of current regulations. On the other hand, the sensory evaluation analyzes reflected greater acceptability in ESPOL honey with respect to other honey for the attributes of color and flavor, with scores of 5 on the hedonic scale, score determined as 'I like it slightly'. For the smell attribute, there were no significant differences between the samples.*

**Keywords:** *Plant design, honeybee, technification, acceptability, characterization*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS .....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
CAPÍTULO 1 .....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema .....	1
1.2 Justificación del problema .....	2
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos .....	2
1.4 Marco teórico .....	3
1.4.1 Generalidades .....	3
1.4.2 Tipos de colmenas.....	7
1.4.3 Honey Processing Machine (HPM) .....	9
1.4.4 Parámetros de calidad para la miel de abejas .....	9
1.4.5 Mieles del mercado local.....	11
1.4.6 Situación apícola en Ecuador.....	11
CAPÍTULO 2 .....	12
2. Metodología.....	12
2.1 Determinación de los datos de producción.....	13
2.2 Selección de equipos.....	13
2.3 Balance de materia y energía .....	13

2.3.1	Balance de materia y energía en la etapa de precalentamiento .....	13
2.3.2	Balance de materia y energía en la etapa del concentrado .....	15
2.4	Selección de equipos auxiliares .....	18
2.5	Diagramas de proceso productivo .....	22
2.5.1	Diagrama de flujo de la tecnología del proceso .....	22
2.5.2	Diagrama de recorrido sencillo .....	22
2.6	Determinación de zonas sensibles, ultrasensibles e inertes .....	24
2.7	Diagrama de Gantt .....	24
2.8	Estimación de Layout .....	24
2.8.1	Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios .....	24
2.8.2	Tabla de relación de actividades .....	25
2.8.3	Uso del software CORELAP .....	26
2.9	Diseño de las instalaciones internas de la planta piloto .....	26
2.10	Caracterización del producto .....	27
2.10.1	Pruebas fisicoquímicas .....	27
2.10.2	Pruebas microbiológicas .....	27
2.10.3	Evaluación sensorial .....	27
2.11	Estimación de costos .....	28
CAPÍTULO 3 .....		29
3.	Resultados y análisis .....	29
3.1	Resultados de los datos de producción .....	29
3.2	Equipos y materiales necesarios .....	30
3.3	Resultados del balance de materia y energía del equipo HPM .....	31
3.4	Equipos auxiliares utilizados .....	32
3.5	Diagramas de proceso productivo .....	33
3.6	Zonas sensibles, ultrasensibles e inertes .....	36
3.7	Diagrama de Gantt .....	36

3.8	Layout de planta piloto .....	37
3.8.1	Disponibilidad de espacios.....	37
3.8.2	Tabla relacional de actividades .....	37
3.8.3	Layout adecuado .....	38
3.9	Diseño de las instalaciones internas de la planta piloto.....	40
3.10	Resultados de caracterización del producto .....	41
3.10.1	Pruebas fisicoquímicas .....	41
3.10.2	Pruebas microbiológicas.....	45
3.10.3	Evaluación sensorial.....	46
3.11	Resultados de costos .....	48
3.11.1	Costos directos .....	48
3.11.2	Costos indirectos .....	49
3.11.3	Costos de producción por cosecha .....	52
3.11.4	Punto de equilibrio .....	52
3.11.5	Flujo de caja .....	53
CAPÍTULO 4.....		55
4.	Conclusiones y recomendaciones .....	55
4.1	Conclusiones.....	55
4.2	Recomendaciones.....	56

## BIBLIOGRAFÍA

## APÉNDICES

## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIDA	Fondo Internacional de Desarrollo Apícola
GEA	Granja Experimental Agroproductiva
CORELAP	Computerized Relationship Layout Planning
SLP	Systematic Layout Planning
BPM	Buenas Prácticas de Manufactura
BPA	Buenas Prácticas Apícolas
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura
INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
PVP	Precio de venta al público
TIR	Tasa Interna de Retorno
VAN	Valor Actual Neto

## SIMBOLOGÍA

CT	Colmenas tradicionales
CN	Colmenas nuevas
m	Metro
cm	Centímetro
Kg	Kilogramo
L	Litros
ml	Mililitros
pH	Potencial de Hidrógeno
°Bx	Grados Brix
HMF	Hidroximetilfurfural
meq	Miliequivalentes
HPM	Honey Processing Machine
Re	Número de Reynolds
Cp	Calor específico
W	Watt
Kw	Kilowatt
Kj	Kilojoule
J	Joule
m	Flujo másico
$\rho$	Densidad
UPC	Unidades propagadoras de colonias

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Composición nutricional de la miel .....	4
Figura 1.2 Principales constituyentes de los azúcares de la miel .....	5
Figura 1.3 Diferencias entre colmenas Dadant, Langstroth y Layens .....	8
Figura 1.4 Colmena 'Flow Hive' tipo Langstroth de 7 cuadros .....	8
Figura 1.5 Esquema del equipo Honey Processing Machine FM-400.....	9
Figura 1.6 Requisitos fisicoquímicos para la miel de abejas.....	10
Figura 1.7 Requisitos microbiológicos para la miel de abejas.....	10
Figura 1.8 Límite máximo de residuos de glifosato en miel de abejas .....	11
Figura 2.1 Esquema de entradas y salidas para la etapa de concentrado.....	16
Figura 2.2 Coeficiente de pérdidas por accesorios .....	20
Figura 2.3 Símbolos estándar para la planificación .....	23
Figura 2.4 Relación de actividad del proceso productivo con su simbología .....	23
Figura 2.6 Total de relaciones permitidas para T.R.A.....	25
Figura 2.7 Escala de valoración por códigos del T.R.A. ....	26
Figura 2.8 Escala de valoración por motivos del T.R.A. ....	26
Figura 3.1 Condiciones actuales de operación de la planta piloto .....	29
Figura 3.2 Condiciones futuras de operación de la planta .....	29
Figura 3.3 Equipos seleccionados para la planta piloto .....	30
Figura 3.4 Materiales seleccionados para la planta piloto .....	31
Figura 3.5 Equipos auxiliares utilizados en el sistema de bombeo .....	33
Figura 3.6 Diagrama de flujo de la tecnología del proceso (Proceso A) .....	33
Figura 3.7 Diagrama de flujo de la tecnología del proceso (Proceso B) .....	34
Figura 3.8 Diagrama de recorrido sencillo (Proceso A) .....	35
Figura 3.9 Diagrama de recorrido sencillo (Proceso B) .....	35
Figura 3.10 Determinación de zonas sensibles, ultrasensibles e inertes .....	36
Figura 3.11 Diagrama relacional de actividades de la planta piloto .....	37
Figura 3.12 Planteamiento en CORELAP.....	38
Figura 3.13 Ordenación de los departamentos por importancia .....	38
Figura 3.14 Layout adecuado.....	39
Figura 3.15 Interpretación de los resultados arrojados por CORELAP .....	39
Figura 3.16 Diseño de las instalaciones internas I.....	40

Figura 3.17 Diseño de las instalaciones internas II.....	41
Figura 3.18 Resultados de pruebas fisicoquímicas en miel artesanal de ESPOL .....	42
Figura 3.19 Resultados de pruebas fisicoquímicas en miel artesanal externa .....	42
Figura 3.20 Pruebas físicas en miel artesanal de ESPOL .....	44
Figura 3.21 Pruebas físicas en miel artesanal externa .....	45
Figura 3.22 Pruebas microbiológicas en miel artesanal de ESPOL .....	45
Figura 3.23 Pruebas microbiológicas en miel artesanal externa .....	46
Figura 3.24 Resultados prueba de Tukey para atributo color .....	47
Figura 3.25 Resultados prueba de Tukey para atributo sabor .....	48
Figura 3.26 Costo de material de empaque por cosecha .....	49
Figura 3.27 Costo de mano de obra directa .....	49
Figura 3.28 Costo de mano de obra indirecta.....	49
Figura 3.29 Costo de mano de obra indirecta.....	50
Figura 3.30 Costo de equipos y maquinarias .....	50
Figura 3.31 Depreciación de equipos y maquinarias .....	51
Figura 3.32 Consumo de servicios básicos .....	51
Figura 3.33 Costos de mantenimiento .....	52
Figura 3.34 Costos de producción final por cosecha .....	52
Figura 3.35 Punto de equilibrio.....	53
Figura 3.36 Gráfica del punto de equilibrio .....	53
Figura 3.37 TIR y VAN condiciones actuales vs. condiciones propuestas .....	54
Figura 3.38 Cantidad de miel a aumentar por cosecha .....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Propiedades físicas de la miel .....	5
Tabla 2.1 Escala hedónica de 7 puntos para evaluación sensorial.....	28
Tabla 3.1 Codificación de muestras para panel sensorial.....	46
Tabla 3.2 Valores p obtenidos en ANOVA.....	47

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la producción de miel de abeja presenta un déficit. Datos del 2015 desarrollado por un estudio del Fondo Internacional de Desarrollo Apícola (FIDA) indican que Ecuador consume 601 toneladas al año, sin embargo, el país solo produce 200. Existe también la falta de apoyo para pequeños y medianos productores, además de que sus productos se comercializan sin un valor agregado, no se cuenta con suficientes plataformas para su comercialización o los vendedores locales en ocasiones ofrecen productos sin condiciones adecuadas de envasado y etiquetado (Freire & Manuel, 2018).

Por otro lado, el sector presenta otras problemáticas como la importación de mieles provenientes de China, Uruguay y Argentina, mieles que llegan de contrabando desde Perú y Colombia, la venta de mieles adulteradas afectando a la salud de la población y en cuanto a la salud de las abejas al no contarse con los recursos económicos y accesibilidad para afrontar las enfermedades y plagas, ciertos apicultores acuden a prácticas empíricas y naturales que pueden matar a las colmenas (Líderes, 2018).

La miel de abejas se ha convertido en uno de los alimentos de mayor consumo a nivel mundial, rondando un consumo de 220 gramos por habitante al año y una demanda mundial del 74.7% dentro del mercado de las mieles (Martínez, 2018). Este producto es cotizado tanto por sus propiedades nutricionales, aplicaciones en la industria alimentaria y cosmética. Es un alimento cuya producción y mantenimiento es de bajo costo ayudando tanto a la economía de pequeños y medianos agricultores como de industrias.

### 1.1 Descripción del problema

Dentro de las instalaciones del campus Gustavo Galindo de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), se cuenta con la Granja Experimental Agroproductiva (GEA) donde se realizan diversas actividades agrícolas de estudio, entre ellas, la elaboración de miel de abejas, proceso que no cuenta con una tecnificación correspondiente, ya que, la misma se elabora de manera artesanal. Las cosechas se realizan tres a cuatro veces al año en los meses tentativos de julio, agosto, octubre y

noviembre obteniéndose una producción de 22 a 36 litros de miel en cada cosecha. Este efecto se evidencia en la ralentización, falta de marcos regulatorios pertinentes, déficit en la seguridad y optimización del proceso y en el producto cuya fabricación está expuesta a agentes contaminantes y bajas condiciones de calidad.

## **1.2 Justificación del problema**

Actualmente, la miel de abejas producida de manera artesanal en GEA cuenta con gran acogida por parte de los consumidores, la misma que podría ser aprovechada puesto que se dispone de un espacio físico idóneo para el desarrollo de una planta procesadora a fin de cubrir un mercado más amplio, además de contar con condiciones climáticas favorecedoras tanto para la producción de miel como para el mantenimiento de las colmenas. Por tal motivo, este proyecto propone una solución ingenieril mediante el diseño de una planta piloto que permita mejorar y tecnificar el proceso productivo, disponer de una infraestructura y equipos necesarios que permitan establecer parámetros de seguridad y calidad en la elaboración del producto y mediante evaluación sensorial establecer el nivel de aceptabilidad de este producto con respecto a otras mieles del mercado.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Diseñar una planta piloto procesadora de miel de abejas que cumpla con especificaciones tecnológicas para la obtención de una mejora económica, tecnológica y ambiental del proceso.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Detallar el proceso productivo de miel de abejas por medio de un diagrama de flujo considerándose distribución de áreas, equipos, infraestructura, parámetros de proceso, legislación y normativas vigentes. (Ingeniería en Alimentos)
- Desarrollar un panel sensorial a fin de evaluarse la aceptación por parte del consumidor de la miel de abeja producida en ESPOLE con respecto a otras mieles del mercado. (Ingeniería en Alimentos)
- Caracterizar el producto final mediante la realización de pruebas de laboratorio estableciéndose aspectos organolépticos, físicos-químicos y microbiológicos. (Ingeniería en Alimentos)

- Estimar costos de equipos, infraestructura, mano de obra, materiales, entre otros, de tal manera que se presupueste las necesidades del proyecto. (Ingeniería en Alimentos)
- Monitorear la temperatura dentro y fuera de las colmenas para el establecimiento de relaciones con el ciclo de vida de las abejas. (Biología)
- Evaluar el estado sanitario de las abejas con el fin de evitar contaminación de los productos de la colmena. (Biología)
- Analizar el estado actual de un bosque seco para la evaluación del cumplimiento de parámetros requeridos en su implementación. (Ingeniería Agrícola y Biológica)
- Determinar zonas aptas para la implementación de colmenas mediante el análisis de áreas de bosque seco. (Ingeniería Agrícola y Biológica)
- Definir la distribución y el número de colmenas en las zonas aptas del bosque seco para el incremento de la miel cosechada. (Ingeniería Agrícola y Biológica)

## 1.4 Marco teórico

### 1.4.1 Generalidades

En este apartado se detalla los conceptos generales y aspectos relacionados a la miel de abejas consideradas en el desarrollo de este documento.

**Miel de abeja:** Sustancia producida por las abejas a partir del néctar de las flores, secreciones de partes de la planta o excreciones de insectos succionadores de plantas la cual transforman obteniéndose como producto final la miel, ésta es producida por abejas de la especie *Apis Mellifera* (INEN, 2016).

**Opérculo:** Capa de cera realizada por las abejas que cubre las celdillas hexagonales con la finalidad de proteger la miel de agentes contaminantes externos o de la humedad (Quero, 2004).

**Colmena:** Hogar de una colonia de abejas, constituida por la abeja reina, las obreras y los zánganos (Quero, 2004).

**Panal, marco o cuadro:** Unión de varias celdillas construida por las abejas, donde almacenan la miel, polen o sus larvas (Quero, 2004).

### **Propiedades de la miel**

Posee alto valor energético y fácil digestibilidad por su contenido de azúcares simples, estimula la formación de anticuerpos y glóbulos rojos por su contenido en ácido fólico, tiene el poder de endulzar más que la sacarosa, posee antioxidantes que reducen el riesgo de enfermedades. Además, posee poder antibiótico, antiséptico, emoliente, exfoliante, antiinflamatorio e hidratante gracias a la apitoxina del veneno de la abeja, ideal también para el tratamiento de quemaduras y heridas, alivio de la tos, dolor de garganta y otras de sus aplicaciones son a nivel cosmetológico y cuidado personal (Castro, 2018).

### **Composición nutricional de la miel**

En cuanto a carbohidratos, constituyen el 80%, conformado por la presencia de fructosa y glucosa seguido de otros azúcares, posee vitaminas como niacina, B6, riboflavina, tiamina y ácido pantoténico, posee minerales como calcio, magnesio, hierro, zinc, potasio y selenio, además de aminoácidos y enzimas como glucosa oxidasa, invertasa, diastasa, catalasa y ácido fosfatasa, asimismo ácidos orgánicos y antioxidantes como los flavonoides cuyas cantidades dependerán del origen botánico de la miel (Da Silva, Gauche, & Luciano, 2015). En las figuras 1.1 y 1.2 se identifica las diferentes composiciones presentes en la miel.

<b>Composición nutricional de la miel</b>	
<b>Nutriente</b>	<b>%</b>
Agua	17,1
Carbohidratos	80
Proteína	0,2-1,6
Ácidos orgánicos	0,57
Minerales	0,2
Vitaminas	0,50

**Figura 1.1 Composición nutricional de la miel**

Fuente: (Da Silva, Gauche, & Luciano, 2015)

Principales constituyentes de los azúcares de la miel

Monosacáridos	Disacáridos	Trisacáridos	Sacáridos complejos
Fructosa Glucosa	Gentibiosa Isomaltosa Maltosa Maltulosa Nigerosa Palatinosa Sacarosa Turalosa	Centosa Eriosa Isomaltotriosa Isopanosa Laminaritriosa Maltotriosa Melezitosa Panosa	Isomaltopentosa Isomaltotetraosa

**Figura 1.2 Principales constituyentes de los azúcares de la miel**

Fuente: (Ulloa, Mondragon, Rodríguez, Reséndiz, & Ulloa, 2010)

### Propiedades físicas de la miel

Las propiedades físicas de la miel dependen de su origen botánico y geográfico, condiciones climáticas, almacenamiento, manipulación y proceso. En la tabla 1.1 se detallan las propiedades físicas para la miel.

**Tabla 1.1 Propiedades físicas de la miel**

Propiedad física	Valor	Fuente
Densidad	1.4 – 1.44 g/ml	(Machado, De Almeida, Sancho, & Pascual, 2017)
Grados brix (°Bx)	71-80	(Machado, De Almeida, Sancho, & Pascual, 2017)
Viscosidad	Hasta 110 poises a 20°C	(Fattori, 2004)
pH	3.4 – 6.4	(Cavia M. , 2002)
Actividad de agua (Aw)	0.49 – 0.65	(Cavia, Fernández, Huidobro, & Sancho, 2004)

Fuente: Varios autores

### Tipos de miel en base a su procesamiento

Podemos mencionar dos tipos; miel cruda y miel pasteurizada, las cuales se mencionan a continuación:

La miel cruda es aquella que no ha sido sometida a ningún proceso industrial desde su recolección en la colmena hasta su envasado. Esta puede ser procesada de forma artesanal sin alterar su composición química, es decir, puede ser filtrada con un tamiz para la eliminación de impurezas y/o centrifugada para la extracción. La miel cruda presenta cristalización; proceso donde los azúcares tienden a solidificarse a

temperaturas menores a 25°C, este es un indicador de su pureza, la cual permite conservar todas sus propiedades nutricionales y composición (Ulloa, Mondragon, Rodríguez, Reséndiz, & Ulloa, 2010).

La miel pasteurizada o calentada se lleva a cabo en la mayoría de las mieles procesadas a fin de hacerla más manejable para la industria, consiste en calentar la miel a altas temperaturas de 78°C, 5-7 minutos aproximadamente (INEN, 2016). En ella se verá modificada su composición química. (Ulloa, Mondragon, Rodríguez, Reséndiz, & Ulloa, 2010).

### **Tipos de floración**

Las variedades de miel dependen del tipo de floración proveniente (monofloral o polifloral), presentando diferencias en cuanto a sus características organolépticas y composición química. Las mieles monoflorales son más costosas en comparación a las ploriflorales.

En Ecuador, las floraciones son ploriflorales y pueden ser de: eucalipto, trébol, aguacate, bototillo, pijio, cítricos, niacha, moras, pumamaqui, zabaleta, café, guabillo, algarrobo, laurel, ceibos, entre otros (Grijalva, s.f.).

### **Cosecha o recolección**

Varían de acuerdo con la zona y técnicas de cosecha. Por otro lado, se debe procurar que los tres cuartos de las celdas de los marcos estén operculados y utilizar siempre la indumentaria adecuada: velo, overol blanco, guantes, botas y vapores ahuyentadores (Ruiz, 2014).

### **Color**

Dependerá de su composición química como contenido en minerales, compuestos fenólicos y polen, asimismo de la temperatura y tiempo de almacenamiento presentando colores que van desde el blanco, pasando por tonos transparentes, ámbares, oscuros y rojizos, algunas pueden presentar luminosidad amarilla o verdosa. Las mieles oscuras poseen alto poder antioxidante por su contenido de fenoles y las mieles más claras poseen mayor vitamina A (Ulloa, Mondragon, Rodríguez, Reséndiz, & Ulloa, 2010).

## **1.4.2 Tipos de colmenas**

### **1.4.2.1 Colmenas de cuadros móviles**

Consisten en cuadros rectangulares de plástico o de madera que sostienen al panal facilitando la inspección, manipulación y transporte de las abejas en caso de que se requiere trasladarlas a colonias deficientes o débiles.

Se dividen en Langstroth, Layens y Dadant, siendo las dos primeras utilizadas en Ecuador (Vásconez, 2017). En la figura 1.3 se observa la diferencia entre estos tres tipos de colmenas.

#### **Colmena Langstroth**

De orientación vertical, conformado por 10 cuadros de 43 x 20 cm y su precio es más elevado. Es denominada como el diseño universal en colmenas, puesto que, permite agregar nuevas alzas a medida que crece la colonia para aumentar la alza melaria o también la cámara de cría (Vásconez, 2017).

Este tipo de colmenas son utilizadas en el GEA y se las abreviará como colmenas tradicionales (CT). Además, dichas colmenas fueron utilizadas para el desarrollo de este proyecto.

#### **Colmena 'Flow Hive' tipo Langstroth**

Es una variedad derivada de las colmenas Langstroth, con la diferencia de que este sistema no utiliza cuadros o marcos que necesiten de ciertos procesos posteriores, ya que, la miel cae directamente desde la colmena a un repositorio. Las celdillas hexagonales al ser de plástico, una vez llenas de miel, se abren automáticamente.

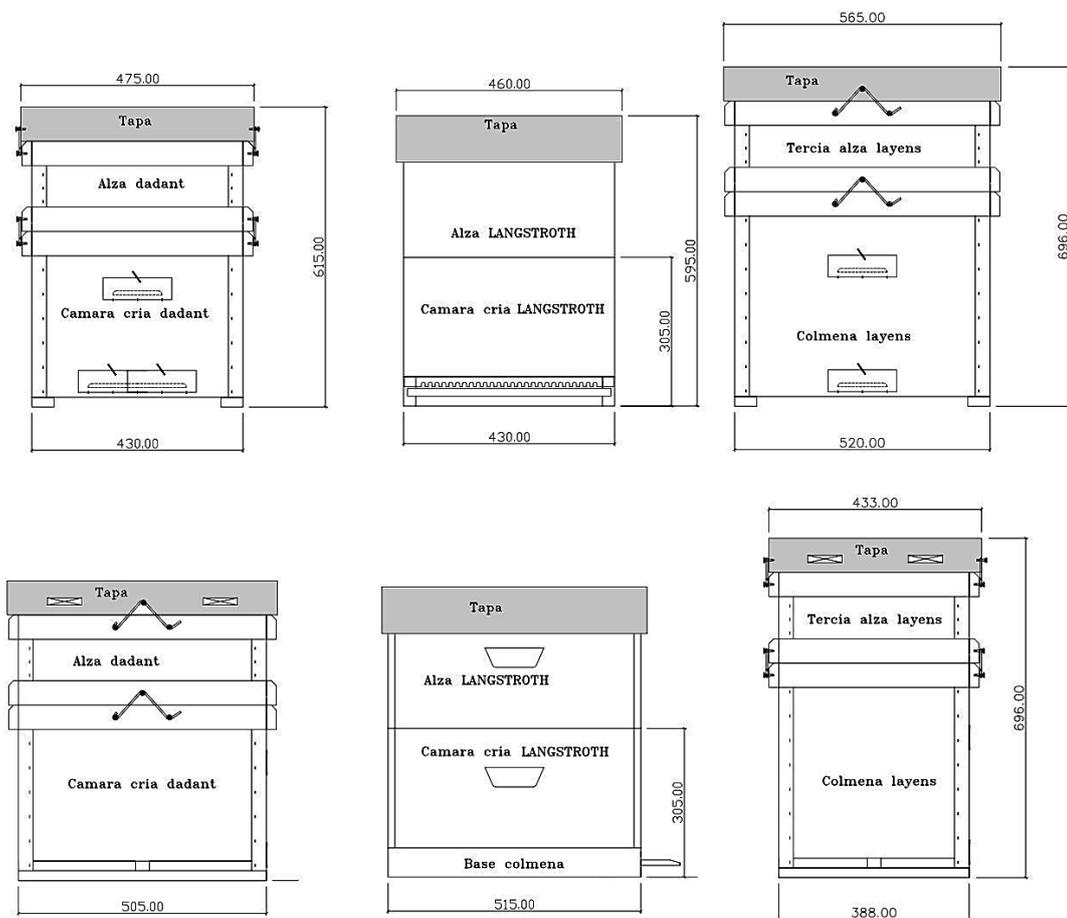
Fueron adquiridas al inicio de este proyecto en GEA y se las denominó colmenas nuevas (CN), se tiene como restricción su uso para el desarrollo de este proyecto. En la figura 1.4 se observa un ejemplo de estas colmenas.

#### **Colmena Layens**

De orientación horizontal, conformado por 10 a 14 panales o marcos de 30 x 35cm. Su precio es económico en comparación con la Langstroth y es de fácil transportación (Vásconez, 2017).

## Colmena Dadant

Posee una cámara de cría más grande que las Langstroth, por lo tanto, invernan mejor y no necesita mucha participación del apicultor. En la cámara de cría se cuenta con cuadros de 42 x 47cm y en cuanto a la alza melaria se tiene marcos de 42 x 13 cm (Vásconez, 2017).



**Figura 1.3 Diferencias entre colmenas Dadant, Langstroth y Layens**

Fuente: Blog de Asociación de Apicultores de la Comunidad de Madrid



**Figura 1.4 Colmena 'Flow Hive' tipo Langstroth de 7 cuadros**

Fuente: (Honey Flow, s.f.)

#### **1.4.2.2 Otros tipos de colmenas**

Estas son poco comunes y más rústicas. Se dividen en colmenas de observación, locales tradicionales y de barras superiores. La primera se elabora con paredes laterales transparentes y las dos últimas se las construyen de diversos materiales como hierbas, barro, arcilla, troncos, entre otros (Vásconez, 2017).

#### **1.4.3 Honey Processing Machine (HPM)**

Es un equipo para el procesamiento de miel de abejas, el cual realiza los procesos de precalentamiento, filtrado grueso y fino, y concentrado de la miel al vacío, permite eliminar impurezas, disminuir carga microbiana, evitar la cristalización y disminuir la humedad en la miel.

Para el desarrollo de este proyecto se tiene como restricción su utilización. Su esquema de detalla en la figura 1.5 y sus especificaciones técnicas se detallan en el apéndice A.



**Figura 1.5 Esquema del equipo Honey Processing Machine FM-400**

Fuente: (Honey Processing Machine instruction)

#### **1.4.4 Parámetros de calidad para la miel de abejas**

El Servicio Ecuatoriano de Normalización dispone de una normativa para la miel de abeja, la norma técnica ecuatoriana INEN 1572 (Miel de Abeja. Requisitos). En las figuras 1.6 y 1.7 se detallan los requisitos físicos, químicos y microbiológicos para la miel de abejas.

### Requisitos físicos y químicos para la miel de abejas

Requisitos	Unidades	Valor		Métodos de ensayo
		Mínimo	Máximo	
Contenido de humedad	% <sup>a</sup>	-	20	NTE INEN 1632
Contenido de azúcares reductores (suma de fructosa más glucosa) <sup>b</sup>	% <sup>a</sup>	65	-	NTE INEN 1633
Contenido de sacarosa aparente	% <sup>a</sup>	-	5	NTE INEN 1633
Contenido de sólidos insolubles en agua		-	0,1 (miel distinta a la prensada) 0,5 (miel prensada)	NTE INEN 1635
Acidez libre	meq/kg	-	50	NTE INEN 1634
Actividad de la diastasa <sup>c</sup>	-	3	8	NTE INEN 1638
Contenido de hidroximetilfurfural	mg/kg	-	40	NTE INEN 1637
Contenido de cenizas	% <sup>a</sup>	-	0,5	NTE INEN 1636
Conductividad eléctrica	mS/cm	-	0,8	ANEXO A

<sup>a</sup> Corresponde a la fracción de masa expresada en porcentaje.  
<sup>b</sup> La relación fructosa/glucosa debe ser mayor a 1 para *Apis mellifera*, determinada con el método de NTE INEN 1633.  
<sup>c</sup> La actividad de diastasa es calculada como el número de diastasa (unidad de Schade o unidad de Gothe), el cual se define como la cantidad de enzima contenida en un gramo de muestra, la cual hidroliza 0,01 g de almidón en una hora.

**Figura 1.6 Requisitos fisicoquímicos para la miel de abejas**

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana 1572

### Requisitos microbiológicos para la miel de abejas

Requisito	Unidad	Máximo	Método de ensayo
Recuento total de hongos y levaduras	UPC/g <sup>a</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	NTE INEN 1529-10

<sup>a</sup> UPC/g = unidades propagadoras de colonias por gramo

**Figura 1.7 Requisitos microbiológicos para la miel de abejas**

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana 1572

Para la presencia de trazas de plaguicidas, reglamentaciones de la Unión Europea, mencionan que la miel como producto natural no debe contener restos de estos compuestos químicos, se han establecido valores de 0,01 y 0,1 mg/Kg como límite máximo de residuos de plaguicidas (Espinosa, 2017).

Por otro lado, en cuanto a niveles de herbicidas como el glifosato, en la figura 1.8 se establece un valor de Maximum Residue Level (MRL) de 0,050 mg/Kg cuyo valor varía para cada país en la Unión Europea (EU Pesticides Database, s.f.).

Code number	Products to which MRLs apply (Part A of Annex I to Reg. 396/2005)	Glifosato ⓘ
1040000	■ Miel y otros productos de la apicultura (7)	0.05*

**Figura 1.8 Límite máximo de residuos de glifosato en miel de abejas**

Fuente: EU Pesticides Database

#### 1.4.5 Mieles del mercado local

Existen mieles expandidas de manera artesanal sin ninguna marca, así como también mieles presentes en supermercados de Guayaquil que provienen de comercializadoras de Quito bajo las marcas: ‘Schullo’, ‘La Abejita’ y ‘Trébol’, en Durán se cuenta con la marca ‘Superba’ y en Guayaquil con las marcas ‘Coromiel’ y ‘Bee Happy’.

#### 1.4.6 Situación apícola en Ecuador

Actualmente, la producción de miel de abejas en Ecuador alcanza un promedio de 10,2 Kg de miel por colmena al año, el Ministerio de Agricultura y Ganadería se encuentra desarrollando estrategias para aumentar estas cifras, como créditos financieros, mantenimiento técnico, así como también capacitaciones en temas de buenas prácticas apícolas, genética, nutrición, innovación, sanidad, mantenimiento de colmenas (Líderes, 2018).

Datos del Registro Apícola Nacional, registran la presencia de 1760 apicultores y 19155 colmenas, siendo las provincias de mayor producción las de Loja, Manabí, Santa Elena, Azuay y Chimborazo que proveen de miel de abejas y productos derivados (polen, propóleo, dulces, jalea y cera) (Ganadería, 2018).

En Guayaquil, la apicultura es una actividad poco desarrollada, la misma cuenta con pequeños apicultores que elaboran y comercializan miel de abeja de manera artesanal, aunque también existen mieles producidas en plantas procesadoras (Universo, 2018).

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

La metodología aplicada en el presente trabajo se ampara bajo la sistemática desarrollada por Richard Muther denominada Systematic Layout Planning (SLP) o Planeación Sistemática de la Distribución en Planta (Casp, 2005). Este procedimiento permitió mediante una serie de actividades lograr identificar los elementos involucrados en el diseño y distribución de una planta procesadora a fin de determinar relaciones existentes entre ellos. Es importante mencionar que para el desarrollo de todas las actividades seguidas por la metodología SLP, se tomó en consideración el hecho de que se tienen dos distintos procesos: el proceso A que involucra el procesado de la miel obtenida a partir las colmenas tradicionales (CT) y el segundo, el proceso B se lo realizó considerando la miel proveniente de las colmenas nuevas *Flow Hive tipo Langstroth* (CN). Ambos procesos difieren al inicio de la actividad productiva, donde las colmenas tradicionales requieren dos etapas adicionales de proceso en comparación con el proceso B.

Siguiendo con la metodología, se procedió con la realización de los diagramas de proceso productivo, posteriormente, se determinó el volumen de producción y rendimientos por equipo con el cual se manejará la planta, para este último apartado se tiene como restricción el uso de frascos de vidrio de 212ml cuyas especificaciones se detallan en el apéndice B. Para la elección de maquinarias y equipos auxiliares, se consideró el volumen de producción ya establecido. Mediante un diagrama de Gantt se fijaron los tiempos de ciclo de los procesos A y B, para su realización se tomó en cuenta las capacidades de los equipos seleccionados y el volumen de producción.

Después se elaboró una tabla relacional de actividades que evaluó la relación existente entre las actividades concernientes a la planta y también se realizó una tabla de necesidad de espacios considerando las dimensiones de equipos y la circulación de materia prima y personal. Los datos obtenidos en ambas actividades, se procedió a analizarlas en el software Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP), el

mismo que arrojó la configuración más adecuada para la distribución de departamentos o áreas.

Después de detalló la distribución de la planta de manera general, es decir, considerando especificaciones de pisos, paredes, techos, iluminación, entre otros.

Finalmente, se realizaron pruebas fisicoquímicas, microbiológicas y de evaluación sensorial a fin de caracterizar el producto final y se estimaron los costos concernientes al diseño de la planta.

## **2.1 Determinación de los datos de producción**

Se establecieron condiciones actuales y futuras de los datos de producción, en primera instancia se determinó el volumen de producción en base a datos históricos de la cantidad de miel obtenida por las colmenas CT y CN y el número de colmenas recolectadas en cada cosecha. Luego se utilizó como dato el volumen efectivo del equipo HPM, éste último es un equipo clave, ya que, de él dependió el volumen de miel que será procesado en cada batch.

## **2.2 Selección de equipos**

Para la selección de equipos que se disponen en la planta, se tomó en consideración el hecho de que el procesado de miel de abejas en GEA no es un proceso que se realice de manera periódica, sino que dependerá de la periodicidad de las cosechas en el año, por lo tanto, si se elige optar por equipos muy automatizados o industrializados, se tiene como resultado una subutilización de maquinarias al no aprovechar al máximo su capacidad (Arriola). A partir de estas consideraciones se seleccionaron los equipos en base al número de marcos disponibles por colmena, capacidad y volumen efectivo del equipo HPM.

## **2.3 Balance de materia y energía**

### **2.3.1 Balance de materia y energía en la etapa de precalentamiento**

Las fórmulas utilizadas en este apartado fueron obtenidas de Singh y Heldman (Singh & Heldman, 2001).

Se partió de datos establecidos como: la temperatura a la cual precalentará la miel, obtenido por datos bibliográficos que fue de  $T_1 = 70^\circ\text{C}$  (Solis, y otros, 2001), la temperatura de entrada de la miel en el precalentamiento correspondiente a la ambiental de  $T_0 = 25^\circ\text{C}$ , los valores de calor específico se los obtuvo por modelos matemáticos de

Okos y Choi, las fracciones de sólidos se los obtuvo de la toma experimental de °Bx de la miel y la masa de ingreso al precalentamiento (84Kg) se la obtuvo del volumen efectivo de las especificaciones técnicas del equipo HPM.

En la ecuación 2.1 se calculó el calor requerido en el precalentamiento aplicando la fórmula general de calor:

$$Q = m_0 C_p \Delta T \quad (2.1)$$

En donde:

$m_0$ : masa de entrada al precalentado (84 kg)

$\Delta T$ : diferencia de temperatura en el proceso de precalentamiento  $T_1 - T_0$ .

$C_p$ : calor específico de la miel a la temperatura ambiente (25°C)

Q: calor requerido en el precalentamiento

En la ecuación 2.2 se estimó la potencia requerida para el precalentamiento:

$$\dot{Q}_1 = \frac{Q}{t} \quad (2.2)$$

En donde:

$\dot{Q}_1$ : potencia requerida en el precalentamiento

Q: calor requerido en el precalentamiento

t: tiempo de precalentamiento, el cual se estimó 20 minutos (dato obtenido del manual de operación del equipo HPM)

Luego, en la ecuación 2.3 se determinó la masa a la salida del precalentamiento e ingreso al concentrado ( $m_f$ ) utilizando la relación de fracción de sólidos entre el precalentamiento y el concentrado:

$$X_0 m_0 = X_f m_f \quad (2.3)$$

En donde:

$X_0$ : fracción de sólidos al ingreso del precalentamiento (0.773)

$X_f$ : fracción de sólidos a la salida del precalentamiento (0.785)

$m_f$ : masa de miel a la salida del precalentamiento e ingresa al concentrado

$m_0$ : masa de entrada al precalentamiento (84 kg)

### 2.3.2 Balance de materia y energía en la etapa del concentrado

En la ecuación 2.4 se determinó la relación de fracción de sólidos para la entrada y salida del concentrado, obteniéndose la masa final de miel a la salida del concentrado  $m_p$ :

$$X_f m_f = X_p m_p \quad (2.4)$$

En donde:

$X_f$ : fracción de sólidos a la salida del precalentamiento (0.785)

$m_f$ : masa de miel a la salida del precalentamiento e ingreso al concentrado

$X_p$ : fracción de sólidos a la salida del concentrado (0.80)

$m_p$ : masa final de miel a la salida del concentrado

En la ecuación 2.5 se procedió a plantear el balance de masa para la determinación de la masa de agua evaporada  $m_v$ :

$$m_p = m_v + m_f \quad (2.5)$$

En donde:

$m_p$ : masa final de miel a la salida del concentrado

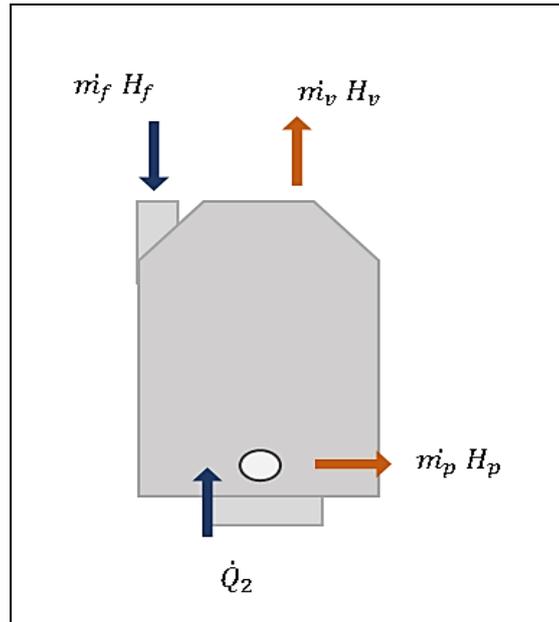
$m_f$ : masa de miel que ingresa al concentrado

$m_v$ : masa de vapor en el concentrado

Para el balance de energía se consideró al concentrador como un evaporador simple, las entradas y salidas al proceso se encuentran detalladas en la figura 2.1.

En la ecuación 2.6 se planteó la fórmula para el cálculo del flujo másico al ingreso del concentrado en donde se utilizó un dato obtenido de los cálculos del sistema de bombeo, es decir, el flujo de entrada a la manguera de admisión al sistema de bombeo, el cual a su vez representa el flujo másico a la salida del concentrado  $\dot{m}_p$  (0.268 kg/s).

Este dato escogido, no es restricción, pero su utilización ayudó en la obtención de datos más exactos, ya que, el sistema de bombeo es un proceso subsecuente al equipo HPM.



**Figura 2.1 Esquema de entradas y salidas para la etapa de concentrado**

Fuente: Elaboración propia

$$X_f \dot{m}_f = X_p \dot{m}_p \quad (2.6)$$

En donde:

$X_f$ : fracción de sólidos al ingreso del concentrado (0.785)

$X_p$ : fracción de sólidos a la salida del concentrado (0.80)

$\dot{m}_p$ : flujo másico a la salida del concentrado

$\dot{m}_f$ : flujo másico al ingreso del concentrado

Posteriormente, en la ecuación 2.7 se calculó el flujo másico de vapor  $\dot{m}_v$

$$\dot{m}_f = \dot{m}_v + \dot{m}_p \quad (2.7)$$

En donde:

$\dot{m}_f$  : flujo másico al ingreso del concentrado

$\dot{m}_v$  : flujo másico de vapor en el concentrado

$\dot{m}_p$  : flujo másico a la salida del concentrado

Para la obtención del balance de energía en el concentrado, en primer lugar, se calcularon las entalpías asociadas a los flujos de entrada y salida.

- 1) En las ecuaciones 2.8 y 2.9 se planteó el cálculo para los valores de  $H_f$  y  $H_p$ , respectivamente.  $H_v$  se lo obtuvo utilizando las tablas termodinámicas de vapor de agua A-6 del apéndice C a la temperatura de operación del concentrado  $t_p$ .

$$H_f = C_{pf}(T_f - 0^\circ C) \quad (2.8)$$

En donde:

$H_f$ : entalpía asociada al flujo másico al ingreso del concentrado

$C_{pf}$ : calor específico de la miel antes de ingresar al concentrador a  $70^\circ C$

$t_f$ : temperatura de la miel antes de ingresar al concentrado ( $70^\circ C$ )

- 2) En esta ecuación,  $T_p$  representa la temperatura de operación en el concentrado o temperatura de saturación a partir de la presión absoluta de trabajo del equipo HPM, donde se usó las tablas de vapor A-6 del apéndice C.

$$H_p = C_{pp}(T_p - 0^\circ C) \quad (2.9)$$

En donde:

$C_{pp}$ : calor específico de la miel en el proceso de evaporación a temperatura de  $70^\circ C$

$T_p$ : temperatura de operación del concentrado

$H_p$ : entalpía asociada al flujo másico a la salida del concentrado

- 3) Finalmente, en la ecuación 2.10 se planteó el balance de energía en el concentrado. Los términos de la izquierda representan los flujos másicos de entrada con sus valores de entalpías y los de la derecha los flujos másicos de salida con sus entalpías. Su realización permitió hallar la potencia requerida en el concentrado  $\dot{Q}_2$ .

$$\dot{m}_f H_f + \dot{Q}_2 = \dot{m}_v H_v + \dot{m}_p H_p \quad (2.10)$$

En donde:

$\dot{m}_f H_f$ : Energía aportada por el flujo de miel que ingresa al concentrado con su entalpía de ingreso al concentrado

$\dot{m}_v H_v$ : Energía aportada por el flujo de vapor y su correspondiente entalpía

$\dot{m}_p H_p$ : Energía aportada por el flujo másico de la miel concentrada con su entalpía asociada al concentrado

$\dot{Q}_2$ : potencia requerida en el concentrado

Por otro lado, se determinó la temperatura de la miel a la salida del equipo HPM, el cual a su vez representa la temperatura que ingresará al sistema de bombeo y posterior envasado de la miel.

Luego de haber determinado los valores  $\dot{Q}_2$  y  $\dot{Q}_1$  correspondientes a las potencias requeridas en las etapas del concentrado y precalentamiento respectivamente, ambos valores se sumaron y se obtuvo la potencia total del equipo HPM, el cual debe ser menor o igual a 14Kw, valor tomado de las especificaciones técnicas del HPM.

#### 2.4 Selección de equipos auxiliares

Se seleccionó bomba y manguera para el sistema de bombeo de miel desde el equipo HPM hacia el tanque de almacenamiento, cuya metodología fue obtenida del libro 'Introduction to food engineering' (Singh & Heldman, 2001).

Por otro lado, se partió de datos establecidos como el tiempo de bombeo (5 minutos), densidad de miel (1400Kg/m<sup>3</sup>) y datos obtenidos del equipo HPM como el diámetro de tubería (1 ½ pulgada).

Entonces, en la ecuación 2.11 se determinó el área de la manguera:

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} \quad (2.11)$$

En donde:

A: área de sección de la manguera

d: diámetro de la manguera

En la ecuación 2.12, se determinó el flujo másico a la entrada del sistema:

$$\dot{m}_p = \frac{m_p}{t_b} \quad (2.12)$$

En donde:

$\dot{m}_p$ : flujo másico de entrada al sistema

$m_p$ : masa final de miel del concentrado (80,64Kg)

$t_b$ : tiempo de bombeo (5 minutos)

En la ecuación 2.13 se determinó la velocidad del flujo a la entrada del sistema:

$$Q = VA \quad (2.13)$$

En donde:

Q: caudal volumétrico de la miel

V: velocidad de fluido en el tubo

A: área de la sección de tubería

Posteriormente, se parte del hecho de que la miel es un fluido Newtoniano (Rao, 2014), por lo cual se obtuvieron los valores de  $n$  (índice de flujo) y  $k$  (índice de consistencia) del apéndice D a partir de la temperatura estimada a la salida del equipo HPM (46°C). Entonces, se determinó el número de Reynolds en la ecuación 2.14.

Cabe mencionar que este planteamiento se realizó en base flujo másico el cual podemos apreciar en el cálculo de sus velocidades.

$$Re = \frac{d^n * V^{2-n} * \rho}{(k * 8^{n-1} * (\frac{3n+1}{4n})^n)} \quad (2.14)$$

En donde:

d: diámetro de la tubería

V: velocidad del fluido en el tubo

$\rho$ : densidad de la miel

k: índice de consistencia

n: índice de comportamiento del flujo

Con el valor de Reynolds se determinó si el flujo es laminar o turbulento. Luego se calculó el factor por fricción ( $f$ ), en caso de que el flujo sea laminar se usa la ecuación 2.15, caso contrario, si el flujo es turbulento usa el diagrama de Moody para el factor de fricción de Fanning detallado en el apéndice E.

$$f = \frac{16}{Re} \quad (2.15)$$

En donde:

Re: Número de Reynolds

f: factor por fricción

Con el valor del factor de fricción se estimó la pérdida de fricción por tubería en la ecuación 2.16:

$$h_f = \frac{4fLv^2}{2Dg} \quad (2.16)$$

En donde:

L: longitud de tubería

V: velocidad

D: diámetro de tubería

f: factor de fricción

g: gravedad

$h_f$ : pérdida de fricción por tubería

Se definieron accesorios de tubería, para ello, se halló en la ecuación 2.17 las pérdidas de fricción por accesorios ( $h_m$ ), en ella se usó además el coeficiente de pérdidas por accesorios detallado en la figura 2.2 el cual se la denominó  $K_m$  para evitar confusiones con el k del índice de consistencia.

$$h_m = k_m \frac{v^2}{2g} \quad (2.17)$$

En donde:

v: velocidad de flujo

$k_m$ : pérdidas de fricción por accesorios

g: gravedad

$h_m$ : pérdidas de fricción por accesorios

Pérdidas por accesorios	
Válvula esférica, totalmente abierta	$K = 10$
Válvula de ángulo, totalmente abierta	$K = 5$
Válvula de retención de clapeta	$K = 2,5$
Válvula de pie con colador	$K = 0,8$
Válvula de compuerta, totalmente abierta	$K = 0,19$
Codo de retroceso	$K = 2,2$
Empalme en T normal	$K = 1,8$
Codo de 90° normal	$K = 0,9$
Codo de 90° de radio medio	$K = 0,75$
Codo de 90° de radio grande	$K = 0,60$
Codo de 45°	$K = 0,42$

**Figura 2.2 Coeficiente de pérdidas por accesorios**

Fuente: (Rao, 2014)

Una vez obtenidos los datos para la selección de tubería, se empezó con los cálculos para la selección de la bomba:

En primera instancia, mediante la ecuación de Bernoulli descrita en la ecuación 2.18, se determinó la pérdida de fricción de la bomba  $h_p$ .

Se tomó como referencia el punto 1 a la salida del equipo HPM y el punto 2 aquel que conecta al tanque de almacenamiento y, además, se tomó como dato el valor de velocidad obtenido de la ecuación 2.13 y la pérdida de fricción  $h_f$  obtenida en la ecuación 2.16.

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 + h_b = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + h_f + h_m \quad (2.18)$$

En donde:

$p_1$ : presión a la salida del HPM

$v_1$ : velocidad de salida del HPM

$z_1$ : nivel de referencia en el punto 1

$p_2$ : presión en el punto 2

$v_2$ : velocidad de entrada al tanque de almacenamiento

$z_2$ : nivel de referencia en el punto 2

$h_b$ : pérdida de cabezal de bomba

$h_f$ : pérdida de fricción de tubería

$h_m$ : pérdida menor por accesorio

Luego de obtener  $h_b$ , en la ecuación 2.19 se halló la potencia de la bomba. Después se procedió con la selección de la bomba mediante el uso de un catálogo descrito en el apéndice F que cumpla con los requerimientos y también se verificó que el caudal se encuentre dentro del rango de operación de la bomba especificada en el catálogo.

$$\dot{W}_T = \rho g Q h_b \quad (2.19)$$

En donde:

$\rho$ : densidad de la miel

$g$ : gravedad

$Q$ : caudal volumétrico

$h_b$ : pérdida de fricción por bomba

## **2.5 Diagramas de proceso productivo**

Los diagramas de proceso permitieron describir y esquematizar de una forma técnica el proceso productivo. Para esto, se utilizaron dos esquemas: el diagrama de flujo de la tecnología del proceso y diagrama de recorrido sencillo. Ambos diagramas se elaboraron en base al proceso A y B.

Para el proceso B se adicionó las etapas de desoperculado y centrifugado. Cabe mencionar que el proceso de desoperculado consiste en retirar la cera de opérculo de los marcos provenientes de las colmenas CT.

### **2.5.1 Diagrama de flujo de la tecnología del proceso**

Este diagrama presentó de forma secuencial y gráfica los aspectos tecnológicos del proceso, en el mismo también se detalla parámetros de proceso, puntos de control y puntos críticos de control.

### **2.5.2 Diagrama de recorrido sencillo**

Proporcionó la secuencia del flujo de materiales por las distintas etapas del proceso en base a una simbología que identifica distintas acciones las cuales pueden ser de 5 tipos: operación, almacenamiento, transporte, inspección y espera (Casp, 2005) detallada en la figura 2.3.

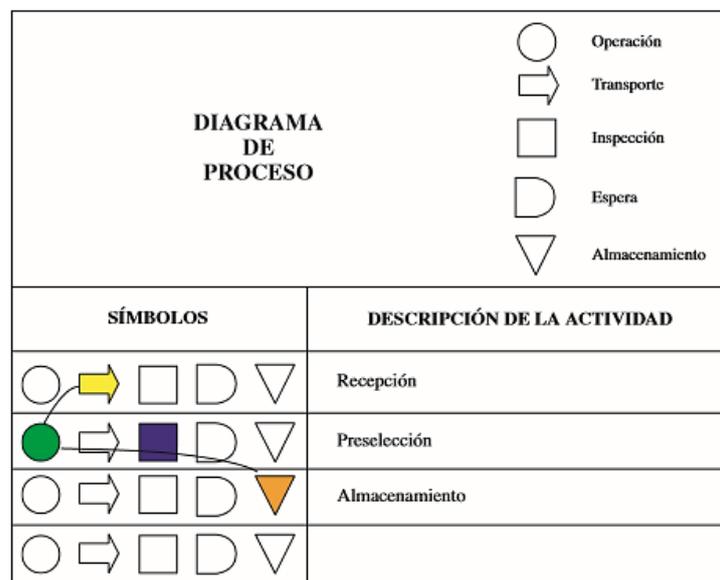
Antes de realizar el diagrama de recorrido sencillo, se procedió a realizar un diagrama de análisis de procesos para identificar las actividades implicadas en el proceso productivo y establecer la simbología correspondiente al diagrama de recorrido, ejemplo de este proceso se detalla en la figura 2.4.

Símbolos y acción en los diagramas de flujo*		Símbolos para identificar actividades y áreas		Blanco y negro	Identificación por color
○	Operación	○	Proceso o fabricación		Verde**
		○	Montaje		Rojo**
▽	Almacenamiento	▽	Actividades/áreas de almacén		Naranja Amarillo**
⇒	Transporte	⇒	Actividades/áreas de transporte		Naranja Amarillo**
□	Inspección	□	Áreas de control/inspección		Azul**
⊔	Espera	⊔	Áreas de espera		Naranja Amarillo**
		⊔	Áreas/actividades de servicios		Azul**
		⊔	Oficinas, administración		Marrón** (Gris)

\* ASME standard \*\* IMMS standard

**Figura 2.3 Símbolos estándar para la planificación**

Fuente: (Casp, 2005)



**Figura 2.4 Relación de actividad del proceso productivo con su simbología**

Fuente: (Casp, 2005)

## **2.6 Determinación de zonas sensibles, ultrasensibles e inertes**

La siguiente metodología permitió detectar posibles riesgos acorde a las zonas de sensibilidad. Se refiere a la clasificación de todas las etapas del proceso y clasificarlas acorde al tipo de exposición o riesgo al cual están sometidas (Casp, 2005).

Una vez elaborado los diagramas de proceso se procedió a identificar y definir estas zonas.

## **2.7 Diagrama de Gantt**

Mediante el diagrama de Gantt, herramienta utilizada para la planificación de tareas o pasos en un tiempo determinado (OBS Business School, s.f.), se determinó el tiempo que dura cada etapa y el tiempo de ciclo del proceso, esta acción se realizó considerando la obtención de miel por parte de ambas colmenas y, además, se consideraron los procesos A y B por separado.

## **2.8 Estimación de Layout**

Se lo realizó mediante dos actividades: la estimación de áreas de trabajo y la tabla relacional de actividades, cuyos resultados fueron ingresados y analizados mediante el software CORELAP.

### **2.8.1 Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios**

Existen varios procedimientos para la determinación de las áreas en el diseño de una planta, para este proyecto se utilizó aquel denominado 'El cálculo', el cual consiste en fraccionar cada sector en subsectores del área total (Casp, 2005).

Para su realización se necesitó el dato de los espacios ocupados por todos los equipos o materiales, así como el volumen de producción en un tiempo determinado.

A partir de ello, se determinó la estimación de los espacios necesarios mediante tres variables: la superficie estática ( $S_s$ ), la superficie de gravitación ( $S_g$ ) y superficie de evolución ( $S_e$ ). Estas variables se detallan en las ecuaciones 2.20 y 2.21.

$$S_g = S_s * N \quad (2.20)$$

En donde:

$S_s$ : área ocupada por equipos e instalaciones

$N$ : número de lados usados por el equipo

$S_g$ : área ocupada por puestos de trabajo del operario y material usado para el proceso

$$Se = (Ss + Sg) * K \quad (2.21)$$

En donde:

Se: área relacionada con movimiento del personal

Ss: área ocupada por equipos e instalaciones

Sg: área ocupada por puestos de trabajo del operario y material usado para el proceso

K: coeficiente de holgura (0,05-3)

K es una contante que puede tomar valores de 0,05 a 3 cuyo valor dependerá del tipo de industria con la cual se trabaje, para industrias alimentarias se tomó un valor de 0,15.

### 2.8.2 Tabla de relación de actividades

La tabla relacional de actividades (T.R.A.) se elabora de distintas maneras, la elegida para este proyecto fue en forma de un cuadro orientado de manera diagonal. El objetivo de esta tabla fue determinar la relación existente o necesidad de aproximación entre cada actividad implicada en el proceso (Casp, 2005).

En la ecuación 2.22 se establece el número total de relaciones permitidas en base al número de departamentos o áreas elegidas y la figura 2.5 nos indicó el total de códigos de relación permitidos en base a la categoría de código y su porcentaje de clasificación.

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \quad (2.22)$$

En donde:

N: Total de códigos de relación

n: número de departamentos

Código	Porcentaje de clasificación	Total de relaciones permitidas
A	2 – 5%	N x %A
E	3 – 10%	N x %E
I	5 – 15%	N x %I
O	10 – 25%	N x %O
U	Sin importancia	Los restantes
X	Rechazable	Los restantes

**Figura 2.5 Total de relaciones permitidas para T.R.A.**

Fuente: (Casp, 2005)

Luego, se usó una escala de valoración conformada por un número y una letra que reflejan la conveniencia de la proximidad de las actividades que se detallan en las figuras 2.6 y 2.7.

<b>Código</b>	<b>Proximidad</b>	<b>Color Asociado</b>
<b>A</b>	<b>Absolutamente necesaria</b>	<b>Rojo</b>
<b>E</b>	<b>Especialmente importante</b>	<b>Amarillo</b>
<b>I</b>	<b>Importante</b>	<b>Verde</b>
<b>O</b>	<b>Ordinaria</b>	<b>Azul</b>
<b>U</b>	<b>Sin importancia</b>	<b>-</b>
<b>X</b>	<b>Rechazable</b>	<b>Marrón</b>

**Figura 2.6 Escala de valoración por códigos del T.R.A.**

Fuente: (Casp, 2005)

<b>Motivo</b>	
<b>1</b>	<b>Proximidad en el proceso</b>
<b>2</b>	<b>Higiene</b>
<b>3</b>	<b>Control</b>
<b>4</b>	<b>Frío</b>
<b>5</b>	<b>Malos olores, ruidos.</b>
<b>6</b>	<b>Seguridad del Producto</b>
<b>7</b>	<b>Utilización material común</b>
<b>8</b>	<b>Accesibilidad</b>

**Figura 2.7 Escala de valoración por motivos del T.R.A.**

Fuente: (Casp, 2005)

### **2.8.3 Uso del software CORELAP**

A partir de los resultados obtenidos en la tabla relacional de actividades y la estimación de espacios, se utilizó el software CORELAP. Este programa ejecuta algoritmos de construcción los cuales permitieron estimar el Layout para la planta piloto, para ello se ingresó los datos de los metros cuadrados de las áreas o departamentos y las relaciones obtenidas del T.R.A.

### **2.9 Diseño de las instalaciones internas de la planta piloto**

Incluye especificaciones de paredes, techos, pisos, columnas, exteriores, desagües, puertas, ventanas e iluminación, las cuales se rigieron bajo la normativa de Buenas

Prácticas Apícolas (BPA) de Agrocalidad emitida bajo la Resolución N° 0053 del 21 de abril del 2015 (Agrocalidad, 2015) y también bajo Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) del Registro N° 555 del 30 de julio del 2015 (Buenas Prácticas de Manufactura, 2015).

Además, se tomó como referencia la guía argentina de Buenas Prácticas Apícolas y de Manufactura (Alimentos, 2003), la guía de Buenas Prácticas de manejo de miel (Fierro, Ferenczi, & Mastandrea, 2003) y el capítulo 19 del libro 'Diseño de plantas agroalimentarias' (Casp, 2005).

## **2.10 Caracterización del producto**

Se realizaron pruebas fisicoquímicas y microbiológicas regidas bajo la norma técnica ecuatoriana *INEN 1572. Miel de abejas. Requisitos*. Estos análisis se complementaron con una prueba de aceptación mediante el desarrollo de un panel sensorial donde se evaluaron varias muestras de mieles.

### **2.10.1 Pruebas fisicoquímicas**

Los parámetros evaluados en el producto final fueron aquellos que dicta la norma y cuyos límites máximos y mínimos permitidos se detallaron en la figura 1.6.

### **2.10.2 Pruebas microbiológicas**

Los parámetros evaluados en el producto final fueron aquellos que dicta la norma y cuyos niveles máximos de unidades propagadoras de colonia sobre gramo (UPC/g) se detallaron en la figura 1.7.

### **2.10.3 Evaluación sensorial**

El panel sensorial se lo realizó con 50 panelistas no entrenados donde se evaluaron atributos de color, olor y sabor a 4 diferentes muestras: miel artesanal de ESPOL, miel artesanal de ESPOL calentada a 70°C, miel artesanal externa y miel comercial.

Se empleó una escala hedónica de 7 puntos descrita en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1 Escala hedónica de 7 puntos para evaluación sensorial**

<b>Escala</b>	<b>Puntuación</b>
Me disgusta mucho	1
Me disgusta moderadamente	2
Me disgusta ligeramente	3
Ni me gusta ni me disgusta	4
Me gusta ligeramente	5
Me gusta moderadamente	6
Me gusta mucho	7

Fuente: Elaboración propia

La escala hedónica fue presentada en un formulario a los panelistas el día de la prueba donde adicionalmente se colocó las instrucciones a seguir, este formulario se detalla en el apéndice G.

Para el análisis estadístico de resultados se usó el software Minitab, el cual permitió determinar si existieron o no diferencias significativas entre las muestras.

### **2.11 Estimación de costos**

Para la estimación de costos, se consideró aquel escenario en donde se realicen los procesos A y B simultáneamente.

Posteriormente se realizó un balance de equipos, mano de obra directa e indirecta, materiales, envases y etiquetas, mantenimiento de colmenas y consumo de servicios auxiliares todo esto tomando como referencia los datos del balance de materia y energía y volumen de producción obtenidos en apartados anteriores.

Finalmente, se realizó un estudio financiero a fin de obtener el punto de equilibrio, costo unitario, precio de venta y se calculó el TIR y VAN para observar la rentabilidad del proyecto.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Resultados de los datos de producción

En la figura 3.1 se detalló las condiciones actuales con los cuales operará la planta, se definió además el total de miel que se obtendrá al año y el número de batch o lotes que se realizarán por cosecha.

	Condiciones actuales	
	Unidades	Valor
Colmenas CN x cosecha- estándar	und.	8
Colmenas CT x cosecha - estándar	und.	7
Miel x colmena CN x cosecha - estándar	Kg	21
Miel x colmena CT x cosecha - estándar	Kg	16,80
Número de cosechas por año	und.	4
Densidad de la miel	Kg/L	1,4
<b>Total de miel por cosecha</b>	Kg	286
	L	204
<b>Tiempo de producción FM-400</b>	min	101
<b>Número de BATCH x cosecha</b>	unid.	3,4
<b>Total de miel al año</b>	Kg	1142,4
	L	816,0

**Figura 3.1 Condiciones actuales de operación de la planta piloto**

Fuente: Elaboración propia

	Condiciones Futuras	
	Unidades	Valor
Colmenas CN x cosecha- estándar	und.	12
Colmenas CT x cosecha - estándar	und.	9
Miel x colmena CN x cosecha - estándar	Kg	21
Miel x colmena CT x cosecha - estándar	Kg	16,80
Número de cosechas por año	und.	4
Densidad de la miel	Kg/L	1,4
<b>Total de miel por cosecha</b>	Kg	403
	L	288
<b>Tiempo de producción FM-400</b>	min	101
<b>Número de BATCH x cosecha</b>	unid.	4,8
<b>Total de miel al año</b>	Kg	1612,8
	L	1152

**Figura 3.2 Condiciones futuras de operación de la planta**

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.2 se estimó las condiciones futuras de operación en caso de que el número de colmenas o el total de cosechas al año aumente. En la presente se ingresó un número aleatorio del número de colmenas, donde se puede apreciar que a pesar de que la cantidad de miel a procesar aumente, el equipo HPM FM-400 puede seguir operando en

las mismas condiciones con la diferencia de que los días de procesado de todo el lote aumentarían.

### 3.2 Equipos y materiales necesarios

Se sabe que se tiene como restricción el uso del equipo HPM detallado en el capítulo 1, por lo tanto, en la figura 3.3 y 3.4 se describen los equipos y materiales subsecuentes con los cuales operará la planta piloto.

Equipo	Función	Fuente
 <p><b>Banco de desoperculado</b></p>	Permite la eliminación del opérculo manual para la posterior extracción de la miel, usado para marcos de las colmenas CT. De acero inoxidable, incluyen red de filtrado, tapa y soporte.	(La tienda del apicultor, s.f.)
 <p><b>Centrifugadora manual radial</b></p>	Centrifugadora manual para 9 marcos Langstroth. Permite la extracción de la miel en los cuadros de colmenas CT por acción de fuerza centrífuga, cuenta con manivela y está fabricada en acero inoxidable.	(Apicultura Apijuneda, s.f.)
 <p><b>Tanque de almacenamiento</b></p>	Con capacidad de 100 litros. Usado en el almacenamiento de la miel proveniente del equipo HPM para su posterior envasado. Tanto el envasado como el sellado de los frascos se los realiza de manera manual abriendo la llave de paso del tanque.	(Inoxi México, s.f.)
 <p><b>Etiquetadora</b></p>	Etiquetadora manual para el envasado de frascos de miel, fabricada en polietileno tipo PE 500 alimentario, para etiquetas y contraetiquetas.	(La tienda del apicultor, s.f.)
 <p><b>Codificadora</b></p>	Codificadora manual para colocación de fecha de elaboración, lote y fecha de vencimiento en las tapas twist-off de los frascos de miel.	(Alibaba, s.f.)

**Figura 3.3 Equipos seleccionados para la planta piloto**

Fuente: Varios

Materiales	Función	Fuente
 <p><b>Báscula</b></p>	<p>Para el área de recepción. Tiene como finalidad el pesaje de los baldes de la miel extraída de las colmenas CT provenientes del apiario.</p>	<p>(Balanzas Galicia, s.f.)</p>
 <p><b>Mesa de trabajo con entrepaño</b></p>	<p>Utilizada para colocación de materiales pequeños o implementos que se utilicen en el momento, fabricada en acero inoxidable.</p>	<p>(Cookinox, s.f.)</p>
 <p><b>Mesa de trabajo con repisa doble</b></p>	<p>Utilizada para las áreas de envasado, etiquetado y codificado donde estarán colocados los respectivos equipos y envases de miel listos para su colocación a la bodega de producto terminado. Fabricada en acero inoxidable.</p>	<p>(Reyes inoxidables, s.f.)</p>

**Figura 3.4 Materiales seleccionados para la planta piloto**

Fuente: Varios

### 3.3 Resultados del balance de materia y energía del equipo HPM

Los valores obtenidos para los calores específicos de la miel a 25°C, 70°C y 46°C fueron 2,27 KJ/(Kg°C), 2,31 KJ/(Kg°C) y 2,29 KJ/(Kg°C) respectivamente y sus cálculos se detallan en el apéndice I, y, en cada etapa del proceso, se obtuvieron los siguientes resultados:

#### **Pre calentamiento:**

Con el balance de masa se obtuvo una potencia requerida de 7,15Kw para procesar 84Kg de miel que ingresan al equipo HPM, pero considerando pérdidas, se obtuvo una masa final de 82,71Kg.

#### **Concentrado:**

En esta etapa se partió del flujo másico obtenido en el sistema de bombeo, es decir, el flujo de entrada a la manguera de admisión al sistema de bombeo y el cual a su vez representa el flujo másico de salida al evaporador (0,268Kg/s), considerando pérdidas,

se obtuvo un flujo másico de entrada al evaporador de 0,276Kg/s y mediante un balance de masa se obtuvo un flujo de vapor de 0,008Kg/s.

A la entrada del concentrador se obtuvo una masa inicial de 82,71Kg y de salida 80,64Kg con una masa de vapor de 2,06Kg.

Luego, mediante un balance de energía, se obtuvo la potencia requerida en el evaporador, el cual fue de 4,27Kw.

#### **Comparación con especificaciones técnicas:**

Sumando las potencias requeridas en las etapas de precalentamiento y concentrado se obtiene un valor total de 11,42Kw, el cual comparado con la potencia total del equipo HPM de las especificaciones técnicas (14Kw), se concluyó que el equipo se encuentra sobredimensionado.

Sumando el porcentaje de pérdidas en ambas etapas, se obtuvo un 4% para el equipo HPM.

#### **3.4 Equipos auxiliares utilizados**

Los cálculos del sistema de bombeo presentados en el apéndice J, determinaron que, para un flujo másico calculado de 0,268Kg/s, en un tiempo estimado de bombeo de 5 minutos y una longitud de manguera estimada de 4 metros, la potencia requerida en el sistema de bombeo fue de 26Watt. Se requirió una potencia baja, puesto que, la altura a cuál se va a bombear la miel es de 1 m con respecto al sistema de referencia de origen que es la salida de la miel del concentrado.

Con la potencia de bomba requerida hallada, en la figura 3.5 se describieron los equipos auxiliares utilizados para el sistema de bombeo y en el apéndice K se presentó un esquema de todo el sistema de bombeo incluyendo el HPM.

En el tanque de almacenamiento se consideró el 1% de pérdidas por mermas, pero en el sistema de bombeo las pérdidas fueron despreciables, ya que, no existieron pérdidas por calor.

Equipo	Función	Fuente
 <b>Bomba de trasiego</b>	Bomba de trasiego, utilizada para el bombeo de la miel desde el equipo HPM hasta su traslado a un tanque de almacenamiento para su posterior envasado.	(La tienda del apicultor, s.f.)
 <b>Manguera sanitaria de plástico PVC con interior liso</b>	Material por donde se trasladará la miel	(La tienda del apicultor, s.f.)
 <b>Acoples de manguera de entrada y salida de sistema de bombeo</b>	Acoplamiento del HPM y tanque de almacenamiento al sistema de bombeo	(Maquinsa, s.f.)

**Figura 3.5 Equipos auxiliares utilizados en el sistema de bombeo**

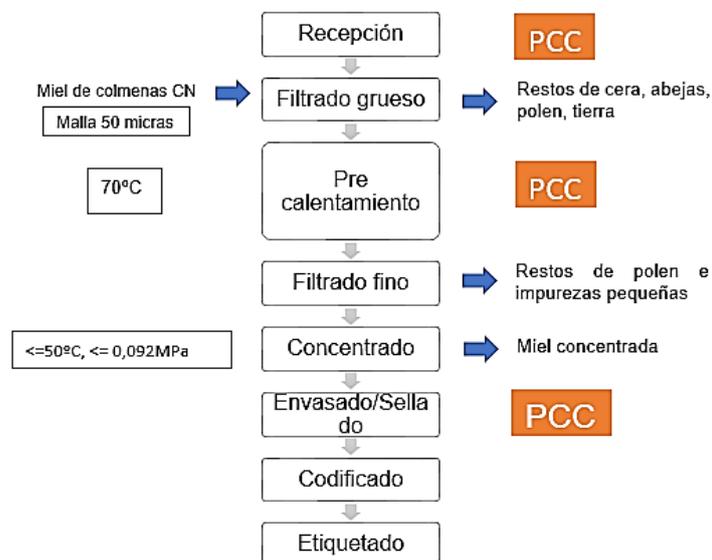
Fuente: Varios

### 3.5 Diagramas de proceso productivo

Se detallaron diagramas para los procesos A y B a fin de describir el proceso productivo implicado en la extracción y envasado de miel de abejas.

#### Diagrama de flujo de la tecnología del proceso

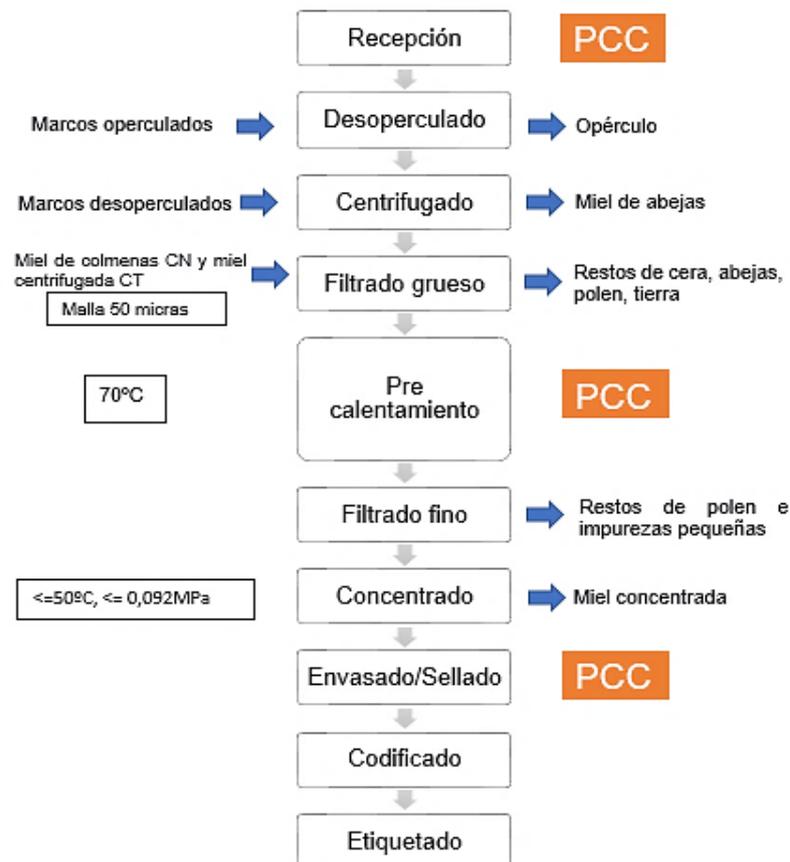
En la figura 3.6 se especificaron las etapas involucradas en el proceso A (colmenas CN):



**Figura 3.6 Diagrama de flujo de la tecnología del proceso (Proceso A)**

Fuente: Elaboración propia

Para el proceso B (colmenas CT) se adicionó etapas de centrifugado y desoperculado:



**Figura 3.7 Diagrama de flujo de la tecnología del proceso (Proceso B)**

Fuente: Elaboración propia

En ambos procesos se observa la presencia de tres puntos críticos de control:

- **Recepción:** Existen peligros biológicos debido a la posible presencia de microorganismos patógenos propios de la miel, así como también aquellos provenientes del apiario. Además, existen peligros químicos por la posible presencia de restos de pesticidas.
- **Pre calentamiento:** Existe peligro de tipo biológico debido a posible formación extra de hidroximetilfurfural (HMF) generada por las temperaturas de calentamiento en la miel, su límite crítico no debe sobrepasar los (40mg/Kg).
- **Envasado:** Existe peligro de tipo biológico cuyo límite crítico es el parámetro de humedad (<20%), si se pasa del límite en cuestión, la miel tiende a fermentarse ocasionando la disminución de su tiempo de vida útil.

**Diagrama de recorrido sencillo**

Se realizó un análisis previo a la obtención de los diagramas de recorrido sencillo que se encuentran en el apéndice L. En las figuras 3.8 y 3.9 se describen los diagramas de recorrido sencillo.



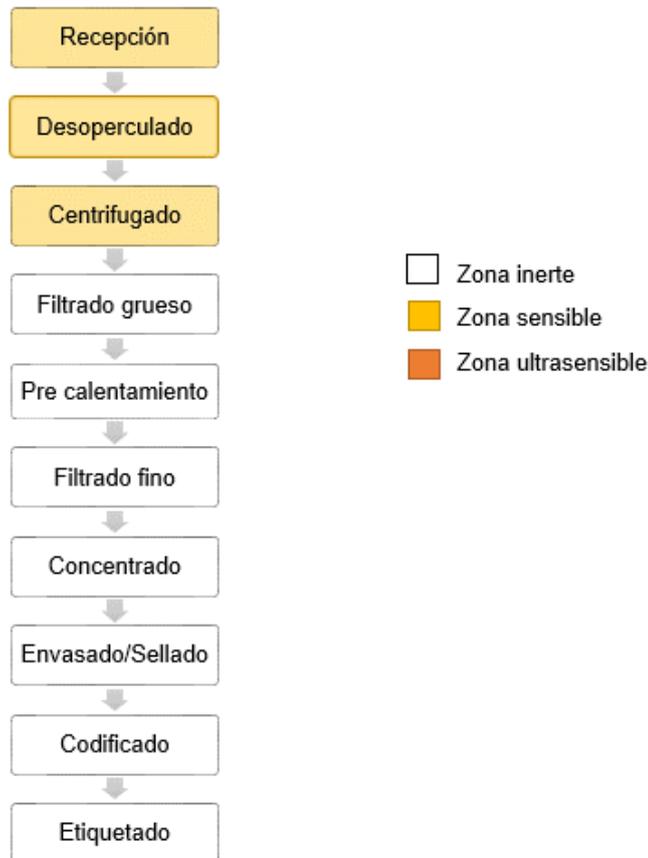
**Figura 3.8 Diagrama de recorrido sencillo (Proceso A)**  
 Fuente: Elaboración propia



**Figura 3.9 Diagrama de recorrido sencillo (Proceso B)**  
 Fuente: Elaboración propia

### 3.6 Zonas sensibles, ultrasensibles e inertes

En la figura 3.10, se determinó la existencia de zonas sensibles como recepción, desoperculado y centrifugado, ya que, son zonas donde el producto está expuesta al aire libre, por lo que hay que tener precaución en estas etapas. Las demás zonas son inertes, ya que, son zonas donde el producto no está en contacto directo con el aire.



**Figura 3.10 Determinación de zonas sensibles, ultrasensibles e inertes**

Fuente: Elaboración propia

### 3.7 Diagrama de Gantt

Su realización se la consideró tomando en cuenta aquel donde se procese miel de ambas colmenas, ya que, sería el escenario que tome más tiempo en realizarlo. Sin embargo, es necesario considerar también los tiempos de cada proceso A y B por separado en caso de que se presenten ocasiones donde solo se procesen miel de cada colmena.

En el apéndice M se detallan los tiempos requeridos para los procesos A, B y A/B con cuellos de botella de 100 minutos para cada proceso. Es importante mencionar que se consideró un proceso A/B, ya que, fue aquel que más tiempo toma en realizarse y es aquel donde se procesan miel de las dos distintas colmenas.

### 3.8 Layout de planta piloto

#### 3.8.1 Disponibilidad de espacios

En el apéndice N se detalló las áreas en metro cuadrados de los 14 departamentos establecidos calculados en base a su superficie estática, de gravitación y evolución.

Las áreas secundarias de bodegas MP, PT y de insumos, área de despacho, control de calidad, comedor, oficinas y baños, fueron estimadas. La planta piloto contó con un área total de 355,27m<sup>2</sup>. En el apéndice O se presenta la tabulación de todos los datos.

#### 3.8.2 Tabla relacional de actividades

La figura 3.11 detalló la proximidad de relación entre departamentos o áreas.

Áreas o departamentos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1 Recepción MP	E 1													
2 Bodega MP	E 1	E 1												
3 Área de desoperculado	A 1	I 1	U 1	X 1										
4 Área de centrifugado	A 1	I 1	U 5	X 5	X 6	X 1								
5 Área del HPM	A 1	I 1	X 3	X 3	X 3	X 2	X 2	X 2	U 3					
6 Área de envasado/sellado	A 1	I 1	U 3	X 3	X 2	X 2	X 3	X 3	X 3	U 1	X 3			
7 Área de etiquetado/codificado	A 1	U 1	X 6	X 6	X 2	X 6	X 3	X 3	X 3	X 3	X 3	X 3	X 3	E 3
8 Bodega PT	E 1	I 1	U 6	X 6	X 3	X 3	X 6	X 6	X 6	X 3	X 3	X 3	X 3	
9 Control de calidad	I 1	U 1	X 1	U 1	O 1	X 1	X 1	X 6	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	
10 Bodega de insumos	E 7	X 3	X 3	X 3	X 1	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	
11 Área de despacho	E 1	U 1	X 6	X 6	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	
12 Oficinas	E 1	X 6	X 3	X 3	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	
13 Comedor	X 8	X 8	X 8	X 8	X 8	X 8	X 8	X 8	X 8	X 8	X 8	X 8	X 8	
14 Baños	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	X 2	

Figura 3.11 Diagrama relacional de actividades de la planta piloto

Fuente: Elaboración propia

### 3.8.3 Layout adecuado

Con los datos de la tabla de relación de actividades, se procedió a analizarlos en el software CORELAP, como se muestra en las figuras 3.12, 3.13 y 3.14.

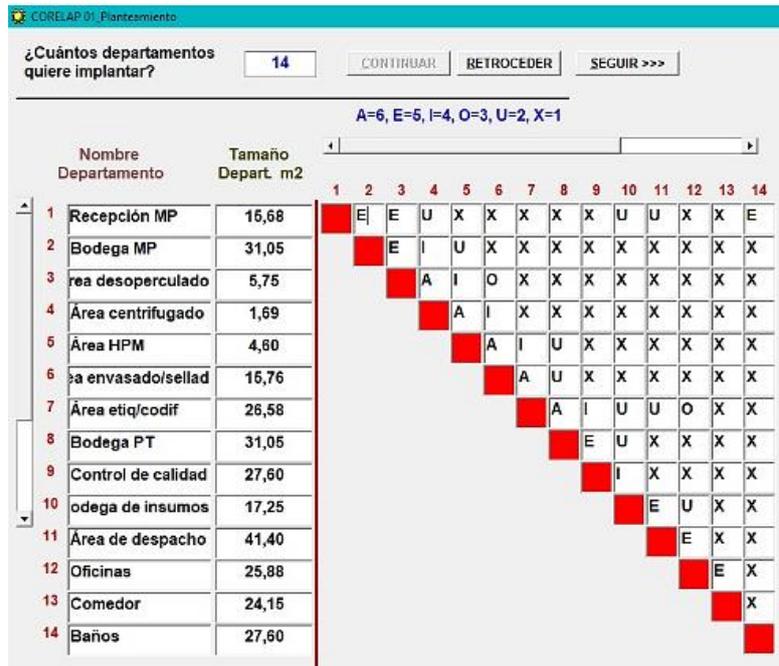


Figura 3.12 Planteamiento en CORELAP

Fuente: CORELAP

En la figura 3.13, se observó la reordenación de áreas o departamentos de mayor a menor que calculó el software en base al nivel de proximidad de relación.



Figura 3.13 Ordenación de los departamentos por importancia

Fuente: CORELAP

12	13
11	10
8	9
1	2
4	3
5	6
14	7

**Figura 3.14 Layout adecuado**  
Fuente: CORELAP

En la figura 3.15 se describe la interpretación del Layout de la figura 3.14, la cual sugirió una distribución en S para el departamento de producción comprendida por las áreas de desoperculado, centrifugado, HPM, envasado/sellado y etiquetado/codificado con numeraciones de 5, 4, 3, 2, 1 respectivamente. Las áreas que no siguen la distribución fueron situadas en zonas donde no comprometían las actividades productivas.

Oficinas (12)	Comedor (13)
Área de despacho (11)	Bodega de insumos (10)
Bodega de producto terminado (8)	Control de calidad (9)
Área de etiquetado/codificado (1)	Área de envasado/sellado (2)
Área de centrifugado (4)	Área de HPM (3)
Área de desoperculado (5)	Bodega de materia prima (6)
Baños (14)	Recepción de materia prima (7)

**Figura 3.15 Interpretación de los resultados arrojados por CORELAP**  
Fuente: Elaboración propia

Luego de obtener el Layout adecuado por CORELAP se realizó la siguiente modificación: para que exista mayor inocuidad en la planta, las áreas de baños, oficinas y comedor (12, 13 y 14 respectivamente) fueron reasignadas a un área separada de las demás, tal como se visualiza en el Layout gráfico del apéndice P.

### 3.9 Diseño de las instalaciones internas de la planta piloto

En las figuras 3.16 y 3.17 se detalló este diseño en base a normativas BPM y BPA.

Área o sección	Función
<p align="center"><b>Recepción de materia prima</b></p>	<p>Operará de manera segura y práctica, de tal manera que facilite el paso de los operarios, contará con un lavamanos, balanza y depósito de residuos.</p> <p>En este sector se reciben las alzas o baldes provenientes de las colmenas CT y CN, para posteriormente pesarlas o depositarlas, así como también para el depósito de las alzas vacías que serán trasladadas nuevamente al apiario.</p> <p>Es recomendable ingresar las alzas por aberturas pequeñas a fin de evitar el ingreso de abejas al área de producción.</p> <p>Las alzas y baldes no deben estar en contacto directo con el suelo, se las colocará en las carretillas para transportar alzas, pallets, bandejas de acero inoxidable, plásticos sanitarios o material revestido con pintura epoxi.</p> <p>Se deberán descartar aquellas alzas o marcos que estén deteriorados o atacados por polilla.</p> <p>Debe contar con un sistema de escape de insectos (escape Porter).</p>
<p align="center"><b>Bodega de materia prima</b></p>	<p>En este sector se colocarán los baldes de miel ya pesados y rotulados por lotes, en el caso de las alzas, la miel debe ser extraída y colocada en baldes para su posterior almacenamiento o procesamiento a fin de evitar la cristalización y que imposibilite el correcto desoperculado.</p> <p>La temperatura de la bodega no debe superar los 40°C.</p> <p>Debe contar con un sistema de escape de insectos (escape Porter).</p> <p>Su construcción debe ser aislada a fin de evitar el calor proveniente del exterior y se deberá llevar un control de registro de la temperatura.</p> <p>Pisos de material impermeable, paredes pueden ser de distintos materiales con la restricción de que eviten caídas de reboque y agujeros, iluminación con protección contra estallidos, ventanas o aberturas con mallas contra insectos y la puerta de ingreso debe estar cerrada.</p>
<p align="center"><b>Área de producción (desoperculado, centrifugado, y del equipo HPM)</b></p>	<p>Debe estar separado por paredes o estructuras fijas de las áreas de recepción y bodega de materia prima. Luego de extraerse la miel, no debe cruzarse con sectores contaminantes.</p> <p>Debe contener un lavamanos, no se debe usar baldes con agua a fin de evitar focos infecciosos.</p> <p>Las paredes, pisos y techos deben ser de material impermeable, lavable, no poroso, antideslizante, de colores claros, que eviten la acumulación de humedad, faciliten la limpieza y eviten lugares donde se acumulen tierra y objetos ajenos a la actividad.</p> <p>La iluminación debe tener la intensidad necesaria para iluminar toda el área y protección contra estallidos.</p> <p>Las uniones entre pisos y paredes deben ser cóncavas para facilitar la limpieza</p> <p>Ventilación adecuada a fin de evitar exceso de humedad y riesgos de contaminación.</p> <p>En cuanto a desagües, estos deben tener protectores y cierre sifónicos para evitar el ingreso de roedores y olores indeseables, además, los pisos deben tener la pendiente adecuada de al menos el 2% hacia el drenaje.</p> <p>Los equipos, materiales y útiles que tengan contacto directo con la miel, deberán de ser de acero inoxidable y fáciles de limpiar y/o desinfectar.</p> <p>En cuanto a la cañería, deben ser desmontables, con posiciones fijas, no poseer ángulos rectos, total o parcialmente transparentes.</p>

**Figura 3.16 Diseño de las instalaciones internas I**

Fuente: Elaboración propia

<b>Áreas de envasado/sellado y etiquetado/codificado</b>	<p>En el envasado de frascos se debe procurar que no ingrese aire a la miel y tapar inmediatamente después del llenado, su envasado debe seguir la norma ecuatoriana NTE INEN-OIML R 87.</p> <p>Los envases deben ser debidamente rotulados siguiendo la normativa ecuatoriana para rotulado de productos alimenticios INEN 1334-1 e INEN 1334-2.</p> <p>Las mesas de trabajo deben ser fabricadas en acero inoxidable y deben ser de fácil limpieza.</p>
<b>Bodega de producto terminado</b>	<p>Se deben controlar la temperatura y humedad relativa a fin de preservar la vida útil de la miel, los cuales son respectivamente 20°C y 60% HR, si superan ambos valores, la miel puede ganar humedad y podría fermentarse.</p>
<b>Área de despacho</b>	<p>Operará de manera segura y práctica, de tal manera que facilite el paso de los operarios.</p>
<b>Bodega de insumos</b>	<p>Área destinada al alojamiento de productos químicos, de limpieza, aceites, entre otros utilizadas en la producción. Deben estar debidamente rotulados y su almacenamiento debe estar alejado del área de producción.</p>
<b>Laboratorio de control de calidad</b>	<p>El mismo contará con equipos o implementos para controlar parámetros básicos durante todo el procesado de la miel, tales como el contenido de humedad, pH y grados brix.</p> <p>Puede contener equipos de laboratorio para determinación de otros parámetros importantes establecidos por la norma INEN 1572 como: hidroximetilfurfural, mohos y levaduras, conductividad eléctrica, entre otros.</p>
<b>Vestidores y baños</b>	<p>Estos lugares pueden actuar como un foco infeccioso, por lo que deben contar con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pisos, techos y paredes lavables.</li> <li>En buen estado e higienizados.</li> <li>No deberán estar comunicados directamente con el área de producción, debe existir una separación.</li> <li>Pueden contener casilleros o gancheras para colgar la ropa de calle y uniforme de trabajo.</li> <li>Pueden estar separados por sexo.</li> </ul>

**Figura 3.17 Diseño de las instalaciones internas II**

Fuente: Elaboración propia

### **3.10 Resultados de caracterización del producto**

Se presenta los resultados adquiridos en pruebas de laboratorio realizadas a dos muestras a fin de realizar una comparativa con la normativa INEN 1572: miel artesanal de ESPOL y miel artesanal externa.

#### **3.10.1 Pruebas fisicoquímicas**

En las figuras 3.18 y 3.19 se observa los resultados de los parámetros evaluados y los límites establecidos por la norma para miel artesanal de ESPOL y miel artesanal externa respectivamente.

Parámetro	Valor obtenido	Método de ensayo	Requisitos NTE INEN 1572	Observaciones
Contenido de humedad	14,34%	Termobalanza	20%	Cumple la norma
Contenido de sólidos insolubles en agua	0,02	NTE INEN 1635 con modificaciones	0,1 miel distinta a la prensada	Cumple la norma
Acidez libre	50,23 meq/Kg	NTE INEN 1634	50 meq/Kg	No cumple la norma
Contenido de hidroximetilfurfural	20,4 mg/Kg	Internal, T-AA04-WO2297, LC-VIS/DAD	40mg/Kg	Cumple la norma
Actividad de la diastasa	23,9	ICS SOP 510-04, Enzymatic-spectrophotometry	3 - 8	No cumple la norma
Contenido de cenizas	0,37%	AOAC 942.05 (Gravimetría)	0,5%	Cumple la norma
Contenido de azúcares reductores (suma de fructosa más glucosa)	62,61%	Somagy-Nelson 1952 (Espectrofotometría)	Mínimo 65%	No cumple la norma
Contenido de sacarosa aparente	4,87%	Somagy-Nelson 1952 (Espectrofotometría)	5%	Cumple la norma
Conductividad eléctrica	11,7	Conductimetría (Espectrofotometría)	0,8mS/cm	No cumple la norma

**Figura 3.18 Resultados de pruebas fisicoquímicas en miel artesanal de ESPOL**

Fuente: Elaboración propia

Parámetro	Valor obtenido	Método de ensayo	Requisitos NTE INEN 1572	Observaciones
Contenido de humedad	10.01%	Termobalanza	20%	Cumple la norma
Contenido de sólidos insolubles en agua	0,02	NTE INEN 1635 con modificaciones	0,1 miel distinta a la prensada	Cumple la norma
Acidez libre	47,91meq/Kg	NTE INEN 1634	50 meq/Kg	Cumple la norma
Contenido de hidroximetilfurfural	-	-	40mg/Kg	Cumple la norma
Actividad de la diastasa	-	-	3 - 8	-
Contenido de cenizas	0,03%	AOAC 942.05 (Gravimetría)	0,5%	Cumple la norma
Contenido de azúcares reductores (suma de fructosa más glucosa)	68,09%	Somagy-Nelson 1952 (Espectrofotometría)	Mínimo 65%	Cumple la norma
Contenido de sacarosa aparente	4,32%	Somagy-Nelson 1952 (Espectrofotometría)	5%	Cumple la norma
Conductividad eléctrica	0,8	Conductimetría (Espectrofotometría)	0,8mS/cm	Cumple la norma

**Figura 3.19 Resultados de pruebas fisicoquímicas en miel artesanal externa**

Fuente: Elaboración propia

El contenido de humedad de ambas mieles se situó dentro de los límites establecidos, presentando diferencias leves en sus valores, por lo tanto, no tenderán a fermentarse y sus valores aseguran su tiempo de vida útil.

El contenido de sólidos insolubles permite detectar impurezas en la miel y a su vez detecta si la miel se extrajo bajo condiciones higiénicas (FAO, 1999). Ambas mieles presentaron valores de 0,02, por lo que, la presencia de materias extrañas en las mieles fue mínima evidenciando control en cuanto a su cosecha.

La acidez representa la cantidad de ácidos orgánicos presentes en la miel, es un indicativo de su frescura, la protege de ciertos microorganismos, pero valores elevados afectan directamente a sus características organolépticas. El ácido de mayor proporción en la miel es el ácido glucónico el cual se lo obtiene por la acción de la enzima glucosa oxidasa sobre los azúcares en la miel (FAO, 1999). Miel de ESPOL no cumplió con la norma sobrepasando levemente el límite permitido mientras que la miel externa si cumplió con la norma, pero se acercó a los valores máximos, esto indicó que conforme avanzó el tiempo, hubo presencia mayoritaria de glucosa oxidasa, cuya acción aumentó la acidez en la miel.

El hidroximetilfurfural (HMF) es un aldehído formado por la descomposición térmica de los azúcares y su contenido es un indicador de frescura en la miel. Sus valores se verán afectados tanto por las condiciones de almacenamiento y calentamiento en la miel (FAO, 1999). Miel de ESPOL presentó valores levemente elevados pero que no sobrepasaron los límites, esto pudo deberse a la incidencia de las temperaturas de almacenamiento. En miel artesanal externa no se pudo realizar los análisis por motivos de recursos.

La enzima diastasa está encargada de la hidrólisis de las dextrinas en glucosa. Valores elevados de su actividad reflejan frescura en la miel y valores menores indican que hubo calentamiento de la miel (FAO, 1999). Miel de ESPOL no cumplió con la norma INEN presentando altos valores, sin embargo, al comparar estos resultados con la norma del Codex Alimentarius, menciona que la miel no será inferior a 8 unidades Schade y en el caso de las mieles con un bajo contenido de enzima natural no inferior a 3 unidades Schade (Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura , s.f.), se determinó que miel de ESPOL cumple con la normativa del Codex Alimentarius. Se

concluye que pudo existir error de interpretación de la normativa INEN. Por otro lado, en miel artesanal externa no se pudo realizar los análisis por motivos de recursos.

El contenido de cenizas indica el contenido de minerales en la miel y dependerá de la fuente del néctar (FAO, 1999), por lo que, ambas mieles cumplieron con la normativa con la diferencia que miel de ESPOL presentó valores cercanos a los límites permitidos.

El contenido de azúcares reductores reflejó que miel de ESPOL no cumplió con el valor mínimo de la normativa, mientras que la miel externa sí. Esto pudo darse por las malas condiciones de almacenamiento de la miel, esto sumado a la acción enzimática la cual redujo el contenido de azúcares, que a su vez coincide con los altos valores de acidez y actividad de diastasa obtenidos.

El contenido de sacarosa aparente en la miel señaló que ambas mieles cumplen con la normativa. La sacarosa es un disacárido cuya presencia es aceptable siempre que no sobrepasen los límites permitidos, en caso de no ser así, es un indicativo de adulteración en la miel con otros componentes como jarabes, agua, entre otros.

La conductividad eléctrica indica la capacidad de la miel de ser conductora de electricidad en proporción con su contenido de iones inorgánicos, aminoácidos y ácidos orgánicos. Se observó que miel de ESPOL no cumplió la normativa presentando valores elevados, esto coincide con el parámetro del contenido de cenizas el cual presentó valores cercanos a los límites permitidos y con el parámetro de acidez el cual no cumplió con la norma. Por otro lado, la miel externa si cumplió con la normativa.

En las figuras 3.20 y 3.21 se realizó pruebas de pH y grados brix a ambas mieles.

Parámetro	Valor obtenido	Método de ensayo	Valores referenciales para miel <i>Apis Mellifera</i>	Fuente
Grados Brix	77,3%	Refractómetro digital	71-80	(Machado, De Almeida, Sancho, & Pascual, 2017)
pH	3,778	Potenciómetro	3.4 – 6.4	(Cavia M. , 2002)

**Figura 3.20 Pruebas físicas en miel artesanal de ESPOL**

Fuente: Elaboración propia

Parámetro	Valor obtenido	Método de ensayo	Valores referenciales para miel <i>Apis Mellifera</i>	Fuente
Grados Brix	77,9%	Refractómetro digital	71-80	(Machado, De Almeida, Sancho, & Pascual, 2017)
pH	2,970	Potenciómetro	3.4 – 6.4	(Cavia M. , 2002)

**Figura 3.21 Pruebas físicas en miel artesanal externa**

Fuente: Elaboración propia

Los grados brix indican la cantidad de materia seca (azúcares) disueltas en agua, ambas mieles presentaron valores similares, este valor es inversamente proporcional al contenido de humedad y además su cantidad elevada se debe a la influencia de la enzima invertasa encargada de la inversión de azúcares en la miel. Por lo tanto, ambas mieles, presentaron valores óptimos en donde no van a comprometer su tiempo de vida útil.

El pH indica el grado de acidez en una solución o es una medida de los protones libres, se diferencia del parámetro de acidez libre porque éste último indica la capacidad de una sustancia de liberar protones en una solución, es decir, mide los protones libres como aquellos que se encuentran unidos (Romero, Navarro, & Noguera, 2005). Por lo tanto, ambas mieles se encuentran bajo los rangos referenciales de pH.

### 3.10.2 Pruebas microbiológicas

En las figuras 3.22 y 3.23, se observa los resultados microbiológicos y los límites establecidos por la norma para miel artesanal de ESPOL y miel artesanal externa respectivamente.

Parámetros	Valor obtenido	Método de ensayo	Requisitos NTE INEN 1572	Observaciones
Recuento total de hongos y levaduras	<10	INEN 1529-10 1998 (Recuento en placas)	$1 \times 10^2$ UPC/g <sup>a</sup>	Cumple la norma

**Figura 3.22 Pruebas microbiológicas en miel artesanal de ESPOL**

Fuente: Elaboración propia

Parámetros	Valor obtenido	Método de ensayo	Requisitos NTE INEN 1572	Observaciones
Recuento total de hongos y levaduras	<10	INEN 1529-10 1998 (Recuento en placas)	1x10 <sup>2</sup> UPC/g <sup>a</sup>	Cumple la norma

**Figura 3.23 Pruebas microbiológicas en miel artesanal externa**

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, ambas mieles son inocuas y aptas para el consumo humano con carga microbiana por debajo de los límites establecidos.

### 3.10.3 Evaluación sensorial

Para ello se definió en la tabla 3.1 las codificaciones correspondientes a cada muestra de miel presentadas a los panelistas, la tabulación de las calificaciones se presenta en el apéndice Q:

**Tabla 3.1 Codificación de muestras para panel sensorial**

Código	Tipo de muestra
541	Miel artesanal de ESPOL
287	Miel artesanal de ESPOL calentada a 70°C
076	Miel comercial
934	Miel artesanal externa

Fuente: Elaboración propia

#### 3.10.3.1 Análisis estadístico

Partiendo del teorema del límite central, que indica que para una muestra  $n \geq 30$ , ésta seguirá aproximadamente una distribución normal (Canal, 2006). Entonces, se asumió normalidad en los datos y se aplicó prueba de análisis de varianza ANOVA en los resultados del panel sensorial para determinar si las medias de dos o más grupos difieren.

#### Prueba de análisis de varianza ANOVA

Se aplicó ANOVA a un nivel de confianza del 95% para cada atributo de color, olor y sabor. En cada prueba se establecieron las siguientes hipótesis y en la tabla 3.2 se mostraron los resultados obtenidos:

H<sub>0</sub>: Las medias de las muestras para el atributo color son iguales

H<sub>1</sub>: No todas las medias de las muestras para el atributo color son iguales

H<sub>0</sub>: Las medias de las muestras para el atributo olor son iguales

H<sub>1</sub>: No todas las medias de las muestras para el atributo olor son iguales

H<sub>0</sub>: Las medias de las muestras para el atributo sabor son iguales

H<sub>1</sub>: No todas las medias de las muestras para el atributo sabor son iguales

**Tabla 3.2 Valores p obtenidos en ANOVA**

Atributo	Valor p
Color	0,001
Olor	0,091
Sabor	0,000

Fuente: Elaboración propia

Los valores p de los atributos color y sabor son  $<0,05$ , por lo tanto, se rechazan las hipótesis nulas y se puede afirmar que no todas las medias de las muestras para los atributos color y sabor son iguales, por lo tanto, existen diferencias significativas entre las muestras para estos atributos. Para el atributo olor, con el valor  $p>0,05$ , se aceptó la hipótesis nula y se puede afirmar que las medias de las muestras para el atributo olor son iguales, por lo tanto, no existe diferencias significativas para este atributo.

### Pruebas post hoc

Se aplicó la prueba de comparaciones múltiples Honestly significant difference (HSD) de Tukey en los atributos que presentaron diferencias significativas, es decir, color y sabor. En las figuras 3.24 y 3.25, se presentan los resultados para color y sabor respectivamente.

#### Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Muestra	N	Media	Agrupación
541	50	5,300	A
287	50	5,140	A
76	50	5,060	A
934	50	4,100	B

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

**Figura 3.24 Resultados prueba de Tukey para atributo color**

Fuente: Minitab 18

### Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Muestra	N	Media	Agrupación
541	50	5,360	A
287	50	5,060	A
934	50	3,820	B
76	50	3,540	B

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

**Figura 3.25 Resultados prueba de Tukey para atributo sabor**

Fuente: Minitab 18

Para la figura 3.26 del atributo color, indicó que la muestra 934 presenta diferencias significativas con respecto a las demás muestras, además su media obtuvo un valor de 4 correspondiente a una puntuación en la escala hedónica de 'Ni me gusta ni me disgusta'. Por otro lado, las muestras 541, 287 y 076, presentaron que, sus diferencias no son estadísticamente significativas obteniendo cada muestra una media de 5 correspondiente a la puntuación 'Me gusta ligeramente'.

Para la figura 3.27 del atributo sabor, indicó que los pares de muestras 541-827 y 934-076 comparten las letras A y B respectivamente, por ende, los pares no presentan diferencias significativas. Sin embargo, entre los pares si existen diferencias significativas, siendo el par 541-287 de mayor media=5 correspondiente a 'Me gusta ligeramente' en comparación al par 934-076 con media=3 correspondiente a 'Me disgusta ligeramente'.

Por lo tanto, el sabor y color de la miel de ESPOL, obtuvo mayor nivel de agrado o aceptación por parte de los panelistas.

## 3.11 Resultados de costos

### 3.11.1 Costos directos

#### Costos de material de empaque por cosecha

En primer lugar, se parte de que se cuenta con un apiario propio y se tiene como restricción la utilización de frascos de vidrio de 212ml para la presentación del producto en mención. La producción final de frascos cambió de 1020 unidades a 976 unidades (frascos) debido a las pérdidas que se consideraron en el balance de materia y energía. A partir de estas consideraciones, se presentan los materiales detallados en la figura 3.26 en donde se aprecia el costo unitario, la cantidad y el valor total en dólares de los

frascos de vidrio y de las etiquetas que se utilizarán para el producto, esto considerado como el material de empaque que se utilizará por cosecha.

Material de empaque por cosecha			
Insumo	Costo unitario \$	Cantidad (Unidades)	Total \$
Frascos de vidrio de 212ml	\$ 0,06	976	\$ 58,56
Etiquetas	\$ 0,02	976	\$ 23,35
<b>TOTAL</b>	\$ 0,08	976	\$ 81,91

**Figura 3.26 Costo de material de empaque por cosecha**

Fuente: Elaboración propia

### Costos de mano de obra directa

En la figura 3.27, se establecieron los costos de mano de obra directa por cosecha, en donde a cada trabajador se le pagará un proporcional a sus horas de trabajo considerando beneficios. Cabe mencionar, que, para evitar los gastos producidos en capacitación de nuevo personal, se contratará a personal de ESPOL para que laboren en la planta durante la época de cosecha.

Mano de Obra Directa								
Cargo	Cantidad	Salario mensual \$	Beneficios sociales				Total mensual \$	Pago por cosecha \$
			Fondo de reserva \$	Decimotercero \$	Decimocuarto \$	Aporte patronal \$		
Encargado de producción	1	500	\$ 41,65	\$ 32,83	\$ 41,67	\$ 55,75	\$ 560,40	\$ 37,36
Apicultor	1	394	\$ 32,82	\$ 32,83	\$ 32,83	\$ 43,93	\$ 448,56	\$ 29,90
Operarios de línea	2	394	\$ 32,82	\$ 32,83	\$ 32,83	\$ 43,93	\$ 897,11	\$ 59,81
<b>TOTAL</b>							\$ 1.906,07	\$ 127,07

**Figura 3.27 Costo de mano de obra directa**

Fuente: Elaboración propia

### 3.11.2 Costos indirectos

#### Mano de obra indirecta

En la figura 3.28 se detalló los costos de mano de obra indirecta por cosecha. Debido a que el volumen de producción es bajo, es decir, 4 cosechas al año, se tiene que, dos batch se procesan diariamente en una jornada de 8 horas y al mes solo se trabajará 2 días para procesar toda la miel proveniente de la cosecha. El personal encargado de mantenimiento realiza a su vez las labores de control de calidad.

Mano de Obra Indirecta								
Cargo	Cantidad	Salario mensual \$	Beneficios sociales				Total mensual \$	Pago por cosecha \$
			Fondo de reserva \$	Decimotercero \$	Decimocuarto \$	Aporte patronal		
Encargado de Mantenimiento	1	500	\$ 41,65	\$ 32,83	\$ 41,67	\$ 55,75	\$ 560,40	\$ 37,36
<b>TOTAL</b>							\$ 560,40	\$ 37,36

**Figura 3.28 Costo de mano de obra indirecta**

Fuente: Elaboración propia

## Materiales indirectos

En la figura 3.29 se detallan aquellos materiales indirectos que se deben considerar durante el proceso productivo, en donde además se detalla la cantidad de dichos materiales, su valor unitario en dólares y su valor total también en dólares.

Materiales	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Mesa de trabajo a pared con entrepaño de ac. inox.	8	\$331,19	\$2.649,52
Carretilla para transportar alzas Lansgtroth	1	\$422,70	\$422,70
Metro de manguera con alma de acero	4	\$10,00	\$40,00
Mesa de trabajo con entrepaño y sobremesa de acero inoxidable	1	\$205,43	\$205,43
Cuchillo desoperculador	3	\$11,35	\$34,05
Cubo de plástico blanco (18L)	7	\$6,70	\$46,90
Medidor de bolsillo de humedad y grados brix	2	\$247,21	\$494,42
Medidor de bolsillo de pH	2	\$68,67	\$137,34
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>\$ 4.030,36</b>

**Figura 3.29 Costo de mano de obra indirecta**

Fuente: Elaboración propia

## Costo de equipos y maquinarias

En la figura 3.30 se detalla el valor correspondiente a la inversión en dólares que se debe realizar para la adquisición de los equipos que se utilizarán para el proceso productivo, en esta lista también se detalla el costo de las colmenas, tanto de las colmenas tradicionales (CN) y de las colmenas nuevas (CN), debido a la inversión e importancia que representan para el proyecto, así como su vida útil comparable con los demás equipos.

Equipos y maquinarias	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Báscula Pesa Paquetes - Serie BG-COURIER	1	181,32	181,32
Banco desoperculador (1m)	1	407,55	407,55
Extractor/centrifugador radial manual 9c langstroth	1	469,15	469,15
Honey Processing Machine FM-400	1	1500,00	1500,00
Tanque de almacenamiento fondo plano de 100L	1	499,22	499,22
Bomba	1	207,25	207,25
Codificadora manual	1	265,00	265,00
Etiquetadora manual	1	679,95	679,95
Colmenas CN	8	434,00	3472,00
Colmena CT	7	67,00	469,00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>8150,44</b>

**Figura 3.30 Costo de equipos y maquinarias**

Fuente: Elaboración propia

### Depreciación de equipos y maquinarias

Se parte del índice de depreciación establecido por el SRI, que indica, que, para equipos y maquinarias, su porcentaje de depreciación anual es del 10% (Derecho Ecuador, s.f.). Entonces, en la figura 3.31, se detalló las depreciaciones de equipos y materiales utilizados en la producción de la miel incluyendo el tiempo de vida útil de las colmenas.

Equipos y maquinarias	Vida útil (años)	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Báscula Pesa Paquetes - Serie BG-COURIER	10	1	\$ 181,32	\$ 181,32
Banco desoperculador (1m)	10	1	\$ 407,55	\$ 407,55
Extractor/centrifugador radial manual 9c langstroth	10	1	\$ 469,15	\$ 469,15
Honey Processing Machine FM-400	10	1	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
Tanque de almacenamiento fondo plano de 100L	10	1	\$ 499,22	\$ 499,22
Bomba	10	1	\$ 207,25	\$ 207,25
Codificadora manual	10	1	\$ 265,00	\$ 265,00
Etiquetadora manual	10	1	\$ 679,95	\$ 679,95
Colmenas CN	10	8	\$ 434,00	\$ 3.472,00
Colmena CT	10	7	\$ 67,00	\$ 469,00
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>\$ 8.150,44</b>
Depreciación				\$ 815,04

**Figura 3.31 Depreciación de equipos y maquinarias**

Fuente: Elaboración propia

### Costos de insumos

En cuanto al consumo de servicios básicos mensual y anual, se estableció en la figura 3.32 aquellos ocupados por las maquinarias obtenidos de los cálculos del balance y del sistema del bombeo, en esta tabla también se detalla los costos de los insumos de limpieza en la planta.

Insumos	Volumen de producción: 816 litros de miel/año			
	Unidad	Cantidad	Costo	
			Unitario \$	Costo total
Agua potable	m <sup>3</sup>	0,80	\$ 0,55	\$ 1,76
Energía eléctrica	Kw/h	6,63	\$ 0,09	\$ 19,03
Insumos de limpieza				\$ 20,00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 40,79</b>

**Figura 3.32 Consumo de servicios básicos**

Fuente: Elaboración propia

### Costos de mantenimiento

En la figura 3.33 se detallan los costos por mantenimiento en general, este valor engloba el mantenimiento de los equipos que incluye maquinarias y colmenas.

<b>Costo y mantenimiento de colmenas</b>	
Mantenimiento general	427,16
<b>Total</b>	<b>\$ 427,16</b>

**Figura 3.33 Costos de mantenimiento**

Fuente: Elaboración propia

### 3.11.3 Costos de producción por cosecha

Finalmente, en la figura 3.34, se obtienen el total de costos estimados para la producción final por cosecha, así como el costo unitario y precio de venta. El costo de producir un frasco de miel de 212 ml fue de \$1,53 y el precio de venta al público de \$2,30 considerando un margen de ganancia del 50% sobre el costo de producción.

<b>Costos de producción final por cosecha</b>	
<b>Costo Directo</b>	<b>\$ 208,98</b>
Material de empaque	\$ 81,91
Mano de Obra directa	\$ 127,07
<b>Costo Indirecto</b>	<b>\$ 1.286,93</b>
Materiales indirectos	\$ 7,36
Mano de obra indirecta	\$ 37,36
Depreciación de equipos y maquinarias	\$ 815,04
Costo y mantenimiento de colmenas	\$ 427,16
<b>Costo total</b>	<b>\$ 1.495,90</b>
Costo unitario	\$ 1,53
Margen de ganancia	50%
PVP	\$ 2,30

**Figura 3.34 Costos de producción final por cosecha**

Fuente: Elaboración propia

### 3.11.4 Punto de equilibrio

En la figura 3.36 se detalla el análisis del punto de equilibrio el cual indicó que, para compensar los costos fijos y variables de producción por cosecha, se deben vender un total de 236 unidades de frascos de miel de 212ml.

En la figura 3.35 también se detalla los costos fijos de producción, y los costos variables, teniendo para este último un costo variable de \$0,22 debido a que para este rubro se consideran únicamente los costos que dependen del nivel de producción, siendo estos los valores de frascos, etiquetas, y el costo de mano de obra que se incurre para producir

un frasco de miel; de igual manera se muestra el ingreso de equilibrio que se obtendrá al vender las 236 unidades.

Costos Fijos	\$ 489,35
Costos Variables	\$ 0,22
Punto de Equilibrio	236
Ingreso de Equilibrio	\$ 542,57

**Figura 3.35 Punto de equilibrio**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 3.36 Gráfica del punto de equilibrio**

Fuente: Elaboración propia

**3.11.5 Flujo de caja**

En el apéndice R, se detalla el flujo de caja considerando el número de cosechas al año con proyección a 5 años. Los resultados obtenidos por el TIR y VAN, los cuales fueron -2% y \$-17.628,44 respectivamente considerando una tasa de descuento del 15%, indicaron que el proyecto no es rentable debido a la baja productividad que se tiene para las condiciones actuales. Sus resultados se detallan en el apéndice R.

Bajo este análisis y con el fin de poder hallar el escenario en el que el proyecto empieza a ser rentable, se considera el supuesto de aumentar el número de días de producción por cosecha de dos días a 15 días, punto en el cual se puede observar que la TIR que se muestra en la figura 3.37, del proyecto empieza a ser igual a la tasa de descuento, por lo que en este punto el proyecto empieza a ser rentable. Cabe recalcar que para este supuesto ya están considerados los gastos extras que se generan al aumentar la producción, los cuales serían los costos de materiales, mano de obra, y, sobre todo, el

de la cantidad de miel a procesar, que aumentaría de 286Kg/204l de la situación actual a 1776Kg/1269l, esto traducido en número de colmenas representó un aumento de 8 colmenas CN a 85 o de 7 colmenas CT a 106, valores reflejados en la figura 3.38. El flujo de caja con las condiciones propuestas se muestra en el apéndice S.

	<b>Condiciones Actuales</b>	<b>Condiciones Propuesta</b>
<b>VAN</b>	\$ -17.628,44	\$ 129,85
<b>TIR</b>	-2%	15%

**Figura 3.37 TIR y VAN condiciones actuales vs. condiciones propuestas**

Fuente: Elaboración propia

<b>Cantidad de miel a aumentar por cosecha</b>	
6344	frascos de 212ml
1269	cantidad de miel en litros
1777	cantidad de miel en Kilogramos

**Figura 3.38 Cantidad de miel a aumentar por cosecha**

Fuente: Elaboración propia

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Se diseñó una planta piloto, la cual cumplió con las especificaciones tecnológicas establecidas evidenciándose en una mejora tecnológica, económica y ambiental del proceso.
- El diagrama de flujo permitió definir ocho etapas para el proceso A y diez etapas para el proceso B y los equipos fueron determinados en base a los datos de producción el cual permitió elaborar los diagramas de Gantt para establecer tiempos de proceso en paralelo originando optimización en el tiempo de procesado de la miel y, por consiguiente, procesar más miel en poco tiempo. Por otro lado, la planta piloto contó con un área total de 355,27m<sup>2</sup> y sus instalaciones fueron definidas en base a normativas BPM y BPA.
- La evaluación sensorial realizada a muestras de distintas mieles como miel de ESPOL, miel de ESPOL calentada, miel artesanal externa y miel comercial, indicaron que, los atributos de color y sabor otorgaron resultados favorables para la miel de ESPOL y miel de ESPOL calentada, las cuales obtuvieron mayor aceptación por parte de los panelistas con medias de puntuación de 5 correspondiente a 'me gusta ligeramente' en contraste a las demás muestras que obtuvieron medias de puntuaciones de 3 correspondientes a 'me disgusta ligeramente'. Sin embargo, para el atributo olor, no existieron diferencias significativas entre las muestras.
- En la caracterización de la miel realizada a ESPOL vs. otra miel artesanal externa, reflejó que miel de ESPOL no cumplió con los parámetros de acidez, azúcares reductores y conductividad eléctrica, esto posiblemente por la acción de las enzimas presentes en la miel y malas condiciones de almacenamiento. Por lo tanto, se observa la necesidad de la aplicación de un tratamiento térmico en la miel para mejorar parámetros de calidad.
- Las condiciones actuales del proyecto reflejaron un TIR y VAN de -2% y \$-17.628,44 respectivamente para 286Kg de miel en dos días de proceso por cosecha, lo cual indicó que el proyecto no es rentable debido a la baja productividad, por lo que, se planteó un mejor escenario donde el proyecto empiece a ser rentable obteniendo

resultados para TIR y VAN de 15% y \$129,85 con un aumento de 15 días para procesar un total de 1777Kg de miel.

#### **4.2 Recomendaciones**

- Realizar pruebas a miel de ESPOL con el equipo HPM en físico evaluando posteriormente parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, a fin de obtener resultados que permitan optimizar parámetros de proceso.
- Aumentar el nivel de producción de miel adquiriendo más colmenas, lo cual contribuirá a recuperar la inversión en poco tiempo y a generar ganancias para el proyecto.
- Desarrollar un estudio de análisis evaluando el efecto del tratamiento térmico en parámetros como cristalización, actividad de la diastasa, HMF, humedad, grados brix, pH, color, compuestos fenólicos y actividad microbiológica de la miel a diferentes tiempos y temperaturas de calentamiento.
- Estudiar el efecto a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento sobre los parámetros de calidad en la miel.
- Desarrollar un estudio de predicción de tiempo de vida útil en la miel.
- Desarrollar un estudio de tiempos muertos para la línea de producción con la finalidad de optimizar tiempos y parámetros de proceso, y consecuentemente, aumentar el nivel de producción en la planta piloto.

# BIBLIOGRAFÍA

- Agrocalidad. (2015). *Buenas prácticas apícolas*.
- Alimentos, S. d. (2003). *Buenas Prácticas Apícolas y de Manufactura*.
- Arriola, J. (s.f.). *Capacidad instalada y producción potencial en la industria vasca*. (2015). *Buenas Prácticas de Manufactura*. Quito.
- Canal, N. (2006). *Distribuciones de probabilidad. El teorema central del límite*.
- Casp, A. (2005). *Diseño de industrias agroalimentarias*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Castro, L. (2018). *Evaluación de la composición, calidad y generación de valor de miel de abejas originaria de zonas forestales en la atillanura del departamento de Vichada*. Bogotá.
- Cavia, M. (2002). *Estudio del envejecimiento de mieles de burgos y Galicia, influencia de la granulación inducida*.
- Cavia, M., Fernáez, M., Huidobro, J., & Sancho, M. (2004). Correlation between Moisture and Water Activity of Honeys Harvested in Different Years. *Food Science*.
- Da Silva, P., Gauche, C., & Luciano, V. (2015). *Honey: Chemical composition, stability and authenticity*.
- Derecho Ecuador*. (s.f.). Obtenido de <https://www.derechoecuador.com/depreciaciones-de-activos-fijos>
- Espinosa, Y. (2017). *Determinación de residuos de plaguicidas organofosforados y piretroides presentes en muestras de miel provenientes de apiarios distribuidos en catorce veredas de Cundinamarca*. Bogotá.
- EU Pesticides Database*. (s.f.). Obtenido de <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=pesticide.residue.CurrentMRL&language=ES>
- Fallas, J. (2012). *Análisis de varianza. Comparando tres o más medias*.
- FAO. (Noviembre de 1999). *Proyecto de norma revisado del Codex para la miel*. Obtenido de [http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCS/ccs7/S00\\_03s.pdf](http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCS/ccs7/S00_03s.pdf)
- Fattori, S. (2004). *"La miel" Propiedades, composición y análisis físico químico*. Buenos Aires.
- Fierro, W., Ferenczi, R., & Mastandrea, R. (2003). *Guía de Buenas Prácticas del manejo de miel*. Montevideo.

- Freire, M., & Manuel, R. (11 de Septiembre de 2018). *Repositorio UCSG*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/11498/1/T-UCSG-PRE-ESP-CICE-24.pdf>
- Ganadería, M. d. (6 de Julio de 2018). *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-tiene-1760-apicultores-registrados/>
- Grijalva, L. (s.f.). *Apícola Grijalva*. Obtenido de <http://apicolagrijalva.com/noticias/4-la-apicultura-en-el-ecuador>
- Honey Flow*. (s.f.). Obtenido de <https://www.honeyflow.com/shop/flow-hive/classic-araucaria-7/p/274>
- Honey Processing Machine instruction. (s.f.).
- INEN, N. (2016). Miel de abejas. Requisitos. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Líderes, R. (26 de Junio de 2018). La apicultura se mueve con tres ejes estratégicos en Ecuador. *Revista Líderes*.
- Machado, A., De Almeida, L., Sancho, M., & Pascual, A. (2017). Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. *Journal of Apicultural Research*.
- Martínez, E. (2018). *EStudio de competitividad de la industria de la miel en el Salvador*. San Salvador.
- Mouteria, & Cecilia, M. (2014). *Principios básicos para la elaboración de un manual de calidad en la sala de extracción de miel*. Buenos Aires.
- Naranjo, W. (2008). Caracterización reológica y térmica de la miel .
- OBS Business School*. (s.f.). Obtenido de <https://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/diagramas-de-gantt/que-es-un-diagrama-de-gantt-y-para-que-sirve>
- Organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura* . (s.f.). Obtenido de [http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCS/ccs7/S00\\_03s.pdf](http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCS/ccs7/S00_03s.pdf)
- Quero, A. (2004). *Las abejas y la apicultura*.
- Reology of fluid, semisolid, and solid food*. (2013). Geneva: Springer.
- Romero, X., Navarro, P., & Noguera, J. (Diciembre de 2005). Obtenido de [http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/16739/acidez\\_ph.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/16739/acidez_ph.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ruiz, L. (Junio de 2014). Proyecto de planta de extracción y envasado de miel D.O. Miel de la Alcarria en Brihuega (Guadalajara). México.
- Singh, P., & Heldman, D. (2001). *Introduction to Food Engineering*. Orlando, Florida: Academic Press.

- Solis, R., Hernández, A., Jiménez, R., Aguirre, G., Barrera, J., & Campos, R. (2001). Efecto del tratamiento térmico en la cristalización, actividad antioxidante e hidroximetilfurfural de una miel multifloral recién colectada. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*.
- Ulloa, J., Mondragon, P., Rodríguez, R., Reséndiz, J., & Ulloa, P. (2010). La miel de abeja y su importancia. *Revista Fuente*, 11-17.
- Universo, E. (23 de Agosto de 2018). Emprendedores ofrecen lo saludable en feria de Bonaterra. *El Universo*.
- Vásconez, J. (2017). *Análisis de los Costos de Producción de la Miel de Abeja en Ecuador*. Quito.

# APÉNDICES

## APÉNDICE A

Technical parameters:

Model	FM-600	FM-400
Production capacity	1.2-1.5t/8h	0.4-0.5t/8h
Machine dimension	1750*600*1660	1600*500*1555
Tank diameter	600mm	400mm
Tank height	600mm	600mm
The overall volume	140L	70L
Effective volume	120L	60L
Power	16KW	14KW
Voltage	220V/380V/410V(Can be customized)	
Concentration temperature	$\leq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$	
Vacuum degree	$\leq -0.092\text{Mpa}$	

## APÉNDICE B



**Frasco de Vidrio para Conservas de 212 ml**

**Capacidad:** 212 ml

**Color:** Transparente

**Peso:** 124 gr

**Altura:** 8,1 cm (80,8 mm)

**Diámetro / Ancho:** 6,8 cm (67,9 mm)

**Presentación:** Caja x24 und

**Tapa:** Twist-Off 63 mm Con Boton

**Color de Tapa Disponible:** Dorado,  
Blanco y Negro

# APÉNDICE C

**TABLA A-6**

Vapor de agua sobrecalentado

$T$ °C	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/kg · K	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/kg · K	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/kg · K
$P = 0.01 \text{ MPa (45.81}^\circ\text{C)}^*$				$P = 0.05 \text{ MPa (81.32}^\circ\text{C)}^*$				$P = 0.10 \text{ MPa (99.61}^\circ\text{C)}^*$				
Sat. <sup>†</sup>	14.670	2437.2	2583.9	8.1488	3.2403	2483.2	2645.2	7.5931	1.6941	2505.6	2675.0	7.3589
50	14.867	2443.3	2592.0	8.1741								
100	17.196	2515.5	2687.5	8.4489	3.4187	2511.5	2682.4	7.6953	1.6959	2506.2	2675.8	7.3611
150	19.513	2587.9	2783.0	8.6893	3.8897	2585.7	2780.2	7.9413	1.9367	2582.9	2776.6	7.6148
200	21.826	2661.4	2879.6	8.9049	4.3562	2660.0	2877.8	8.1592	2.1724	2658.2	2875.5	7.8396
250	24.136	2736.1	2977.5	9.1015	4.8206	2735.1	2976.2	8.3568	2.4062	2733.9	2974.5	8.0346
300	26.446	2812.3	3076.7	9.2827	5.2841	2811.6	3075.8	8.5387	2.6389	2810.7	3074.5	8.2172
400	31.063	2969.3	3280.0	9.6094	6.2094	2968.9	3279.3	8.8659	3.1027	2968.3	3278.6	8.5452
500	35.680	3132.9	3489.7	9.8998	7.1338	3132.6	3489.3	9.1566	3.5655	3132.2	3488.7	8.8362
600	40.296	3303.3	3706.3	10.1631	8.0577	3303.1	3706.0	9.4201	4.0279	3302.8	3706.6	9.0999
700	44.911	3480.8	3929.9	10.4056	8.9813	3480.6	3929.7	9.6626	4.4900	3480.4	3929.4	9.3424
800	49.527	3665.4	4160.6	10.6312	9.9047	3665.2	4160.4	9.8883	4.9519	3665.0	4160.2	9.5682
900	54.143	3856.9	4398.3	10.8429	10.8280	3856.8	4398.2	10.1000	5.4137	3856.7	4398.0	9.7800
1000	58.758	4055.3	4642.8	11.0429	11.7513	4055.2	4642.7	10.3000	5.8755	4055.0	4642.6	9.9800
1100	63.373	4260.0	4893.8	11.2326	12.6745	4259.9	4893.7	10.4897	6.3372	4259.8	4893.6	10.1698
1200	67.989	4470.9	5150.8	11.4132	13.5977	4470.8	5150.7	10.6704	6.7988	4470.7	5150.6	10.3504
1300	72.604	4687.4	5413.4	11.5857	14.5209	4687.3	5413.3	10.8429	7.2605	4687.2	5413.3	10.5229
$P = 0.20 \text{ MPa (120.21}^\circ\text{C)}^*$				$P = 0.30 \text{ MPa (133.52}^\circ\text{C)}^*$				$P = 0.40 \text{ MPa (143.61}^\circ\text{C)}^*$				
Sat.	0.88578	2529.1	2706.3	7.1270	0.60582	2543.2	2724.9	6.9917	0.46242	2553.1	2738.1	6.8955
150	0.95986	2577.1	2769.1	7.2810	0.63402	2571.0	2761.2	7.0792	0.47088	2564.4	2752.8	6.9306
200	1.08049	2654.6	2870.7	7.5081	0.71543	2651.0	2865.9	7.3132	0.53434	2647.2	2860.9	7.1723
250	1.19890	2731.4	2971.2	7.7100	0.79545	2728.9	2967.9	7.5180	0.59520	2726.4	2964.5	7.3804
300	1.31623	2808.8	3072.1	7.8941	0.87535	2807.0	3069.6	7.7037	0.65489	2805.1	3067.1	7.5677
400	1.54934	2967.2	3277.0	8.2236	1.03155	2966.0	3275.5	8.0347	0.77265	2964.9	3273.9	7.9003
500	1.78142	3131.4	3487.7	8.5153	1.18572	3130.6	3486.6	8.3271	0.88936	3129.8	3485.5	8.1933
600	2.01302	3302.2	3704.8	8.7793	1.34139	3301.6	3704.0	8.5915	1.00558	3301.0	3703.3	8.4580
700	2.24434	3479.9	3928.8	9.0221	1.49580	3479.5	3928.2	8.8345	1.12152	3479.0	3927.6	8.7012
800	2.47550	3664.7	4159.8	9.2479	1.65004	3664.3	4159.3	9.0605	1.23730	3663.9	4158.9	8.9274
900	2.70656	3856.3	4397.7	9.4598	1.80417	3856.0	4397.3	9.2725	1.35298	3855.7	4396.9	9.1394
1000	2.93755	4054.8	4642.3	9.6599	1.95824	4054.5	4642.0	9.4726	1.46899	4054.3	4641.7	9.3396
1100	3.16848	4259.6	4893.3	9.8497	2.11226	4259.4	4893.1	9.6624	1.58414	4259.2	4892.9	9.5295
1200	3.39938	4470.5	5150.4	10.0304	2.26624	4470.3	5150.2	9.8431	1.69966	4470.2	5150.0	9.7102
1300	3.63026	4687.1	5413.1	10.2029	2.42019	4686.9	5413.0	10.0157	1.81516	4686.7	5412.8	9.8828
$P = 0.50 \text{ MPa (151.83}^\circ\text{C)}^*$				$P = 0.60 \text{ MPa (158.83}^\circ\text{C)}^*$				$P = 0.80 \text{ MPa (170.41}^\circ\text{C)}^*$				
Sat.	0.37483	2560.7	2748.1	6.8207	0.31560	2566.8	2756.2	6.7593	0.24035	2576.0	2768.3	6.6616
200	0.42503	2643.3	2855.8	7.0610	0.35212	2639.4	2850.6	6.9683	0.26088	2631.1	2839.8	6.8177
250	0.47443	2723.8	2961.0	7.2725	0.39390	2721.2	2957.6	7.1833	0.29321	2715.9	2950.4	7.0402
300	0.52261	2803.3	3064.6	7.4614	0.43442	2801.4	3062.0	7.3740	0.32416	2797.5	3056.9	7.2345
350	0.57015	2883.0	3168.1	7.6346	0.47428	2881.6	3166.1	7.5481	0.35442	2878.6	3162.2	7.4107
400	0.61731	2963.7	3272.4	7.7956	0.51374	2962.5	3270.8	7.7097	0.38429	2960.2	3267.7	7.5735
500	0.71095	3129.0	3484.5	8.0893	0.59200	3128.2	3483.4	8.0041	0.44332	3126.6	3481.3	7.8692
600	0.80409	3300.4	3702.5	8.3544	0.66976	3299.8	3701.7	8.2695	0.50186	3298.7	3700.1	8.1354
700	0.89696	3478.6	3927.0	8.5978	0.74725	3478.1	3926.4	8.5132	0.56011	3477.2	3925.3	8.3794
800	0.98966	3663.6	4158.4	8.8240	0.82457	3663.2	4157.9	8.7395	0.61820	3662.5	4157.0	8.6061
900	1.08227	3855.4	4396.6	9.0362	0.90179	3855.1	4396.2	8.9518	0.67619	3854.5	4396.5	8.8185
1000	1.17480	4054.0	4641.4	9.2364	0.97893	4053.8	4641.1	9.1521	0.73411	4053.3	4640.5	9.0189
1100	1.26728	4259.0	4892.6	9.4263	1.05603	4258.8	4892.4	9.3420	0.79197	4258.3	4891.9	9.2090
1200	1.35972	4470.0	5149.8	9.6071	1.13309	4469.8	5149.6	9.5229	0.84980	4469.4	5149.3	9.3898
1300	1.45214	4686.6	5412.6	9.7797	1.21012	4686.4	5412.5	9.6995	0.90761	4686.1	5412.2	9.5625

\*La temperatura entre paréntesis es la temperatura de saturación a la presión especificada.

† Propiedades del vapor saturado a la presión especificada.

## APÉNDICE D

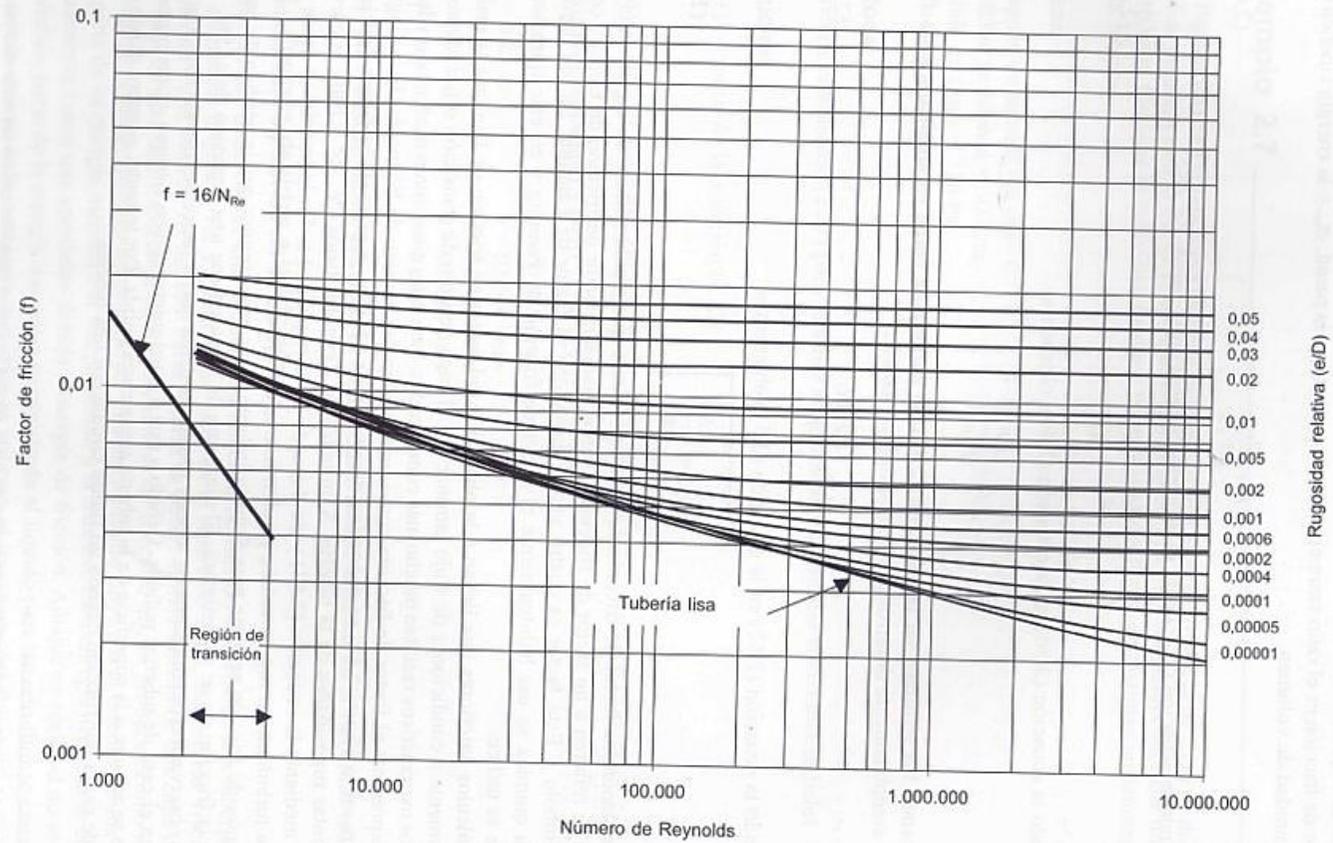
**Table A5.18** Rheological properties of foods containing sugars

Product	Conc. (% solids)	Method	Temp. (°C)	Shear Rate (s <sup>-1</sup> )	K <sup>a</sup> (Pa s <sup>n</sup> )	n	Reference
Corn syrup	48.4	Cone. cyl.	26.6	1-1000	0.0053	1.0	Harper (1960)
	54.5				0.0106	1.0	
	63.6				0.0338	1.0	
	72.5				0.1600	1.0	
	29.6				0.0205	1.0	
	36.4				0.0228	1.0	
	40.8				0.0290	1.0	
	36.9				0.0245	1.0	
	41.5				0.0228	1.0	
	23.0				0.0122	1.0	
	25.0				0.0146	1.0	
	29.0				0.0151	1.0	
	31.0				0.0149	1.0	
	30.0				0.0148	1.0	
	36.2				0.0186	1.0	
	39.4				0.0218	1.0	
42.0	0.0240	1.0					
Corn syrup	77.4 <sup>c</sup> Brix	Cone cyl.	20	1-10	5.46	1.0	McCarthy and Seymour (1994b)
Honey	18.2		8.9		52.8	1.0	Munro (1943)
			9.8		46.8	1.0	
			10.9		40.3	1.0	
			12.1		34.08	1.0	
			12.8		30.00	1.0	
			13.4		27.12	1.0	
			14.2		23.76	1.0	
			14.8		20.88	1.0	
			15.8		17.04	1.0	
			16.8		14.4	1.0	
			17.6		12.24	1.0	
			18.3		10.8	1.0	
19.1	9.6	1.0					
20.1	8.4	1.0					

Table A5.18 (continued)

Product	Conc. (% solids)	Method	Temp. (°C)	Shear Rate $\cdot K^a$ (Pa s <sup>n</sup> ) (s <sup>-1</sup> )	n	Reference
			22.0	6.72	1.0	
			23.3	5.76	1.0	
			25.0	4.8	1.0	
			28.6	3.24	1.0	
			30.8	2.4	1.0	
			34.5	1.87	1.0	
			36.8	1.51	1.0	
			40.0	1.20	1.0	
			41.6	0.98	1.0	
			42.8	0.86	1.0	
			43.3	0.82	1.0	
			44.5	0.80	1.0	
			45.7	0.75	1.0	
			47.1	0.68	1.0	
			49.7	0.58	1.0	
			51.8	0.52	1.0	
			56.5	0.37	1.0	
			60.1	0.30	1.0	
			63.9	0.24	1.0	
			67.4	0.19	1.0	
			71.6	0.15	1.0	
			75.9	0.11	1.0	
			78.5	0.10	1.0	
			80.0	0.09	1.0	

## APÉNDICE E

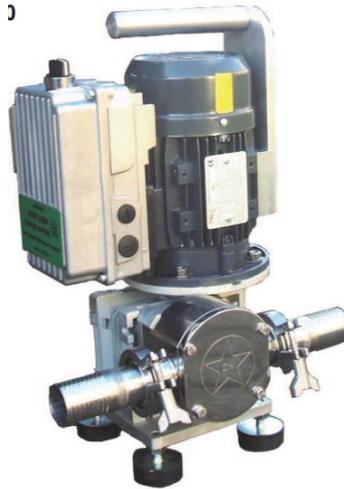


W

**FIGURA 2.16** Diagrama de Moody para el factor de fricción de Fanning. Rugosidades equivalentes para tuberías nuevas ( $e$  en metros): hierro fundido,  $259 \times 10^{-6}$ ; tubo estirado,  $1,5235 \times 10^{-6}$ ; acero o hierro forjado,  $45,7 \times 10^{-6}$ . (Basado en L.F. Moody, 1944. *Trans. ASME* 66, 671).

## APÉNDICE F

### Bomba de desplazamiento positivo



Temperatura para el uso	de -10 °C a + 90 °C
Presión máxima del caudal	10 bares
Lavado	H2O, nivel de temperatura máximo 90°C, vapor y otros fluidos permitidos en la industria alimentaria hasta 140°C
Velocidad de rotación	De 60 a 330 giros/minuto
Inverter	Monofasico
raspador	realizado en material plástico apto para entrar en contacto con los alimentos.
Rotor	realizado en material plástico apto para entrar en contacto con los alimentos.
Bocas	CLAMP 40
Peso de la máquina	45Kg
Potencia requerida	0,75 Kw

# APÉNDICE G

## PRUEBA DE ACEPTACIÓN

Nombre del panelista:

Edad:

Sexo: F  M

Tipo de muestras: Miel de abejas

Instrucciones:	Recomendaciones:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tome un sorbo de agua antes de iniciar.</li> <li>• Frente a usted se presentan cuatro muestras codificadas. Por favor pruebe cada una de ellas de izquierda a derecha. Limpie su paladar entre cada muestra probada, tomando un sorbo de agua y un pedazo de galleta.</li> <li>• Marque con una X la descripción que mejor representa su opinión con relación al producto que está degustando.</li> <li>• Escriba algún comentario en caso de que lo considere necesario.</li> <li>• Dejar la hoja y bolígrafo en el escritorio una vez concluida la prueba.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No escupir en los lavaderos.</li> <li>• No arrojar agua ni restos de muestras por el lavadero.</li> <li>• En caso de tener alguna duda, levantar la mano.</li> </ul>

	Muestra 541			Muestra 287			Muestra 076			Muestra 934		
	Color	Olor	Sabor									
Me disgusta mucho												
Me disgusta moderadamente												
Me disgusta ligeramente												
Ni me gusta ni me disgusta												
Me gusta ligeramente												
Me gusta moderadamente												
Me gusta mucho												

Comentarios:

---

# APÉNDICE H

Determinación de Cp teórico de la miel mediante modelos matemáticos Okos y Choi			
Temperaturas: 70, 25, 46			
Temperatura a usarse:	70		
$C_p = \sum_{i=1}^n C_{pi} \cdot X_i$ Donde: Cpi: Componente del alimento Xi: fracción de componente del alimento			
Componente	Cpi	Xi	Cpi*Xi
Proteínas	2086,38979	0,005	10,431949
Lípidos	1984,2	0,002	3,9684
Carbohidratos	1657,06949	0,726	1203,03245
Fibra	1951,25259	0,011	21,4637785
Cenizas	1206,83167	0,011	13,2751484
Agua	4143,02133	0,256	1060,61346
<b>Cp TOTAL (KJ/Kg°C)</b>			<b>2,31</b>
Fuente: Choi, <i>et al</i> (1986)			
CHOI, Y.; OKOS, M. 1986. Effect of temperature and composition on the thermal properties of foods. Food Engineering and Process Applications. Elsevier Applied Science Publisher. London. 613p			

Determinación de Cp teórico de la miel mediante modelos matemáticos Okos y Choi			
Temperaturas: 70, 25, 46			
Temperatura a usarse:	25		
$C_p = \sum_{i=1}^n C_{pi} \cdot X_i$ Donde: Cpi: Componente del alimento Xi: fracción de componente del alimento			
Componente	Cpi	Xi	Cpi*Xi
Proteínas	2037,60194	0,005	10,1880097
Lípidos	1984,2	0,002	3,9684
Carbohidratos	1594,15006	0,726	1157,35295
Fibra	1888,75819	0,011	20,7763401
Cenizas	1137,53894	0,011	12,5129283
Agua	4170,50771	0,256	1067,64997
<b>Cp TOTAL (KJ/Kg°C)</b>			<b>2,27</b>
Fuente: Choi, <i>et al</i> (1986)			
CHOI, Y.; OKOS, M. 1986. Effect of temperature and composition on the thermal properties of foods. Food Engineering and Process Applications. Elsevier Applied Science Publisher. London. 613p			

Determinación de Cp teórico de la miel mediante modelos matemáticos Okos y Choi			
Temperaturas: 70, 25, 46			
Temperatura a usarse:	46		
$C_p = \sum_{i=1}^n C_{pi} \cdot X_i$ Donde: Cpi: Componente del alimento Xi: fracción de componente del alimento			
Componente	Cpi	Xi	Cpi*Xi
Proteínas	2061,0313	0,005	10,3051565
Lípidos	1984,2	0,002	3,9684
Carbohidratos	1626,50617	0,726	1180,84348
Fibra	1920,2663	0,011	21,1229293
Cenizas	1171,73112	0,011	12,8890424
Agua	4160,43918	0,256	1065,07243
<b>Cp TOTAL (KJ/Kg°C)</b>			<b>2,29</b>
Fuente: Choi, <i>et al</i> (1986)			
CHOI, Y.; OKOS, M. 1986. Effect of temperature and composition on the thermal properties of foods. Food Engineering and Process Applications. Elsevier Applied Science Publisher. London. 613p			

## APÉNDICE I

### Cálculos en el proceso de precalentamiento:

El primer paso fue obtener el calor que se requiere para el precalentamiento:

$$Q = m_0 C_p \Delta T$$

$\Delta T$  Es la diferencia de temperatura en el proceso de precalentamiento  $T_1 - T_0$ , donde  $T_1$  es la temperatura de precalentamiento que es de  $70^\circ\text{C}$ , y  $T_0$  es la temperatura ambiente.  $C_p$  es el calor específico de la miel a la temperatura ambiente correspondiente de  $25^\circ\text{C}$  que es de  $2.27 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C}$  y  $m_f$  masa de miel que ingresa al precalentamiento.

Entonces:

$$Q = (84 \text{ kg}) \left( 2.27 \frac{\text{Kj}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \right) (70^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) = 8580.6 \text{ kj}$$

Con el valor de  $Q$  determinado, se procedió a determinar la potencia requerida para el precalentamiento estimando un tiempo de precalentamiento de 20 min, dato obtenido del manual del equipo:

$$\dot{Q}_1 = \frac{8580.6 \text{ kj}}{20 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 7.15 \text{ kw}$$

Tomando en consideración la pérdida de masa en el precalentador, se obtuvo la masa de alimentación que va a ingresar al concentrado  $m_f$ , la masa inicial del proceso fue  $m_0 = 84 \text{ kg}$ , las fracciones de sólidos  $x_0 = 0,773$  (entrada al precalentador) y  $x_f = 0,785$  (salida del precalentador):

$$\begin{aligned} X_0 m_0 &= X_f m_f \\ (0,773)(84) &= (0,785)m_f \\ m_f &= 82.71 \text{ kg} \end{aligned}$$

### Balance de materia y energía en la etapa de concentrado

Se realizó un balance de masa en la etapa de concentrado para determinar la cantidad de masa de agua que se evaporó  $m_v$ , y la cantidad de masa que sale del producto de

miel concentrada  $m_p$ . Para ello se utilizó la relación de grados brix mediante la fracción de sólidos en la entrada del concentrado  $x_f = 78.5$  y la fracción de sólidos a la salida del concentrado  $x_p$ :

$$\begin{aligned} X_f m_f &= X_p m_p \\ (0.785)(82.71) &= (0.80)m_p \\ m_p &= 80,64 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Con el valor de  $m_p$  obtenido, se estableció el balance de masa y determinar  $m_v$ :

$$\begin{aligned} m_f &= m_v + m_p \\ 82.71 \text{ kg} &= m_v + 80.64 \text{ kg} \\ m_v &= 2.06 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Para el balance de energía se consideró el sistema como un evaporador simple. A partir de las entradas y salidas que se presentan en el concentrador, se estableció la siguiente ecuación, donde se calculó  $\dot{m}_v$ :

$$\dot{m}_f = \dot{m}_v + \dot{m}_p$$

En primera instancia se halló  $\dot{m}_f$ . Se utilizó un valor de flujo másico de salida del concentrado  $m_p$  de 0.268 kg/s el cual representa el dato obtenido del flujo de entrada a la manguera de admisión para los cálculos del sistema de bombeo. Mediante las fracciones de sólidos obtenidas en los grados brix, el valor de  $\dot{m}_f$  correspondiente al flujo de alimentación en el concentrado:

$$\begin{aligned} X_f \dot{m}_f &= X_p \dot{m}_p \\ (0.78)\dot{m}_f &= (0.80) \left( 0.268 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right) \\ \dot{m}_f &= 0.276 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \end{aligned}$$

Se estableció el balance de masa correspondiente al evaporador para la finalmente determinar el flujo de vapor  $\dot{m}_v$

$$\dot{m}_f = \dot{m}_v + \dot{m}_p$$

$$0.276 \text{ kg/s} = \dot{m}_v + 0.268 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_v = 0.008 \text{ kg/s}$$

- Una vez determinado los flujos másicos de entrada y salida, se procedió a utilizar el balance de energía para el cálculo de la potencia requerida en el concentrador  $Q_2$ .

$$\dot{m}_f H_f + \dot{Q}_2 = \dot{m}_v H_v + \dot{m}_p H_p$$

Entonces se procedió a determinar primero los valores de  $H_f$ ,  $H_v$ , y  $H_p$ :

La entalpia del flujo de alimentación  $H_f$  se determinó mediante el calor específico a la temperatura  $T_f$  de  $70^\circ\text{C}$ , que fue de  $2.31 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$  a:

$$H_f = C_{pf}(T_f - 0^\circ\text{C})$$

$$H_f = 2.31 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (70 - 0^\circ\text{C}) = 161.7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

La entalpia del flujo de producto  $H_p$  se determinó mediante el calor específico ( $2.29 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ ) a la temperatura de operación del concentrado  $T_p$  de  $46^\circ\text{C}$ .  $T_p$  representa la temperatura de saturación del agua a la presión absoluta de trabajo del concentrado que es  $0.010 \text{ MPa}$ , el cual se halló utilizando las tablas termodinámicas A-6 de vapor del apéndice C, entonces:

$$H_p = 2.29(46 - 0^\circ\text{C})$$

El aumento del punto de ebullición  $\Delta T_b$  fue despreciable debido a que el valor de  $C_p$  obtenido mediante el modelo matemático Okos y Choi, y su valor comparado con valores bibliográficos fueron similares (Naranjo, 2008). Con el valor de  $T_p$  se procedió a calcular la entalpia  $H_p$ :

$$H_p = 2.29(46 - 0^\circ\text{C}) = 105.34 \text{ kJ /kg}$$

La entalpia del flujo de evaporación  $H_v$  se determinó mediante las tablas termodinámicas de vapor utilizando la presión absoluta a la temperatura de operación del concentrado  $T_p$  de  $46^\circ\text{C}$ .

$$P_{abs} = P_{atm} + (-0.092 \text{ MPa})$$

$$P_{abs} = 0.10 \text{ MPA} + (-0.092 \text{ MPA})$$

$$P_{abs} = 0.010 \text{ MPa}$$

A la presión de 0.010 MPa y a  $T_p$  de 46°C:

$$H_v = 2854 \text{ kJ/kg}$$

Ahora reemplazando en la ecuación general de energía:

$$\dot{m}_f H_f + \dot{Q}_2 = \dot{m}_v H_v + \dot{m}_p H_p$$

$$\left(0.276 \frac{\text{kg}}{\text{s}}\right) \left(161.7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right) + \dot{Q}_2 = \left(0.008 \frac{\text{kg}}{\text{s}}\right) \left(2584 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right) + \left(0.268 \frac{\text{kg}}{\text{s}}\right) \left(105.34 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$$

$$\dot{Q}_2 = 4.27 \text{ kw}$$

- Para efectos de cálculo, la temperatura a la salida del concentrado se la consideró igual a la temperatura de trabajo en el concentrado, es decir, los 46°C. Por lo tanto, la miel irá al sistema de bombeo y envasado a esta temperatura.
- Finalmente, para realizar la comparación con los 14Kw de las especificaciones técnicas del equipo HPM, se sumó los dos valores de potencia  $\dot{Q}_1$  y  $\dot{Q}_2$  obteniéndose una potencia total del equipo HPM de 11,42kw.

## APÉNDICE J

### Velocidad de entrada al sistema de bombeo:

Mediante el uso de una manguera de 1 ½ in se estimó el área por el cual va a entrar el flujo a la manguera:

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{\pi * 1.5^2}{4} = 1.76 \text{ in}^2$$
$$A = 1.76 \text{ in}^2 * \frac{(0.0254 \text{ m})^2}{1 \text{ in}^2} = 1.14 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

El flujo másico de entrada se lo obtiene estimando un bombeo de  $t_b = 5 \text{ min}$  con la masa de producto al final del concentrador de  $m_p = 80.64 \text{ kg}$ , entonces:

$$\dot{m}_p = \frac{m_p}{t_b} = \frac{80.64 \text{ kg}}{5 \text{ min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0.268 \text{ kg/s}$$

Y finalmente se obtuvo el valor de velocidad de entrada  $v_1$  y un valor de densidad de miel de  $\rho = 1400 \text{ kg/m}^3$

$$Q = v_1 A$$
$$v_1 = \frac{Q}{A} = \frac{\dot{m}_p}{\rho A} = \frac{0.268 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{\left(1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) (1.14 * 10^{-3} \text{ m}^2)} = 0.16 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### Determinación del Número de Reynolds:

Debido a que la miel es un fluido Newtoniano se determinó los valores de índice los valores de  $n$  (índice de flujo) y  $k$  (índice de consistencia) a partir de su valor de temperatura de salida de la miel a  $46^\circ\text{C}$  (valor obtenido de los cálculos del balance de materia y energía) los cuales fueron de 1 y 0.57 respectivamente (Reology of fluid, semisolid, and solid food, 2013), entonces:

$$Re = \frac{d^n * v_1^{2-n} * \rho}{\left(k * 8^{n-1} * \left(\frac{3n+1}{4n}\right)^n\right)} = \frac{\left(1.5 \text{ in} * \frac{0.0254 \text{ m}}{1 \text{ in}}\right) * 0.16^{2-1} * 1400}{\left(0.57 * 8^{1-1} * \left(\frac{3(1)+1}{4(1)}\right)(1)\right)} = 14.57$$

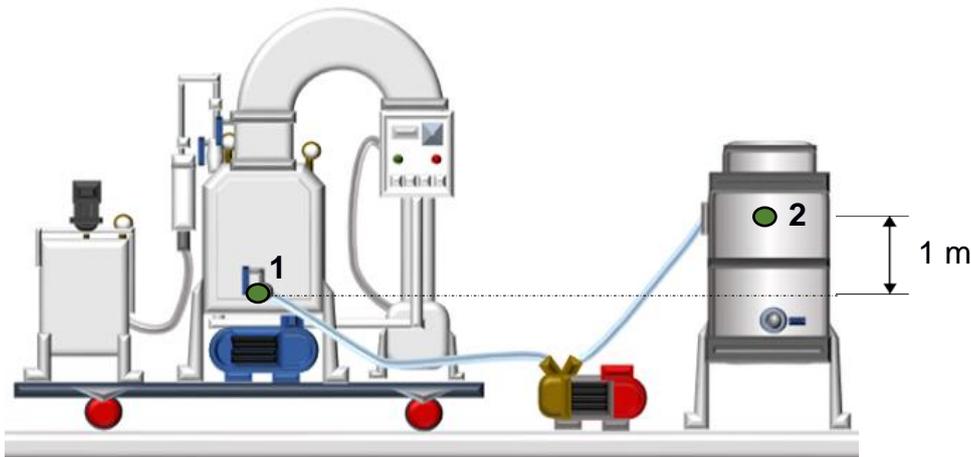
Lo cual nos indicó que se encuentra en un estado laminar.

### Determinación de cabezal de bombeo $h_b$

Mediante la ecuación de Bernoulli, se determinó el valor de  $h_b$ , el cual nos permitió determinar la potencia requerida para el sistema de bombeo:

$$\frac{p_1}{g\rho} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 + h_b = \frac{p_2}{g\rho} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + h_f + h_m$$

Se estableció los el punto 1 y 2, donde se va a realizar el análisis de la ecuación de Bernoulli:



Cabezal de presión en el punto 1.

$$\frac{p_1}{g\rho} = \frac{-90000 \text{ Pa}}{\left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \left(1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} = -6.55 \text{ m}$$

Cabezal de velocidad en el punto 1.

$$\frac{v_1^2}{2g} = \frac{0.16^2}{2(9.81)} = 1.3 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Posición en el punto 1.

Se tomó como nivel de referencia  $z=0$  a la posición 1 en la entrada de la manguera de admisión de la bomba.

$$z_1 = 0m$$

Cabezal de presión en el punto 2.

La presión a la entrada del tanque de almacenamiento (punto 2) se consideró nula debido a que solo se consideró presiones manométricas

$$\frac{p_2}{g\rho} = 0 m$$

Cabezal de velocidad en el punto 2.

La velocidad de llenado es muy pequeña en el tanque de almacenamiento por lo cual se considera despreciable

$$\frac{v_1^2}{2g} = 0 m$$

Posición en el punto 2.

La distancia vertical entre el punto 1 y 2 representa la posición  $z_2$ .

$$z_2 = 1.5 m$$

Perdida por fricción  $h_f$ :

La perdida por fricción en la manguera se lo determino mediante la ecuación de Darcy:

$$h_f = \frac{4fLv^2}{2Dg}$$

Para ello se calculó el factor de fricción  $f$ , donde en la sección se concluyó que la miel se bombea en un régimen laminar, y además la manguera es considerada lisa. Entonces:

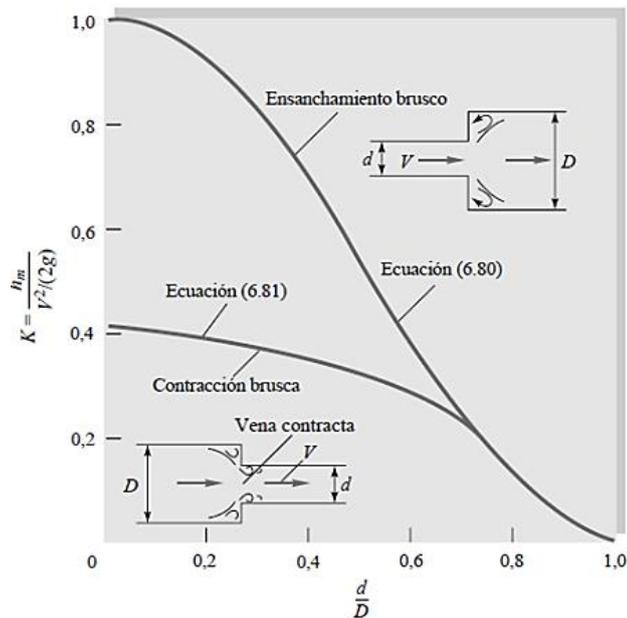
$$f = \frac{64}{Re}$$
$$f = \frac{64}{14.57} = 4.39$$

Aplicando la ecuación de Darcy, para una longitud de manguera de 4 m y un diámetro de 1 ½ in

$$h_f = \frac{4(4.39)(4\text{ m}) \left(0.16 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2(0.0381\text{ m}) \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)} = 2.40\text{ m}$$

### Pérdidas menores por accesorios $h_m$

Como accesorios se utilizó dos acoples de entrada  $K_1$  y salida  $K_2$  de flujo los cuales se estimó los valores de  $K_1$  y  $K_2$  a partir de la siguiente gráfica:



(Reology of fluid, semisolid, and solid food, 2013)

- El acople de entrada en la manguera es de contracción de  $D=3$  in a  $d=1\frac{1}{2}$  pulgadas entonces  $d/D= 0.5$ , por lo tanto, se obtuvo un valor de  $K_1= 0.35$
- El acople de salida en la manguera es de ensanchamiento de  $D=3$  in a  $d=1\frac{1}{2}$  pulgadas entonces  $d/D= 0.5$ , por lo tanto, se obtuvo un valor de  $K_2= 0.55$

Se obtuvo que, para un acople de entrada,  $K_1= 0.35$  y para el acople de salida,  $K_2$  fue de 0.55. Entonces:

$$h_m = k_m \frac{v_1^2}{2g}$$

$$h_m = (k_1 + k_2) \frac{v_1^2}{2g} = (0.35 + 0.55) \left( \frac{\left(0.16 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)} \right)$$

$$h_m = 1.1 \times 10^{-3}\text{ m}$$

Una vez obtenida todos los términos de la ecuación de Bernoulli se procedió a reemplazar y determinar el valor de  $h_b$ :

$$\frac{p_1}{g\rho} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 + h_b = \frac{p_2}{g\rho} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + h_f + h_m$$

$$-6.55m + 1.3 \times 10^{-3} m + 0 + h_b = 0 + 0 + 1 m + 2.4 m + 1.1 \times 10^{-3} m$$

$$h_b = 9.89 m$$

### **Potencia requerida de bombeo:**

Con el valor de  $h_b$ , se estimó la potencia que requiere la bomba para realizar el proceso a partir de la ecuación:

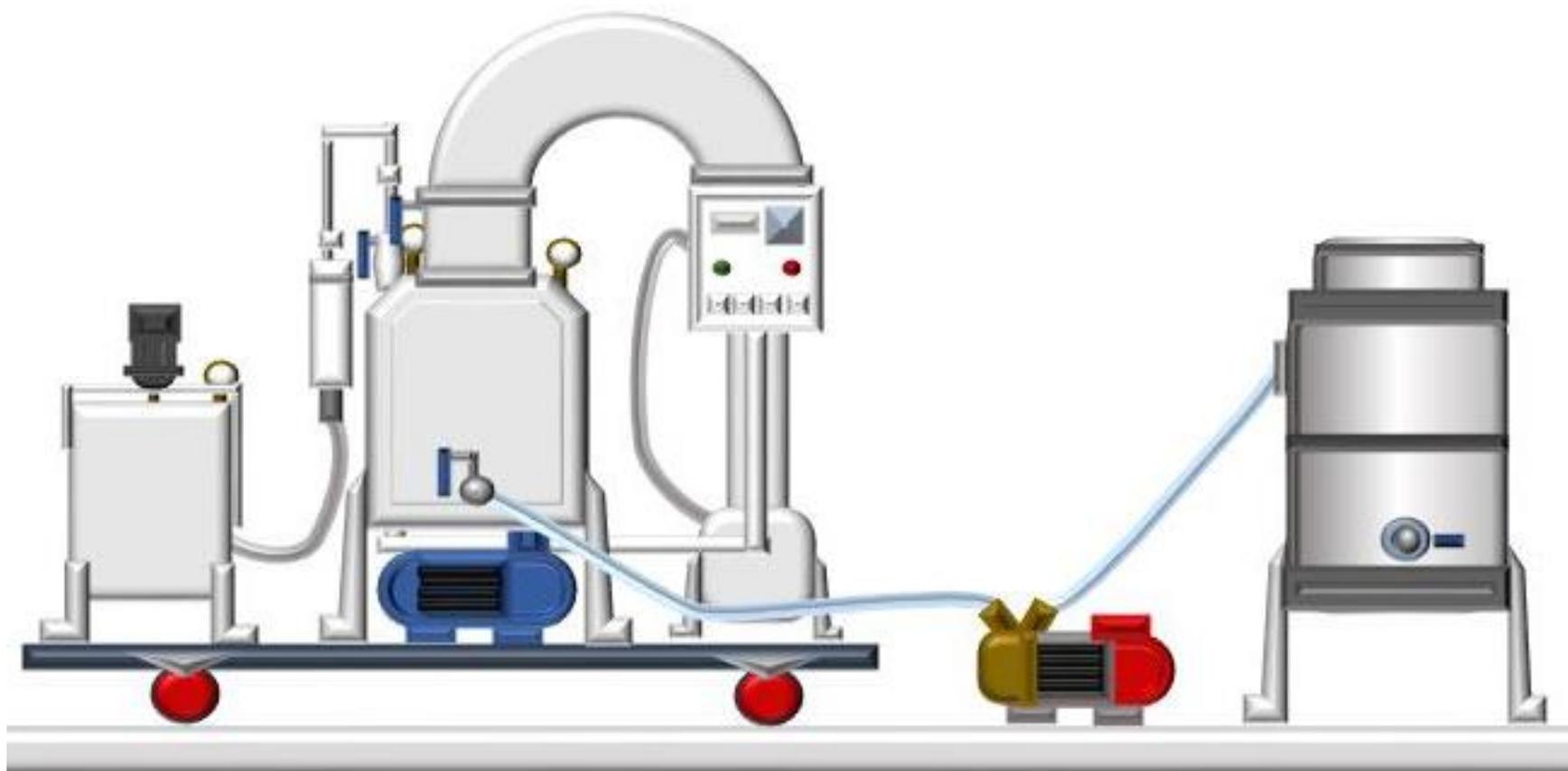
$$\dot{W}_T = \rho g Q h_b$$

$$\dot{W}_T = \dot{m}_p g h_b$$

$$\dot{W}_T = \left(0.268 \frac{kg}{s}\right) \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right) (9.89 m) = 26W$$

El valor de potencia requerida fue de 26W, del cual se puede apreciar que se requirió una potencia baja debido a que la altura a la cual se va a bombear la miel es de 1m con respecto al sistema de referencia de origen que fue la salida de la miel del concentrado.

## APÉNDICE K



## APÉNDICE L

Para proceso A:

Pasos	DESCRIPCION	Operación	Transporte	Inspección	Espera	Almacenamiento	EQUIPOS	OBSERVACIONES
1	Recepción de miel y alzas del apiario	○	➡	□	D	▽	Básculas, refractómetro, peachimetro	PCC1: Peligro químico (pesticidas) y microbiológico
2	Almacenamiento de materia prima	○	➡	□	D	▽	Bodega MP	
3	Pre calentamiento/ Filtrado grueso/Filtrado fino/Concentrado	○	➡	□	D	▽	Honey Processing Machine FM-400	PCC2: Peligro de tipo biológico
4	Acondicionamiento para envasado	○	➡	□	D	▽	Tolva de almacenamiento	
5	Envasado/Sellado	○	➡	□	D	▽	Tolva de almacenamiento	PCC3: Control de humedad
6	Codificado	○	➡	□	D	▽	Codificadora	
7	Etiquetado	○	➡	□	D	▽	Etiquetadora	
8	Almacenamiento de producto terminado	○	➡	□	D	▽	Bodega PT	
9	Despacho	○	➡	□	D	▽	Area de despacho	

Para proceso B:

Pasos	DESCRIPCION	Operación	Transporte	Inspección	Espera	Almacenamiento	EQUIPOS	OBSERVACIONES
1	Recepción de miel y alzas del apiario	○	➡	□	D	▽	Báscula	PCC: Peligro químico (pesticidas) y microbiológico
2	Almacenamiento de materia prima	○	➡	□	D	▽	Bodega MP	
3	Desoperculado	○	➡	□	D	▽	Desoperculadora	
4	Centrifugado	○	➡	□	D	▽	Centrifugadora	
5	Pre calentamiento/ Filtrado grueso/Filtrado fino/Concentrado	○	➡	□	D	▽	Honey Processing Machine FM-400	PCC: Peligro de tipo biológico
6	Acondicionamiento para envasado	○	➡	□	D	▽	Tolva de almacenamiento	
7	Envasado/Sellado	○	➡	□	D	▽	Tolva de almacenamiento	PCC: Control de humedad
8	Codificado	○	➡	□	D	▽	Codificadora	
9	Etiquetado	○	➡	□	D	▽	Etiquetadora	
10	Almacenamiento de producto terminado	○	➡	□	D	▽	Bodega PT	
11	Despacho	○	➡	□	D	▽	Area de despacho	

## APÉNDICE M

Operación	Proceso
1	Desoperculado
2	Centrifugado
3	HPM
4	Envasado/sellado
5	Codificado
6	Etiquetado

Proceso A/B (204litros)																																								
Tiempo (minutos)																																								
Operación	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360				
<b>1</b>	1/	1/	1/	1/	1/																																			
<b>2</b>						1/	1/	1/	1/	1/	1/																													
<b>3</b>	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*								2/	2/	2/	2/	2/	2/	2/	2/	2/	2/													
<b>4</b>											1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*												2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*			
<b>5</b>														1/	1/																		2/	2/						
<b>6</b>																1/	1/	1/																		2/	2/	2/		
Técnicos																																								
T1/	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
T2*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1															2	2	2	2	2	2	2	2	2
6 horas + 1h limpieza + 30 min almuerzo + 20 min recepción																		TOTAL 7h, 50 min																						
lo proceso en 2 días																																								

Proceso B, solo CT (84L)		Tiempo (minutos)																									
Operación	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	
1	1/	1/	1/	1/	1/																						
2						1/	1/	1/	1/	1/	1/																
3	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*										2/	2/	2/	2/				
4											1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*					2*	2*	2*	2*	
5														1/	1/											2/	
6																1/	1/	1/									2/
<b>Técnicos</b>																											
T1/	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	2	2	2	2				2	2
T2*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					2	2	2	2	
4 horas, 20 min + 1h limpieza + 30 min almuerzo + 20 min recepción																		TOTAL 6h, 10 min									
Lo proceso en 1 día																											

Proceso A, solo CN (120L)		Tiempo (minutos)																																					
Operación	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360			
3	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*									2/	2/	2/	2/	2/	2/	2/	2/	2/												
4											1/	1/	1/	1/	1/	1/	1/												2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	
5														1*	1*																			1/	1/				
6																1*	1*	1*																			1/	1/	1/
<b>Técnicos</b>																																							
T1/											1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					2	2	2	2	2	2	
T2*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1															2	2	2	2	2	2	2
6 horas + 1h limpieza + 30 min almuerzo + 20 min recepción																		TOTAL 7h, 50 min																					
lo proceso en 1 día																																							

## APÉNDICE N

<b>Determinación de superficie de evolución (Se)</b>		
<b>Nº</b>	<b>Departamentos o áreas</b>	<b>Área</b>
		<b>m<sup>2</sup></b>
1	Recepción de materia prima	6,06
2	Bodega de materia prima	4,05
3	Área de desoperculado	0,75
4	Área de centrifugado	0,22
5	Área de HPM	0,60
6	Área de envasado/sellado	2,06
7	Área de etiquetado/codificado	3,46
8	Bodega de producto terminado	4,05
9	Control de calidad	3,60
10	Bodega de insumos	2,25
11	Área de despacho	5,40
12	Oficina	3,38
13	Comedor	3,15
14	Baños	3,60

<b>Determinación de superficie de gravitación (Sg)</b>		
<b>Nº</b>	<b>Departamentos o áreas</b>	<b>Área</b>
		<b>m<sup>2</sup></b>
1	Recepción de materia prima	7,85
2	Bodega de materia prima	18
3	Área de desoperculado	3,78
4	Área de centrifugado	0,98
5	Área de HPM	3,20
6	Área de envasado/sellado	10,96
7	Área de etiquetado/codificado	17,57
8	Bodega de producto terminado	18
9	Control de calidad	16
10	Bodega de insumos	10
11	Área de despacho	24
12	Oficinas	15
13	Comedor	14
14	Baños	16,01

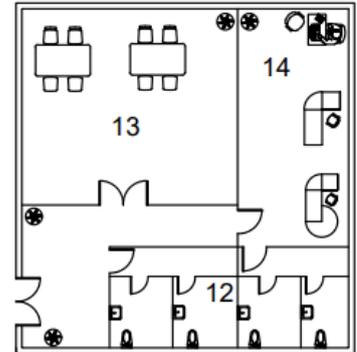
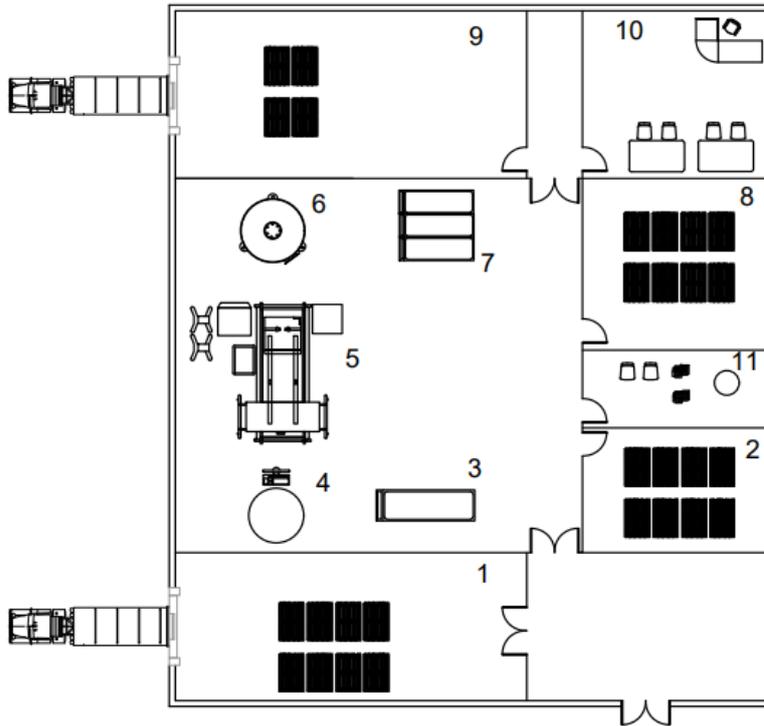
Nº	Áreas o departamentos	Ss
		m <sup>2</sup>
1	Recepción de materia prima	1,77
2	Bodega de materia prima	9
3	Área de desoperculado	1,23
4	Área de centrifugado	0,49
5	Área de HPM	0,80
6	Área de envasado/sellado	2,74
7	Área de etiquetado/codificado	5,55
8	Bodega de producto terminado	9
9	Control de calidad	8
10	Bodega de insumos	5
11	Área de despacho	12
12	Oficinas	7,50
13	Comedor	7
14	Baños	8

## APÉNDICE O

Actividad	Equipo	Capacidad	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Ss (ESTATICA)			Sg (GRAVITACION)		Se (EVOLUCION)		Total Ss+Sg+Se			
						Medidas			Volumen	Área	# Lados usados	Área		Coeficiente K	Área	
						Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>				
1	Báscula	60 Kg de carga	1,00	1,00	1,22	1,00	1,00	1,22	1,22	1,00	4,00	4,00	0,15	0,75	5,75	
	Mesa de trabajo a pared con entrepaño de ac. inox.	50kg	1,10	0,70	0,90	1,10	0,70	0,90	0,69	0,77	5,00	3,85	1,15	5,31	9,93	
2	Carretilla para transportar alzas Lansgtroth	85 Kg	0,45	0,60	1,25	0,45	0,60	1,25	0,34	0,27	4,00	1,08	0,15	0,20	1,55	
	Desoperculador a manual	45seg/marco	0,47	0,41	1,00	0,47	0,41	1,00	0,19	0,19	2,00	0,39	0,15	0,09	0,66	
	Mesa de trabajo a pared con	50kg	1,10	0,70	0,90	1,10	0,70	0,90	0,69	0,77	3,00	2,31	0,15	0,46	3,54	
3	Centrifugado	Centrífuga manual	10min/9marcos	0,70	0,70	1,40	0,70	0,70	1,40	0,69	0,49	2,00	0,98	0,15	0,22	1,69
4	Pre calentamiento/Filtrado grueso/Filtrado fino/Concentrado	Honey Processing Machine FM-400	0,4-0,5t/8h	0,50	1,60	1,56	0,50	1,60	1,56	1,25	0,80	4,00	3,20	0,15	0,60	4,60

<b>Invasado/Sellado</b>	<b>Tolva de almacenamiento</b>	100 l	1,30	1,30	1,70	1,30	1,30	1,70	2,87	1,69	4,00	6,76	0,15	1,27	9,72
	<b>Bomba</b>	360l/h	1,00	1,00	0,70	1,00	1,00	0,70	0,70	1,00	4,00	4,00	0,15	0,75	5,75
	<b>Manguera con alma de acero</b>	4m	2,00	0,03	0,03	2,00	0,03	0,03	0,00	0,05	4,00	0,20	0,15	0,04	0,29
<b>Codificado</b>	<b>Codificadora manual</b>	1frasco/3segundos	0,13	0,13	0,24	0,13	0,13	0,24	0,00	0,02	4,00	0,07	0,15	0,01	0,10
<b>Etiquetado</b>	<b>Mesa de trabajo con entrepaño y sobremesa de acero inoxidable</b>	-	1,10	0,60	0,90	1,10	0,60	0,90	0,59	0,66	4,00	2,64	0,15	0,50	3,80
	<b>Mesa de trabajo a pared con entrepaño de ac. inox.</b>	50kg	1,10	0,70	0,90	1,10	0,70	0,90	0,69	0,77	3,00	2,31	0,15	0,46	3,54
	<b>Mesa de trabajo a pared con entrepaño de ac. inox.</b>	50kg	1,10	0,70	0,90	1,10	0,70	0,90	0,69	0,77	3,00	2,31	0,15	0,46	3,54
	<b>Mesa de trabajo a pared con entrepaño de ac. inox.</b>	50kg	1,10	0,70	0,90	1,10	0,70	0,90	0,69	0,77	3,00	2,31	0,15	0,46	3,54
	<b>Mesa de trabajo a pared con entrepaño de ac. inox.</b>	50kg	1,10	0,70	0,90	1,10	0,70	0,90	0,69	0,77	3,00	2,31	0,15	0,46	3,54
	<b>Mesa de trabajo a pared con entrepaño de ac. inox.</b>	50kg	1,10	0,70	0,90	1,10	0,70	0,90	0,69	0,77	3,00	2,31	0,15	0,46	3,54
	<b>Mesa de trabajo a pared con entrepaño de ac. inox.</b>	50kg	1,10	0,70	0,90	1,10	0,70	0,90	0,69	0,77	3,00	2,31	0,15	0,46	3,54
	<b>Mesa de trabajo a pared con entrepaño de ac. inox.</b>	50kg	1,10	0,70	0,90	1,10	0,70	0,90	0,69	0,77	3,00	2,31	0,15	0,46	3,54
	<b>Etiquetadora manual</b>	diámetro de envase 50 a 120mm	0,50	0,50	0,30	0,50	0,50	0,30	0,08	0,25	4,00	1,00	0,15	0,19	1,44

# APÉNDICE P



1. Recepción de materia prima
2. Bodega de materia prima
3. Área de desoperculado
4. Área de centrifugado
5. Área del HPM
6. Área de envasado/sellado
7. Área de etiquetado/codificado
8. Bodega de producto terminado
9. Área de despacho
10. Control de calidad
11. Bodega de insumos
12. Baños
13. Comedor
14. Oficinas

## APÉNDICE Q

Color 541	Olor 541	Sabor 541	Color 287	Olor 287	Sabor 287	Color 076	Olor 076	Sabor 076	Color 934	Olor 934	Sabor 934
7	7	7	5	6	7	2	2	2	1	1	1
3	4	4	4	4	3	4	5	5	6	7	6
5	6	6	6	3	5	5	5	5	4	4	6
5	3	5	5	3	6	6	4	5	7	7	7
7	5	3	6	4	5	4	4	7	5	4	7
6	5	5	6	6	6	4	3	3	4	3	2
6	5	6	7	6	7	7	7	7	6	4	3
6	6	6	6	7	7	7	6	6	5	6	7
7	6	7	4	2	6	7	7	7	7	7	5
3	4	5	4	4	6	5	2	2	4	3	3
6	7	7	6	7	7	7	6	5	6	7	6
5	5	6	6	6	5	3	3	2	1	3	1
3	3	1	3	3	1	1	4	3	1	1	1
5	4	5	5	5	4	4	3	2	3	3	5
6	5	6	5	5	5	4	4	3	5	6	3
6	5	7	5	5	6	5	5	4	4	5	4
5	5	4	5	4	4	6	4	3	6	6	6
5	5	5	6	4	5	3	4	3	2	5	2
6	5	3	7	6	7	3	3	1	2	3	2
6	5	6	3	5	5	7	5	3	6	6	7
7	5	4	7	5	5	7	6	5	5	4	7
6	5	7	5	4	6	5	3	3	5	4	5
3	3	5	4	3	5	4	2	2	2	4	6
6	4	6	6	5	5	6	5	3	5	5	3
2	2	2	1	1	1	3	3	3	4	3	5
5	5	3	7	7	7	5	4	3	3	6	1
6	6	6	5	6	4	5	4	2	5	6	6
6	7	7	6	7	4	7	5	3	7	6	3
6	3	7	6	4	5	7	3	2	5	7	7
6	6	6	5	4	5	7	6	6	4	4	7
4	5	5	3	5	2	6	4	1	3	4	2
5	7	5	4	5	5	4	4	2	3	5	5
7	6	7	6	6	6	4	4	1	2	2	1
6	7	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3
5	5	5	4	4	4	3	3	2	3	2	1
4	4	3	4	4	5	6	3	1	7	6	7
6	4	7	6	4	6	6	5	4	7	4	5
7	4	7	7	3	6	5	5	2	1	4	1
7	4	5	4	6	5	5	3	5	4	7	2
1	4	5	2	4	3	6	6	4	4	3	1
6	5	6	6	4	6	6	4	3	6	6	4
3	7	3	6	6	6	6	3	2	3	7	7
6	5	7	6	3	5	6	1	3	2	4	3



**Proyección al segundo año:**

2021											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
						976	976		976	976	
\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.243,85	\$ 2.243,85	\$ -	\$ 2.243,85	\$ 2.243,85	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 100,94	\$ 100,94		\$ 100,94	\$ 100,94	\$ 100,94
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 40,79	\$ 40,79	\$ -	\$ 40,79	\$ 40,79	\$ -
\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 583,08	\$ 583,08	\$ 448,56	\$ 583,08	\$ 583,08
\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92
\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ 1.451,12	\$ 1.451,12	\$ -516,48	\$ 1.451,12	\$ 1.451,12
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 217,67	\$ 217,67	\$ -	\$ 217,67	\$ 217,67	\$ -
\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ 1.233,45	\$ 1.233,45	\$ -516,48	\$ 1.233,45	\$ 1.233,45
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 308,36	\$ 308,36	\$ -	\$ 308,36	\$ 308,36	\$ -
\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92
\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ 1.301,37	\$ 1.301,37	\$ -448,56	\$ 1.301,37	\$ 1.301,37
\$ -15.969,34	\$ -16.417,90	\$ -16.866,45	\$ -17.315,01	\$ -17.763,57	\$ -18.212,12	\$ -16.910,75	\$ -15.609,37	\$ -16.057,93	\$ -14.756,55	\$ -13.455,18	\$ -14.004,67

**Proyección al tercer año:**

2022											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
						976	976		976	976	
\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.243,85	\$ 2.243,85	\$ -	\$ 2.243,85	\$ 2.243,85	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 100,94	\$ 100,94	\$ -	\$ 100,94	\$ 100,94	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 40,79	\$ 40,79	\$ -	\$ 40,79	\$ 40,79	\$ -
\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 583,08	\$ 583,08	\$ 448,56	\$ 583,08	\$ 583,08	\$ 448,56
\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92
\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ 1.451,12	\$ 1.451,12	\$ -516,48	\$ 1.451,12	\$ 1.451,12	\$ -516,48
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 217,67	\$ 217,67	\$ -	\$ 217,67	\$ 217,67	\$ -
\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ 1.233,45	\$ 1.233,45	\$ -516,48	\$ 1.233,45	\$ 1.233,45	\$ -516,48
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 308,36	\$ 308,36	\$ -	\$ 308,36	\$ 308,36	\$ -
\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92
\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ 1.301,37	\$ 1.301,37	\$ -448,56	\$ 1.301,37	\$ 1.301,37	\$ -448,56
\$ -14.453,23	\$ -14.901,78	\$ -15.350,34	\$ -15.798,89	\$ -16.247,45	\$ -16.696,01	\$ -15.394,63	\$ -14.093,26	\$ -14.541,81	\$ -13.240,44	\$ -11.939,06	\$ -12.387,62

**Proyección al cuarto año:**

2023											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
						976	976		976	976	
\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.243,85	\$ 2.243,85	\$ -	\$ 2.243,85	\$ 2.243,85	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 100,94	\$ 100,94	\$ -	\$ 100,94	\$ 100,94	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 40,79	\$ 40,79	\$ -	\$ 40,79	\$ 40,79	\$ -
\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 583,08	\$ 583,08	\$ 448,56	\$ 583,08	\$ 583,08
\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92
\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ 1.451,12	\$ 1.451,12	\$ -516,48	\$ 1.451,12	\$ 1.451,12
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 217,67	\$ 217,67	\$ -	\$ 217,67	\$ 217,67	\$ -
\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ 1.233,45	\$ 1.233,45	\$ -516,48	\$ 1.233,45	\$ 1.233,45
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 308,36	\$ 308,36	\$ -	\$ 308,36	\$ 308,36	\$ -
\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92
\$ -712,71											
\$ -1.161,27	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ 1.301,37	\$ 1.301,37	\$ -448,56	\$ 1.301,37	\$ 1.301,37
\$ -13.548,89	\$ -13.997,44	\$ -14.446,00	\$ -14.894,55	\$ -15.343,11	\$ -15.791,66	\$ -14.490,29	\$ -13.188,92	\$ -13.637,47	\$ -12.336,10	\$ -11.034,72	\$ -11.483,28

**Proyección al quinto año:**

2024											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
						976	976		976	976	
\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.243,85	\$ 2.243,85	\$ -	\$ 2.243,85	\$ 2.243,85	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 100,94	\$ 100,94	\$ -	\$ 100,94	\$ 100,94	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 40,79	\$ 40,79	\$ -	\$ 40,79	\$ 40,79	\$ -
\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 583,08	\$ 583,08	\$ 448,56	\$ 583,08	\$ 583,08
\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92
\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ 1.451,12	\$ 1.451,12	\$ -516,48	\$ 1.451,12	\$ 1.451,12
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 217,67	\$ 217,67	\$ -	\$ 217,67	\$ 217,67	\$ -
\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ 1.233,45	\$ 1.233,45	\$ -516,48	\$ 1.233,45	\$ 1.233,45
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 308,36	\$ 308,36	\$ -	\$ 308,36	\$ 308,36	\$ -
\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92
\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ 1.301,37	\$ 1.301,37	\$ -448,56	\$ 1.301,37	\$ 1.301,37
\$ -11.931,83	\$ -12.380,39	\$ -12.828,95	\$ -13.277,50	\$ -13.726,06	\$ -14.174,61	\$ -12.873,24	\$ -11.571,86	\$ -12.020,42	\$ -10.719,05	\$ -9.417,67	\$ -9.866,23



## Proyección al segundo año

2021											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
						7320	7320		7320	7320	
\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 16.828,90	\$ 16.828,90	\$ -	\$ 16.828,90	\$ 16.828,90	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 100,94	\$ 100,94		\$ 100,94	\$ 100,94	\$ 100,94
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 40,79	\$ 40,79	\$ -	\$ 40,79	\$ 40,79	\$ -
\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 583,08	\$ 583,08	\$ 448,56	\$ 583,08	\$ 583,08	\$ 448,56
\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92
\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ 16.036,17	\$ 16.036,17	\$ -516,48	\$ 16.036,17	\$ 16.036,17	\$ -617,41
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.405,43	\$ 2.405,43	\$ -	\$ 2.405,43	\$ 2.405,43	\$ -
\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ 13.630,75	\$ 13.630,75	\$ -516,48	\$ 13.630,75	\$ 13.630,75	\$ -617,41
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3.407,69	\$ 3.407,69	\$ -	\$ 3.407,69	\$ 3.407,69	\$ -
\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92
\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ 13.698,67	\$ 13.698,67	\$ -448,56	\$ 13.698,67	\$ 13.698,67	\$ -549,49
\$ 33.619,83	\$ 33.171,27	\$ 32.722,71	\$ 32.274,16	\$ 31.825,60	\$ 31.377,05	\$ 45.075,71	\$ 58.774,38	\$ 58.325,82	\$ 72.024,49	\$ 85.723,16	\$ 85.173,66

## Proyección al tercer año

2022											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
						7320	7320		7320	7320	
\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 16.828,90	\$ 16.828,90	\$ -	\$ 16.828,90	\$ 16.828,90	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 100,94	\$ 100,94	\$ -	\$ 100,94	\$ 100,94	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 40,79	\$ 40,79	\$ -	\$ 40,79	\$ 40,79	\$ -
\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 583,08	\$ 583,08	\$ 448,56	\$ 583,08	\$ 583,08	\$ 448,56
\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92
\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ 16.036,17	\$ 16.036,17	\$ -516,48	\$ 16.036,17	\$ 16.036,17	\$ -516,48
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.405,43	\$ 2.405,43	\$ -	\$ 2.405,43	\$ 2.405,43	\$ -
\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ 13.630,75	\$ 13.630,75	\$ -516,48	\$ 13.630,75	\$ 13.630,75	\$ -516,48
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3.407,69	\$ 3.407,69	\$ -	\$ 3.407,69	\$ 3.407,69	\$ -
\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92
\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ 13.698,67	\$ 13.698,67	\$ -448,56	\$ 13.698,67	\$ 13.698,67	\$ -448,56
\$ 84.725,11	\$ 84.276,55	\$ 83.828,00	\$ 83.379,44	\$ 82.930,88	\$ 82.482,33	\$ 96.180,99	\$ 109.879,66	\$ 109.431,11	\$ 123.129,77	\$ 136.828,44	\$ 136.379,88

## Proyección al cuarto año

2023											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
						7320	7320		7320	7320	
\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 16.828,90	\$ 16.828,90	\$ -	\$ 16.828,90	\$ 16.828,90	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 100,94	\$ 100,94	\$ -	\$ 100,94	\$ 100,94	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 40,79	\$ 40,79	\$ -	\$ 40,79	\$ 40,79	\$ -
\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 583,08	\$ 583,08	\$ 448,56	\$ 583,08	\$ 583,08	\$ 448,56
\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92
\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ 16.036,17	\$ 16.036,17	\$ -516,48	\$ 16.036,17	\$ 16.036,17	\$ -516,48
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.405,43	\$ 2.405,43	\$ -	\$ 2.405,43	\$ 2.405,43	\$ -
\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ 13.630,75	\$ 13.630,75	\$ -516,48	\$ 13.630,75	\$ 13.630,75	\$ -516,48
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3.407,69	\$ 3.407,69	\$ -	\$ 3.407,69	\$ 3.407,69	\$ -
\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92
\$ -712,71											
\$ -1.161,27	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ 13.698,67	\$ 13.698,67	\$ -448,56	\$ 13.698,67	\$ 13.698,67	\$ -448,56
\$ 135.218,62	\$ 134.770,06	\$ 134.321,50	\$ 133.872,95	\$ 133.424,39	\$ 132.975,84	\$ 146.674,50	\$ 160.373,17	\$ 159.924,61	\$ 173.623,28	\$ 187.321,95	\$ 186.873,39

## Proyección al quinto año

2024											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
						7320	7320		7320	7320	
\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30	\$ 2,30
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 16.828,90	\$ 16.828,90	\$ -	\$ 16.828,90	\$ 16.828,90	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 100,94	\$ 100,94	\$ -	\$ 100,94	\$ 100,94	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 40,79	\$ 40,79	\$ -	\$ 40,79	\$ 40,79	\$ -
\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 448,56	\$ 583,08	\$ 583,08	\$ 448,56	\$ 583,08	\$ 583,08	\$ 448,56
\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92
\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ 16.036,17	\$ 16.036,17	\$ -516,48	\$ 16.036,17	\$ 16.036,17	\$ -516,48
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.405,43	\$ 2.405,43	\$ -	\$ 2.405,43	\$ 2.405,43	\$ -
\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ -516,48	\$ 13.630,75	\$ 13.630,75	\$ -516,48	\$ 13.630,75	\$ 13.630,75	\$ -516,48
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3.407,69	\$ 3.407,69	\$ -	\$ 3.407,69	\$ 3.407,69	\$ -
\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92	\$ 67,92
\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ -448,56	\$ 13.698,67	\$ 13.698,67	\$ -448,56	\$ 13.698,67	\$ 13.698,67	\$ -448,56
\$ 186.424,83	\$ 185.976,28	\$ 185.527,72	\$ 185.079,17	\$ 184.630,61	\$ 184.182,06	\$ 197.880,72	\$ 211.579,39	\$ 211.130,83	\$ 224.829,50	\$ 238.528,17	\$ 238.079,61