

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

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

“Diseño de una línea de proceso de tortillas a partir de residuos
de plátano verde crudo”.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del título de:

Ingeniera de Alimentos

Presentado por:

Andrea Lorena González Parrales

Silvia Alejandra Loayza Baldeón

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

A mis padres Lorena y Milton, quienes en todo momento han estado junto a mí, brindándome sus consejos, amor, y apoyándome en cada obstáculo que se ha presentado en mi camino; sin ellos esta meta jamás hubiese sido posible de cumplir.

A mi hermano Álvaro por aconsejarme y alentarme en todo momento. A mi enamorado Roy, por su apoyo y amor incondicional.

Andrea Lorena González Parrales

A mis padres Julia y Roberto, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida, alentándome y apoyándome, además de ser mi ejemplo a seguir.

A mi abuelita Maruja, aunque no esté físicamente conmigo, siempre estuvo esperando este momento y sé que desde el cielo celebra este logro junto a mí.

Silvia Alejandra Loayza Baldeón

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primeramente a Dios por permitirnos culminar nuestra formación universitaria.

Así mismo agradecemos a nuestros padres por el apoyo incondicional brindado en esta hermosa etapa.

También nuestro más sincero agradecimiento al MSc Danny Tagle por su tiempo, consejos, constante guía y apoyo durante este proyecto.

Por último, a nuestros enamorados: Luis Cali, Roy Rojas; y amigos: Michelle Espinoza, Eduardo Galán, Andrés Rojas quienes han estado incondicionalmente prestos a ayudarnos, aconsejarnos y orientarnos en nuestra vida universitaria.

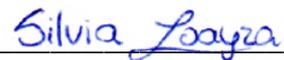
Andrea y Silvia

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme el reglamento de la propiedad intelectual de la institución; *Andrea Lorena González Parrales* y *Silvia Alejandra Loayza Baldeón* damos nuestro consentimiento para que la ESPOI 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”.



Andrea Lorena González Parrales



Silvia Alejandra Loayza Baldeón

EVALUADORES



M.Sc. Ing. Haydeé Torres Camba

PROFESOR DE LA MATERIA



MSc. Danny Tagle Freire

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

En Ecuador se cultivan anualmente alrededor de seis millones de toneladas de plátano, parte de esta materia prima es utilizada en la industria local, en la cual se le da un valor agregado. En este tipo de industria, existen procesos de acondicionamiento, los cuales generan una gran cantidad de residuos sólidos. En este proyecto se propuso el diseño de una línea de proceso de tortillas para tacos a base de plátano verde con el objetivo de aprovechar los residuos de una línea de patacones pre-fritos congelados. Se obtuvo una formulación tentativa compuesta por 90% de plátano verde y 10% de otros ingredientes para la elaboración de las tortillas para tacos. Se diseñó la línea de proceso cuya área requerida fue de 133.42 m². La carga calorífica total para almacenar el producto en un refrigerador comercial fue de 0.43 kw. La producción semanal se estimó en 204 kg con un precio de venta al público de \$0.63 por cada funda de 20 tortillas con un peso neto de 500 g. El punto de equilibrio calculado fue de 14189 unidades.

Palabras claves: residuos de plátano verde crudo, tortillas, diseño de procesos, costos, producción.

ABSTRACT

In Ecuador around six million tons of bananas are grown annually, part of this raw material is used in the local industry giving it added value. In this industry, there are conditioning processes, which generate a large amount of solid waste. In this project, the design of a process line for taco tortillas based on green plantains was proposed with the aim of taking advantage of the waste from the line of frozen pre-fried patacones. It was obtained a tentative formulation composed of 90% of green banana and 10% of other ingredients for the preparation of the tortillas for tacos. The process line was designed with an area of 133.42 m². The total heat load to store the product in a commercial refrigerator was 0.43 kw. Weekly production was estimated at 204 kg and the retail price was established at \$ 0.63 for each package of 20 tortillas with a net weight of 500 g. The equilibrium point was calculated on 14189 units.

Keywords: *raw green banana waste, tortillas, process design, costs, production.*

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| RESUMEN | I |
| ABSTRACT..... | II |
| ÍNDICE GENERAL..... | III |
| ABREVIATURAS | VI |
| SIMBOLOGÍA..... | VII |
| ÍNDICE DE FIGURAS | VIII |
| ÍNDICE DE TABLAS | IX |
| CAPÍTULO 1 | I |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | I |
| 1.1. Descripción del problema | I |
| 1.2. Justificación..... | I |
| 1.3. Objetivos | 2 |
| 1.3.1. Objetivo general..... | 2 |
| 1.3.2. Objetivos específicos | 2 |
| 1.4. Marco teórico | 3 |
| 1.4.1. Plátano verde..... | 3 |
| 1.4.2. Composición de pulpa del plátano verde | 3 |
| 1.4.3. Producción de plátano verde en el Ecuador..... | 5 |
| 1.4.4. Industrialización del plátano verde | 5 |
| 1.4.5. Almidón..... | 5 |
| 1.4.6. Enfermedad Celíaca | 6 |
| 1.4.7. Alimentos sin gluten..... | 7 |
| 1.4.8. Tortilla..... | 8 |
| 1.4.9. Tortillas en el Ecuador | 8 |

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO 2..... | 9 |
| 2. Metodología..... | 9 |
| 2.1. Formulación del producto..... | 9 |
| 2.2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de tortillas de tacos..... | 9 |
| 2.3. Diseño de planta..... | 10 |
| 2.3.1. Diagrama de recorrido..... | 10 |
| 2.3.2. Relación entre actividades..... | 10 |
| 2.3.3. Determinación de los espacios..... | 12 |
| 2.3.4. Distribución de planta..... | 13 |
| 2.3.5. Cálculo de la carga total de refrigeración de la cámara..... | 13 |
| 2.4. Costos..... | 14 |
| CAPÍTULO 3..... | 15 |
| 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS..... | 15 |
| 3.1. Formulación del producto..... | 15 |
| 3.1.1. Plátano verde Crudo..... | 15 |
| 3.1.2. Sal..... | 15 |
| 3.1.3. Achiote..... | 16 |
| 3.1.4. Goma Xantana..... | 16 |
| 3.1.5. Propionato de Calcio..... | 16 |
| 3.2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de tortillas de tacos..... | 16 |
| 3.2.1. Conservación de los residuos de plátano verde crudo..... | 18 |
| 3.2.1.1. Recepción de residuos de plátano verde crudo..... | 18 |
| 3.2.1.2. Clasificación y cortado..... | 18 |
| 3.2.1.3. Inmersión y escurrido..... | 18 |
| 3.2.1.4. Envasado y almacenamiento..... | 18 |
| 3.2.2. Elaboración del producto..... | 19 |
| 3.2.2.1. Cocinado y Escurrido..... | 19 |

| | | |
|------------------|---|----|
| 3.2.2.2. | Trituración | 19 |
| 3.2.2.3. | Amasado | 19 |
| 3.2.2.4. | Pesado | 19 |
| 3.2.2.5. | División y Boleo | 19 |
| 3.2.2.6. | Prensado | 20 |
| 3.2.2.7. | Pre-freído | 20 |
| 3.2.2.8. | Escurrido | 20 |
| 3.2.2.9. | Enfriamiento | 20 |
| 3.2.2.10. | Envasado | 20 |
| 3.2.2.11. | Detector de metales | 21 |
| 3.2.2.12. | Almacenamiento | 21 |
| 3.3. | Diseño de plantas | 21 |
| 3.3.1. | Diagrama de recorrido | 21 |
| 3.3.2. | Relación entre actividades | 23 |
| 3.3.3. | Determinación de los espacios | 25 |
| 3.3.4. | Distribución de planta | 26 |
| 3.3.5. | Cálculo de la carga total de refrigeración de la cámara | 28 |
| 3.4. | Costos | 29 |
| 3.4.1. | Inversión de equipos | 30 |
| 3.4.2. | Punto de equilibrio | 30 |
| CAPÍTULO 4 | | 30 |
| 4. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 30 |
| 4.1. | Conclusiones | 30 |
| 4.2. | Recomendaciones | 30 |
| BIBLIOGRAFÍA | | |
| APÉNDICES | | |

ABREVIATURAS

| | |
|---------|---|
| ESPOL | Escuela Superior Politécnica del Litoral |
| FDA | Food and Drug Administration |
| SLP | Systematic Layout Planning |
| ASME | American Society of Mechanical Engineers |
| T.R.A | Tabla Relacional de Actividades |
| Ss | Superficie estática |
| Sg | Superficie de gravitación |
| Se | Superficie de evolución |
| CORELAP | Computerized Relationship Layout Planning |
| CF | Costos fijos |
| CV | Costos variables |
| QE | Unidades a vender |
| P.V.P | Precio de venta al público |

SIMBOLOGÍA

| | |
|----------------|--|
| kg | kilogramos |
| g | gramos |
| kcal | kilocaloría |
| mg | miligramo |
| ppm | partes por millón |
| cp | calor específico |
| r | calor de respiración |
| U | coeficiente global de transferencia de calor |
| cm | centímetros |
| °C | grados Celsius |
| min | minutos |
| mm | milímetros |
| m ² | metros cuadrados |
| h | horas |
| kw | kilovatio |
| m ³ | metros cúbicos |
| ton | tonelada |
| btu | British thermal unit |
| kJ | kilojoule |
| Q | calor |
| S | superficie |
| w | vatio |
| P | potencia |
| t | tiempo |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1 Comparación de las vellosidades del intestino delgado de una persona que padece enfermedad celíaca con una persona sin intolerancia al gluten | 7 |
| Figura 3.1 Diagrama de flujo para la elaboración de tortillas de verde | 17 |
| Figura 3.2 Diagrama de recorrido para la elaboración de tortillas de verde | 22 |
| Figura 3.3 Diagrama de relación entre las actividades del proceso | 24 |
| Figura 3.4 Diagrama de equipos para la elaboración de tortillas de verde | 26 |
| Figura 3.5 Layout codificado generado por el software CORELAP | 26 |
| Figura 3.6 Layout establecido por el software CORELAP | 27 |
| Figura 3.7 Layout propuesto..... | 27 |
| Figura 3.8 Refrigerador Vertical VER-R-2PA..... | 28 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1.1 Composición nutricional de la pulpa del plátano verde | 4 |
| Tabla 2.1 Simbología del diagrama de recorrido | 10 |
| Tabla 2.2 Escala de proximidad | 11 |
| Tabla 2.3 Motivo de proximidad | 11 |
| Tabla 2.4 Porcentaje permitido por proximidad | 12 |
| Tabla 3.1 Formulación tortillas para tacos | 15 |
| Tabla 3.2 Etapas del proceso | 23 |
| Tabla 3.3 Total de relaciones permitidas | 24 |
| Tabla 3.4 Áreas de las etapas del proceso..... | 25 |
| Tabla 3.5 Costos del producto por funda..... | 29 |
| Tabla 3.6 Tabla de estimación de punto de equilibrio..... | 30 |

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del problema

La compañía Life Food Products se dedica a la elaboración y exportación de productos a base de materias primas locales como lo son el plátano verde, plátano maduro y yuca. Una de sus principales líneas de producto es la de patacones pre-frito congelado. En esta línea se generan aproximadamente 216 kg de desperdicios de plátano verde crudo a la semana. Estos desperdicios corresponden a puntas y trozos de plátano verde que no alcanzaron las especificaciones de tamaño y pedazos que presentan pardeamiento. Este residuo genera un impacto negativo para el medio ambiente sino se lo aprovecha de forma adecuada.

1.2. Justificación

En Ecuador se cultivan anualmente alrededor de seis millones de toneladas de plátano, siendo uno de los cultivos más comercializados después del trigo, arroz y maíz (Paz, 2013). El 59% de los cultivos de plátano es exportado a la Unión Europea, el 29% a Estados Unidos, el 10% consumo local y el restante a otros países (Espinosa, 2018).

Parte del plátano verde destinado a consumo local, es utilizado por industrias que lo procesan para darle un mayor valor agregado. En este tipo de procesos se genera una gran cantidad de residuos (Haro, Borja & Triviño, 2017). En las etapas de acondicionamiento de materia prima, tales como pelado y corte, se genera el 80% de residuos sólidos orgánicos de la producción total (Cusado & Reatiga, 2013). Entre estos residuos se encuentran las extremidades denominadas puntas y trozos de plátano crudo, al igual que la cáscara y raquis (Osorio, 2017); estos desperdicios son incinerados o acumulados para ser desechados sin un tratamiento previo, contribuyendo a la contaminación ambiental (Mazzeo, León, Mejía, Guerrero & Botero, 2010).

El plátano verde forma parte fundamental en la alimentación de las familias de la costa ecuatoriana, debido a su bajo costo y elevado contenido de carbohidratos (Sepúlveda, Ureta, Hernández, & Solorzano, 2017). Además, posee fibra dietética que puede variar entre 6 a 15.5%, la cual puede ser beneficiosa para el organismo del consumidor, debido a que ayuda a disminuir el tiempo de tránsito intestinal, reducir glucosa en la sangre y niveles de colesterol (Soto,2010).

La mayoría de las tortillas en el mercado ecuatoriano son elaboradas a base de trigo, las cuales contienen gluten en su composición. Actualmente existen en el país pocas alternativas de tortillas para tacos dirigidas a personas que tienen un régimen alimenticio libre de gluten, como lo son las tortillas de maíz (Caviedes, 2017).

El objetivo del presente proyecto es proponer el diseño de una línea de producción de tortillas para tacos, a base de plátano verde, para aprovechar los residuos de una línea de patacones pre-frito congelados, generando mayores ingresos y empleos en la empresa y reduciendo además su impacto ambiental.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar una línea de proceso de tortillas a base de plátano verde considerando la formulación de producto, parámetros de producción y costos, para el aprovechamiento de residuos de plátano verde crudo provenientes de una línea de producción ya establecida.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Definir una formulación de tortillas de plátano verde considerando las características finales de este tipo de producto.
2. Proponer un layout de la línea de proceso de tortillas de plátano verde considerando el nivel de producción, capacidad de equipos y personal requerido.

3. Estimar costos de operación e inversión para la implementación de una línea de producción de tortillas de plátano verde.

1.4. Marco teórico

1.4.1. Plátano verde

El plátano verde o macho proviene de una planta herbácea tipo perenne, perteneciente a la familia *Musáceas* del género *Musa*; su nombre científico es *Musa paradisiaca*. Esta planta puede contener de 5-20 manos, cada una con 2-20 frutos, los cuales tienen una forma oblonga, ligeramente curva, su pulpa es firme, color blanca marfil y con un sabor astringente (Falla & Ramón, 2018).

Este cultivo proviene del Sureste asiático, sin embargo, debido a su alta demanda, su cultivo se expandió a países de América Central y América del Sur. Países como Ecuador, Brasil, Costa Rica, Panamá, Guatemala, México y Colombia son los mayores productores de este cultivo, suministran el 73,6% del comercio mundial (Vallejo, 2012). En el año 2014 existió un incremento de la demanda de plátano de verde, por lo cual la producción a nivel mundial aumentó en 1,93% lo que corresponde a 37.877,805 toneladas más en comparación al año 2012 (SINAGAP, 2014).

1.4.2. Composición de pulpa del plátano verde

La pulpa representa el 60% del plátano verde, siendo ésta la mayor parte aprovechada por las industrias alimenticias, debido a su composición nutricional (Colmenares, 2009).

Estudios, como el que realizó Odar en el 2014, señalan que la pulpa de plátano verde posee macronutrientes; hidratos de carbono; los cuales aportan un alto contenido energético, lípido y proteína; también brinda un aporte significativo de micronutrientes; vitamina A, C y E, y minerales como el magnesio, potasio y fósforo; además contiene almidón resistente y fibra

dietética, la cual estimula la flora intestinal y ayuda a la digestión (Colmenares, 2009). Cada uno de estos nutrientes son fundamentales en la ingesta diaria de una persona. En la tabla 1.1 se detalla la composición de la pulpa de plátano verde.

Tabla 1.1 Composición nutricional de la pulpa del plátano verde [Odar, 2014]

| Composición nutricional de 100 g de plátano (crudo) | |
|--|------------|
| Valor energético | 92.00 kcal |
| Componentes | |
| Agua | 74.20 g |
| Grasa | 0.48 g |
| Proteína | 1.03 g |
| Hidratos de Carbono | 23.43 g |
| Fibra | 2.40 g |
| Vitaminas | |
| Vitamina C | 9.10 mg |
| Vitamina A | 81.00 mg |
| Vitamina B1 | 0.45 mg |
| Vitamina B2 | 0.10 mg |
| Vitamina E | 0.27 mg |
| Niacina | 0.54 mg |
| Minerales | |
| Potasio | 396.00 mg |
| Fósforo | 20.00 mg |
| Hierro | 0.31 mg |
| Sodio | 1.00 mg |
| Magnesio | 29.00 mg |
| Calcio | 6.00 mg |
| Zinc | 0.16 mg |
| Selenio | 1.10 mg |

1.4.3. Producción de plátano verde en el Ecuador

Ecuador es el mayor exportador de plátano a nivel mundial, lo cual implica un gran aporte económico. En el país existen aproximadamente 141.441 hectáreas de plátano, siendo la provincia de Manabí la que posee la mayor área de producción con 50.376 hectáreas representando el 35.6% del área total (Sepúlveda, Ureta, Hernández, & Solorzano, 2017).

El clima tropical-húmedo del Ecuador favorece la producción de plátano durante todo el año; este fruto es un importante sostén para la socioeconomía del país, genera fuentes de trabajo y promueve el consumo de alimentos vegetales con alta densidad calórica (INIAP, 2020).

1.4.4. Industrialización del plátano verde

Las industrias de alimentos emplean técnicas y procesos para lograr la creación de productos tales como: plátano frito congelado, plátano empacado al vacío, plátano frito, harinas, entre otros (Moreira, 2013).

La harina de plátano verde puede ser utilizada para procesos posteriores, lo que permitiría darle un valor agregado; ésta se obtiene a partir de la pulpa, la cual es sometida a un proceso de deshidratación, en donde su contenido inicial de humedad es de 65%, porcentaje que puede ser reducido a un 13,5 %; esta etapa no causará ningún efecto secundario ni negativo en su composición (Barreto, 2015). El proceso de deshidratación se realiza con la finalidad de aprovechar los residuos de plátano verde (trozos y puntas), o algún fruto que no cumpla con los estándares establecidos (Velásquez, 2012).

1.4.5. Almidón

El almidón es un polímero, procedente de la unión de amilosa (20-30%) y amilopectina (70-80%), el cual se encuentra presente principalmente en raíces, tallos y semillas (Velásquez, 2015).

Dentro de la industria alimentaria el almidón se ha convertido en un factor fundamental para la elaboración de féculas, jarabes, maltodextrina, entre otros. El porcentaje de almidón presente en cereales tales como maíz, trigo y arroz varía entre el 30% al 80% (Gorosquera, 2004). Actualmente existen investigaciones para obtener de diversas formas este componente a partir de varias fuentes, entre ellas la yuca, papa, plátano verde, haba y fréjol (Bello, 2000).

En el estudio presentado por Gorosquera en el 2004, se explica que el plátano verde es considerado una buena fuente de almidón debido a su contenido de alrededor del 70%. El almidón proveniente del plátano verde se considera una buena opción para usos en la panificación y repostería (Bello, 2000).

1.4.6. Enfermedad Celíaca

La enfermedad celíaca es autoinmune, ocurre en personas que son intolerantes al gluten; el gluten provoca que el sistema inmunitario ataque por error las células sanas, deteriorando las microvellosidades del intestino delgado (González, 2017). En la figura 1.1 se puede observar que las personas con enfermedad celíaca tienden a tener microvellosidades inflamadas que afectan la absorción de nutrientes.

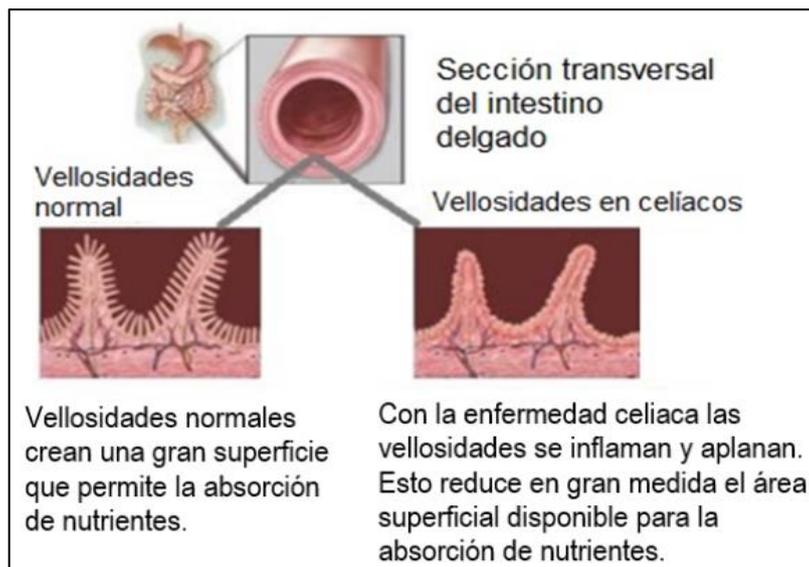


Figura 1.1 Comparación de las vellosidades del intestino delgado de una persona que padece enfermedad celíaca con una persona sin intolerancia al gluten [González, 2017]

Esta enfermedad puede presentarse en adultos y niños, sin embargo, el grupo más susceptible son los familiares en primer orden de personas celíacas (Moscoso & Quera, 2016). El tratamiento para las personas que padecen esta enfermedad es una dieta, de por vida, estrictamente libre de gluten (Parada, 2010). Según encuestas realizadas por Mora en el 2018, el 27.68% de las personas en la ciudad de Guayaquil son intolerantes al gluten y comprenden una edad entre los 11 y 22 años.

1.4.7. Alimentos sin gluten

Según la FDA, para catalogar como libre de gluten a los alimentos procesados y sin procesar, estos deben contener un índice menor a 20 ppm, y no deben provenir de cereales como el trigo, cebada, centeno, especie híbrida o cualquiera de sus derivados (FDA,2013).

Este tipo de alimentos son recomendados para personas que deben seguir un régimen de dieta estricta, libre de gluten. Dentro del contexto se señala que el paciente no necesariamente debe alimentarse exclusivamente con

productos libres de gluten, sino con alimentos que cumplan con el índice ya indicado con anterioridad (< 20 ppm) (Hernández, 2012).

1.4.8. Tortilla

La tortilla es un alimento típico de Mesoamérica, consta de una masa, la cual es elaborada a base de harina; esta masa debe pasar por un proceso de cocción previo a ser ingerida (Ibarra & Montes, 2013).

El sabor y aporte nutricional va a depender del tipo de harina que se utilice en su preparación como, por ejemplo, las tortillas de harina de trigo poseen gran contenido de lípidos, mientras que las tortillas de maíz son bajas en grasa totales y grasas saturadas (Herrera & Gallardo, 2015).

1.4.9. Tortillas en el Ecuador

En el mercado ecuatoriano existen 3 tipos de tortillas para tacos: elaboradas a partir de maíz, harina de trigo y harina de trigo integral. La forma, sabor y color de las tortillas depende del tipo de harina que se utilice; si es de harina de maíz se obtiene una masa dura, gruesa de color café amarillento; si es de harina de trigo son suaves, flexibles y de color blanquecinas (González, 2019).

CAPÍTULO 2

2. Metodología

2.1. Formulación del producto

La formulación de las tortillas de plátano verde para tacos se realizó en base a la norma oficial mexicana NOM-187-SSA1/SCFI-2002, la cual indica que una tortilla es una masa elaborada a partir de varios ingredientes como harina de cereales o leguminosas, condimentos, agua, especias y aditivos para alimentos. En el presente proyecto se consideran los siguientes ingredientes: residuos de plátano verde crudo, sal y agua.

Debido a que el producto va dirigido a personas celiacas, no debería contener gluten; el gluten está compuesto por las proteínas gliadina y glutenina, la última contribuye con la elasticidad de la masa (Villanueva, 2014), por tal razón se procedió a realizar una investigación sobre qué tipo de ingredientes o aditivos se podrían adicionar en la masa para suplir la falta de gluten y las características de elasticidad deseadas.

2.2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de tortillas de tacos

El proyecto realizado por Dharma Silva en el 2016 sirvió de guía para la elaboración del diagrama de flujo del proceso, debido a que éste proporcionó la descripción de las etapas básicas de la elaboración de tortillas para tacos desde la recepción de la materia prima hasta el almacenamiento, incluyendo tiempos y equipos. El diagrama de flujo proporcionado por la bibliografía anteriormente mencionada fue modificado en función de la disponibilidad de equipos de la empresa Life Food Products. Esta consideración podría permitir la reducción de costos de inversión en nuevos equipos.

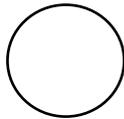
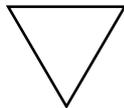
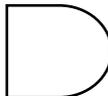
2.3. Diseño de planta

Se empleó el método Systematic Layout Planning (SLP) para el diseño de planta. Éste consistió en definir etapas operacionales y procedimientos, en donde se identificó, valorizó y visualizó cada uno de los elementos, y la relación existente entre ellos en la línea del proceso (Vanaclocha, 2004).

2.3.1. Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido sencillo del proceso se realizó en base al diagrama de flujo previamente establecido; éste consiste en una representación gráfica, del cual se pudo obtener un mejor enfoque de la disposición de instalaciones y actividades realizadas en la línea de proceso (Calderón, 2018). En el diagrama de recorrido sencillo se empleó la simbología de American Society of Mechanical Engineers (ASME), que se muestra en la tabla 2.1

Tabla 2.1 Simbología del diagrama de recorrido [Vanaclocha, 2004]

| Actividad | Símbolo |
|----------------|---|
| Operación |  |
| Almacenamiento |  |
| Transporte |  |
| Inspección |  |
| Espera |  |

2.3.2. Relación entre actividades

Para determinar la relación entre las actividades se elaboró la Tabla Relacional de Actividades (T.R.A); ésta consta de un diagrama de doble

entrada, la cual relaciona la proximidad y el motivo de la proximidad entre las actividades (Baker, 2013). Primero se enlistó las actividades identificadas en el diagrama de recorrido del proceso, luego se estableció una escala de proximidad, otorgándole un código de letras y un color; y por último se definió el motivo de la proximidad entre las actividades y su valoración como se detalla en la tabla 2.2 y 2.3.

Tabla 2.2 Escala de proximidad [Vanaclocha, 2004]

| Código | Proximidad | Color Asociado |
|---------------|--------------------------|-----------------------|
| A | Absolutamente necesaria | Rojo |
| E | Especialmente importante | Amarillo |
| I | Importante | Verde |
| O | Ordinaria | Azul |
| U | Sin importancia | Negro |
| X | No deseable | Marrón |

Tabla 2.3 Motivo de proximidad [Vanaclocha, 2004]

| Motivo | |
|---------------|----------------------------|
| 1 | Proximidad en el proceso |
| 2 | Higiene |
| 3 | Control |
| 4 | Polvos |
| 5 | Calidad del producto |
| 6 | Seguridad del producto |
| 7 | Utilización material común |
| 8 | Accesibilidad |

Con la tabla completa se procedió a comprobar que los números de relaciones asignados se encuentren dentro de los rangos permitidos; se calculó con la ecuación 2.1 el número total de relaciones permitidas, siendo “n” el número total de actividades, y se asignó un porcentaje dentro del rango estipulado en la tabla 2.4 para estimar el número de relaciones permitidas por proximidad.

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \quad (2.1)$$

Tabla 2.4 Porcentaje permitido por proximidad [Vanaclocha, 2004]

| Código | % Clasificación | Relaciones totales 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 |

2.3.3. Determinación de los espacios

El espacio total requerido para la línea de producción se determinó mediante el método del cálculo, debido a que es el más preciso (Vanaclocha, 2004).

Primero se calculó la superficie estática (S_s) de cada equipo, luego el espacio ocupado alrededor de los puestos de trabajo por el operador que corresponde a la superficie de gravitación (S_g), mediante la ecuación 2.2, siendo N el número de lados disponibles para manipular el equipo.

$$S_g = S_s \times N \quad (2.2)$$

Finalmente se determinó la superficie de evolución (S_e), la cual es el espacio que permite el desplazamiento libre del operario y personal de mantenimiento, mediante la ecuación 2.3, donde K es un coeficiente de holgura con un valor entre 0.05-0.15.

$$S_e = (S_s + S_g) \times K \quad (2.3)$$

2.3.4. Distribución de planta

La elaboración del layout de la línea de proceso fue realizada mediante el software Computerized Relationship Layout Planning (CORELAP). En este algoritmo se ingresó el nombre de los departamentos, el área total correspondiente a cada departamento y la superficie disponible.

Luego se registró los datos cualitativos (A, E, I, O, U, X) obtenidos de la tabla de relación de actividades, de esta manera se pudo obtener la distribución de la planta, donde se observó cada uno de los departamentos con un orden de prioridad (Galindo, 2008).

2.3.5. Cálculo de la carga total de refrigeración de la cámara

El cálculo de la carga total de refrigeración de la cámara se realizó mediante la suma del calor requerido por el producto y el calor de otras fuentes. Las ecuaciones empleadas se pueden apreciar en el apéndice C.

Para hallar el calor total del producto, se consideró el calor sensible, calor de reacciones químicas, el calor de materiales de embalaje (empaquete, cartón y pallet).

Para llevar a cabo el cálculo de calor sensible se asumió el calor específico del producto (C_p) como el c_p del plátano verde, de igual manera para obtener el calor de reacciones químicas del producto se empleó el calor de respiración (r) del plátano verde; para el calor de los materiales de embalaje (empaquete, cartón y pallet) se empleó el calor específico correspondiente, los cuales se pueden observar en los Apéndices E, F, G; cabe recalcar que los valores de masa, diferencial de temperaturas y tiempo del producto se realizaron con base al producto final y se detallan en el Apéndice C.

Mientras que el calor generado por otras fuentes está constituido por el calor de las paredes, piso, techo, luminarias, personas, ventilador y renovación de aire.

El calor de las paredes y piso fueron calculados con base a las dimensiones estimadas de la cámara y el coeficiente global de transferencia de calor (U), éste último se extrajo de la referencia mencionada en el apéndice H.

La carga calorífica de las personas se calculó por medio del calor aportado por persona (Apéndice I), estimando un número de personas que ingresan a la cámara y tiempo.

Para el calor generado por el ventilador, los datos de potencia y tiempo fueron tomados de un estudio realizado por Arteaga en el 2016; el cálculo de la renovación de aire se realizó con base al volumen estimado de la cámara, calor del aire (Apéndice K) y el número de renovación del aire (Apéndice J).

2.4. Costos

Para la estimación de los costos de operación e inversión en la producción de las tortillas a base de plátano verde, se consideraron costos de materia prima, inversión de equipos, empaque, mano de obra, insumos y servicios básicos (agua y electricidad). Estos costos permitieron calcular el precio de venta al público y el punto de equilibrio del proyecto, este último se obtuvo a partir de las unidades de producción empleando la ecuación 2.4.

$$QE = \frac{\text{Costos fijos}}{P.VP - \text{Costos variables}} \quad (2.4)$$

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1. Formulación del producto

La fórmula definida para las tortillas de verde se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Formulación tortillas para tacos [González & Loayza, 2020]

| Materia Prima | Porcentaje (%) |
|----------------------|-----------------------|
| Plátano verde | 90.00% |
| Sal | 1.17% |
| Achiote | 8.00% |
| Goma Xantana | 0.50% |
| Propionato de Calcio | 0.33% |

3.1.1. Plátano verde Crudo

El plátano verde crudo es el componente que se requiere en mayor proporción en la fórmula de tortillas (tabla 3.1). El uso de esta materia prima ayuda a consumir y dar valor agregado a los desperdicios de una línea de producción de patacones pre-fritos congelados. Estudios como los que realizaron Granados, Acevedo, Cabeza y Lozano en el 2014 indican que el plátano verde crudo tiene 55.48% de humedad y absorbe un 9.61% más en el proceso de cocción, esto se consideró al momento de realizar la formulación del producto, ya que en la formulación de una tortilla para tacos realizada por Silva en el 2016 indica una relación importante entre la harina y la cantidad de agua en la fórmula.

3.1.2. Sal

La sal permite mejorar la coloración, finura, textura, apariencia y plasticidad de la masa, además de aportarle sabor (Botella, Alfaro & Hernández, 2015).

3.1.3. Achiote

El achiote líquido se utiliza como colorante, le brindará a la masa un color homogéneo, ideal para enmascarar el pardeamiento de ciertos trozos de plátano verde (Molina, 2017).

3.1.4. Goma Xantana

Goma xantana se emplea para suplir la falta de gluten, otorgándole características de elasticidad, estabilidad a la masa y resistencia a la extensión; es soluble en agua fría o caliente, la cantidad recomendada es entre 0.1% y 0.5% (Vera, 2011).

3.1.5. Propionato de Calcio

El propionato de calcio se utiliza como conservante, es empleado con frecuencia en productos de panificación, por su acción antimicrobiana, alargando la vida útil del producto (Bermúdez, 2017). La dosis recomendada es de 0.33% según especificaciones del proveedor (Levapan S.A).

3.2. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de tortillas de tacos

El diagrama de flujo del proceso está dividido en dos secciones como se muestra en la Figura 3.1. La primera sección, con bloques rojos, señala la conservación de los residuos de plátano verde crudo obtenidos como desecho de la línea de patacones pre-fritos congelados, este proceso se debe realizar inmediatamente una vez que el residuo salga de la línea. La segunda sección, con bloques negros, señala el proceso para elaborar las tortillas, el cual se ejecutará una vez por semana, debido al volumen de materia prima disponible en la semana para este proceso.

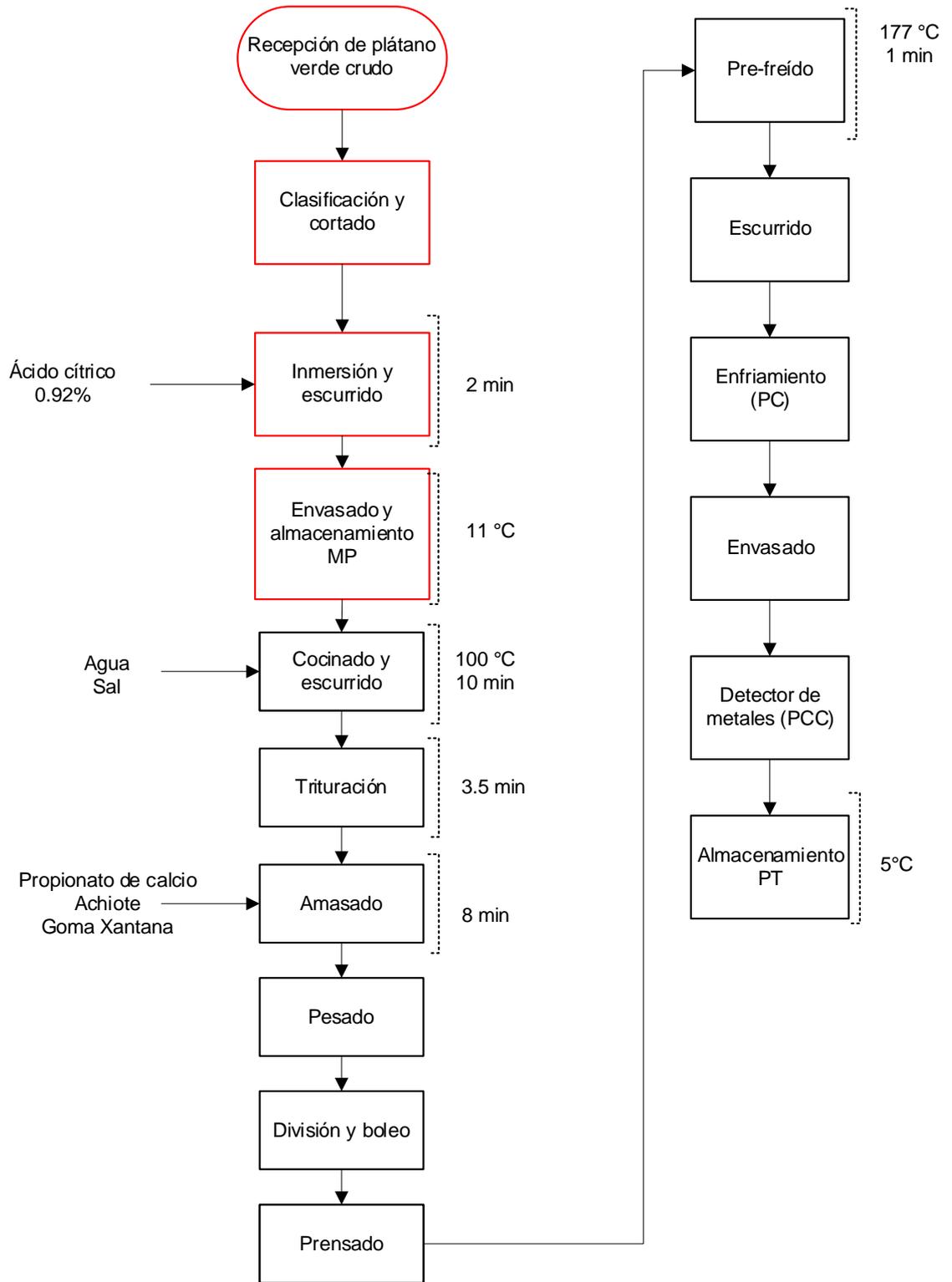


Figura 3.1 Diagrama de flujo para la elaboración de tortillas de verde [González & Loayza, 2020]

3.2.1. Conservación de los residuos de plátano verde crudo

3.2.1.1. Recepción de residuos de plátano verde crudo

Los residuos de plátano verde crudo (trozos y puntas) generados en la línea de patacones pre-fritos congelados, se recolectan en gavetas plásticas.

3.2.1.2. Clasificación y cortado

Los residuos serían clasificados, si existen residuos de plátano verde de mayor tamaño a 2 cm, estos serán cortados a la medida previamente indicada.

3.2.1.3. Inmersión y escurrido

Las puntas y trozos del plátano verde pueden sufrir pardeamiento enzimático, para evitar esta reacción se sugiere usar ácido cítrico (0.92% w/v), como tratamiento de conservación (Dussán, Gaona, & Hleap, 2017). El escurrido es importante para eliminar el exceso de agua con ácido cítrico (Trujillo, 2016).

3.2.1.4. Envasado y almacenamiento

El producto sería envasado en bolsas de polietileno de baja densidad y almacenado a una temperatura de refrigeración de 11 ± 2 °C y humedad relativa de 92 ± 2 %, la vida útil del producto en estas condiciones de almacenamiento se prolongaría hasta por 21 días (Dussán, Gaona, & Hleap, 2017).

3.2.2. Elaboración del producto

3.2.2.1. Cocinado y Ecurrido

En esta etapa del proceso, los trozos y puntas de plátano verde crudo se cocinan con agua a una temperatura de 100 °C, durante 10 min (Calle, 2010). En el escurrido se elimina el exceso de agua generado durante la cocción.

3.2.2.2. Trituración

Se utilizaría un molino para carnes de alimentación manual con un sistema barrena que posee la empresa, éste ayudará a formar la masa madre del producto con la trituración del verde previamente cocido.

3.2.2.3. Amasado

Se sugiere el uso de una amasadora para que los ingredientes se incorporen de una manera más rápida. En esta etapa se añaden todos los ingredientes (achiote, propionato de calcio, goma xantana) a temperatura ambiente, y se mezclan durante 8 min aproximadamente (Obregón, 2005).

3.2.2.4. Pesado

En esta etapa se debe pesar en una balanza electrónica 1300 g de masa, la cual será posteriormente dividida y boleada (Silva, 2016).

3.2.2.5. División y Boleo

Por medio de una máquina divisora y boleadora, la masa de 1300 g será dividida en 52 porciones de 25 g cada una, así mismo cada masa será moldeada hasta obtener una forma circular (Silva, 2016).

3.2.2.6. Prensado

El prensado otorga la forma final característica de este tipo de producto. La porción de masa boleada obtenida en la etapa anterior se aplana por medio de una prensa manual.

3.2.2.7. Pre-freído

Las tortillas deben pasar por un proceso de pre-freído a 177°C por un minuto en aceite de palma.

3.2.2.8. Escurrido

Ayuda a eliminar el exceso de aceite de la etapa de pre-freído.

3.2.2.9. Enfriamiento

El producto se enfría a 25°C por 15 min aproximadamente (Silva, 2016). Esta etapa es crucial para evitar la condensación de agua del producto en el empaque.

3.2.2.10. Envasado

Las tortillas deben ser empacadas en bolsas de polietileno de baja densidad (PEBD), las cuales poseen una buena resistencia térmica y química (capacidad del material para resistir los efectos de las sustancias químicas) (Barrios, 2017). El polietileno de baja densidad además es considerado como una alta barrera frente al oxígeno y agua (Flores, 2002).

3.2.2.11. Detector de metales

El producto envasado y sellado deberá pasar por un detector de metales por medio de una banda transportadora, teniendo como límite crítico de detección 0.5 mm de fragmentos de metales en el alimento (Organización Panamericana de la Salud, 2020).

3.2.2.12. Almacenamiento

El producto terminado debe ser almacenado a una temperatura de refrigeración (5°C) para preservar la calidad e inocuidad de éste (Silva,2016).

3.3. Diseño de plantas

3.3.1. Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido sencillo se puede visualizar en la Figura 3.2; éste se realizó en función del diagrama de flujo mostrado en la Figura 3.1.

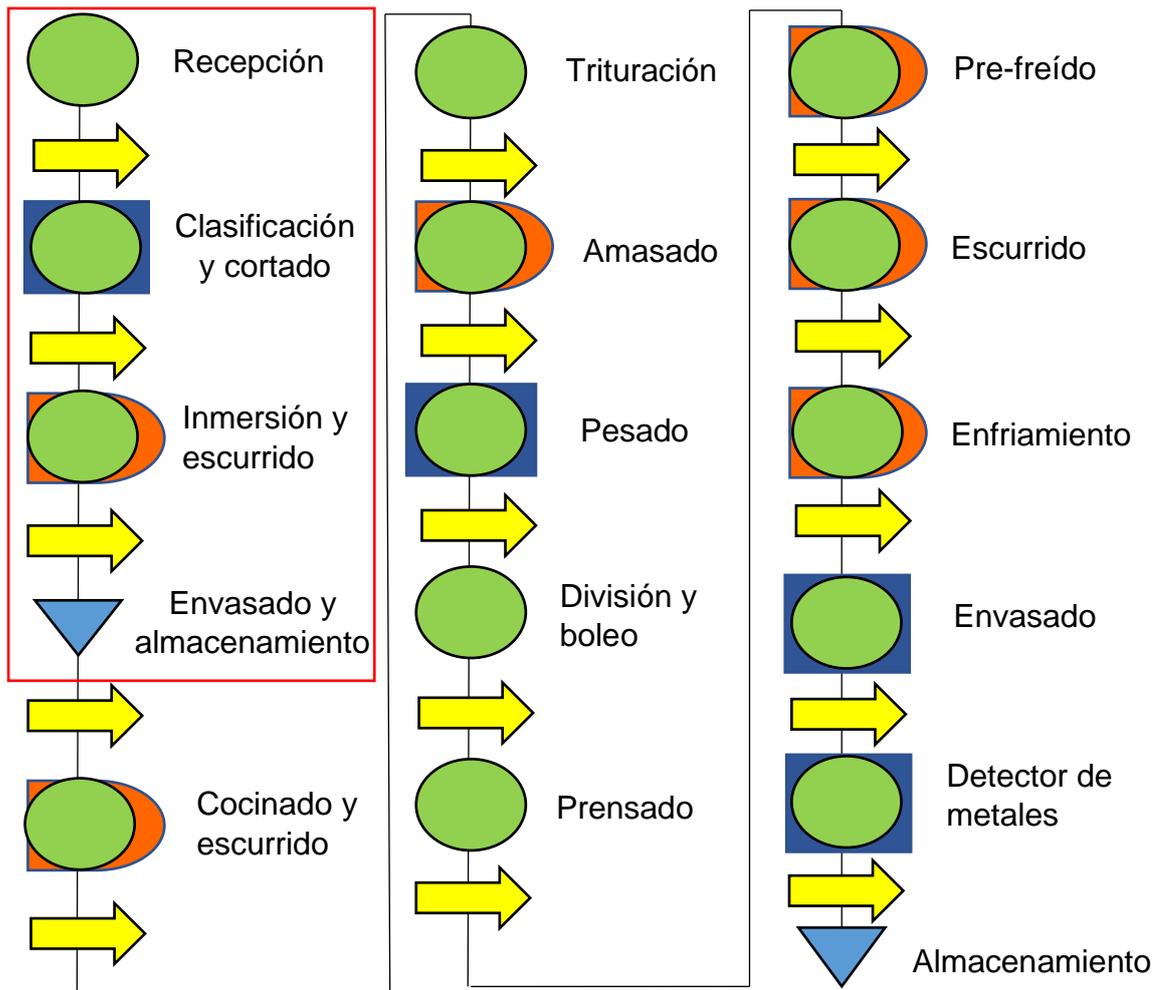


Figura 3.2 Diagrama de recorrido para la elaboración de tortillas de verde [González & Loayza, 2020]

En este diagrama se definieron las etapas de clasificación y cortado, pesado, envasado y detector de metales como operaciones de inspección; mientras que las etapas de inmersión y escurrido, cocinado y escurrido, amasado, pre-freído, escurrido y enfriamiento como operaciones de espera. Las operaciones de inspección tienen como finalidad verificar los parámetros de calidad del producto, mientras que, las operaciones de espera indican la demora del flujo del proceso en una etapa.

3.3.2. Relación entre actividades

Las actividades fueron agrupadas por etapas con base al área que ocupan durante el proceso; en total se obtuvieron 12 etapas como se muestran en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Etapas del proceso [González & Loayza, 2020]

| Actividades | Etapas |
|---------------------------|---------------------------------|
| Recepción | Almacenamiento de materia prima |
| Clasificación y cortado | |
| Inmersión y escurrido | |
| Envasado y almacenamiento | |
| Cocinado y escurrido | Cocinado y escurrido |
| Trituración | Trituración |
| Amasado | Amasado |
| Pesado | Pesado |
| División y boleo | División y boleo |
| Prensado | Prensado |
| Pre-freído | Pre-freído y escurrido |
| Escurreido | |
| Enfriamiento | Enfriamiento |
| Envasado | Envasado |
| Detector de metales | Detector de metales |
| Almacenamiento | Almacenamiento |

Las relaciones entre las etapas se encuentran en la Figura 3.3; éstas se asignaron en base a un criterio de valoración ya mencionado.

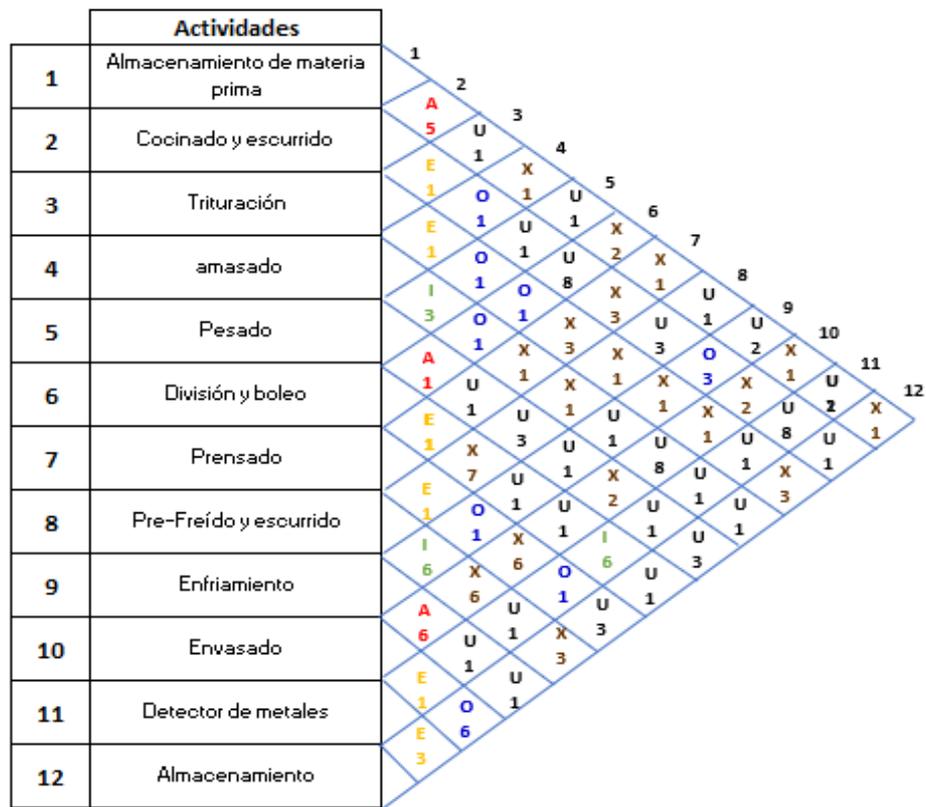


Figura 3.3 Diagrama de relación entre las actividades del proceso [González & Loayza, 2020]

Tabla 3.3 Total de relaciones permitidas [González & Loayza, 2020]

| Código | Mínimo | Máximo | Total |
|--------|-----------|-----------|-------|
| A | 1 | 3 | 3 |
| E | 1 | 6 | 6 |
| I | 3 | 9 | 3 |
| O | 6 | 16 | 8 |
| U | Restantes | Restantes | 27 |
| X | Restantes | Restantes | 19 |

En la Tabla 3.3 se muestran las cantidades máximas y mínimas de códigos que se pueden asignar en el diagrama de relación entre las actividades; estos cálculos corroboran que las relaciones estén realizadas de manera correcta.

3.3.3. Determinación de los espacios

Las áreas obtenidas para cada etapa del proceso se encuentran reflejadas en la Tabla 3.4; éstas se calcularon a partir de las dimensiones de cada equipo y de la superficie estática (Ss), superficie de gravitación (Sg) y superficie de evolución (Se) (Ver Anexo A y B). Los equipos empleados para este proceso se muestran en la Figura 3.4.

Tabla 3.4 Áreas de las etapas del proceso [González & Loayza, 2020]

| Etapas | Área (m²) |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Almacenamiento de materia prima | 31.05 |
| Cocinado y escurrido | 2.42 |
| Trituración | 4.20 |
| Amasado | 5.59 |
| Pesado | 4.83 |
| División y Boleo | 1.93 |
| Prensado | 4.83 |
| Pre-freído y escurrido | 49.16 |
| Enfriamiento | 15.11 |
| Envasado | 4.83 |
| Detector de metales | 4.83 |
| Almacenamiento | 6.96 |
| Área total | 133.42 |

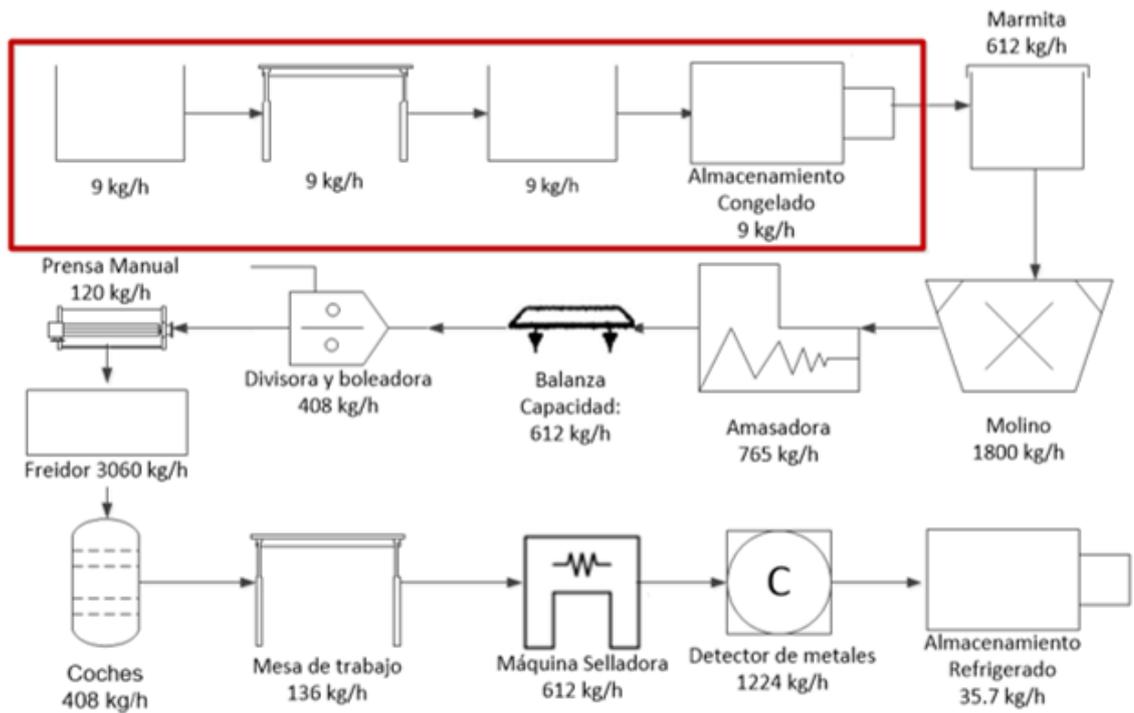


Figura 3.4 Diagrama de equipos para la elaboración de tortillas de verde [González & Loayza, 2020]

3.3.4. Distribución de planta

En el software CORELAP, se ingresó el área total de cada actividad y la relación existente entre cada una de las etapas del proceso, para obtener el layout observado en las figuras 3.5 y 3.6.

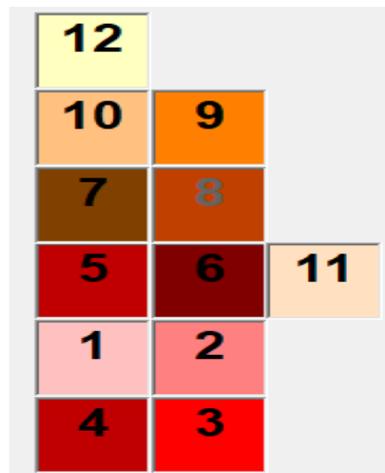


Figura 3.5 Layout codificado generado por el software CORELAP [González & Loayza, 2020]

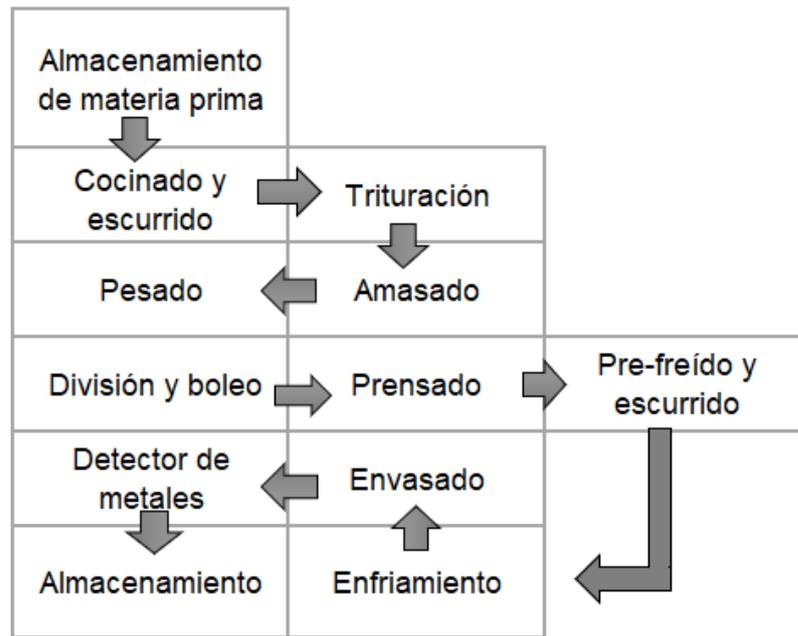


Figura 3.6 Layout establecido por el software CORELAP [González & Loayza, 2020]

Sin embargo, debido a características sanitarias, la etapa del envasado no debe permanecer junto a etapas iniciales del proceso como prensado y pre-freído; por esta razón se propone el layout mostrado en la figura 3.7, considerando la cercanía en las etapas del proceso y características sanitarias.

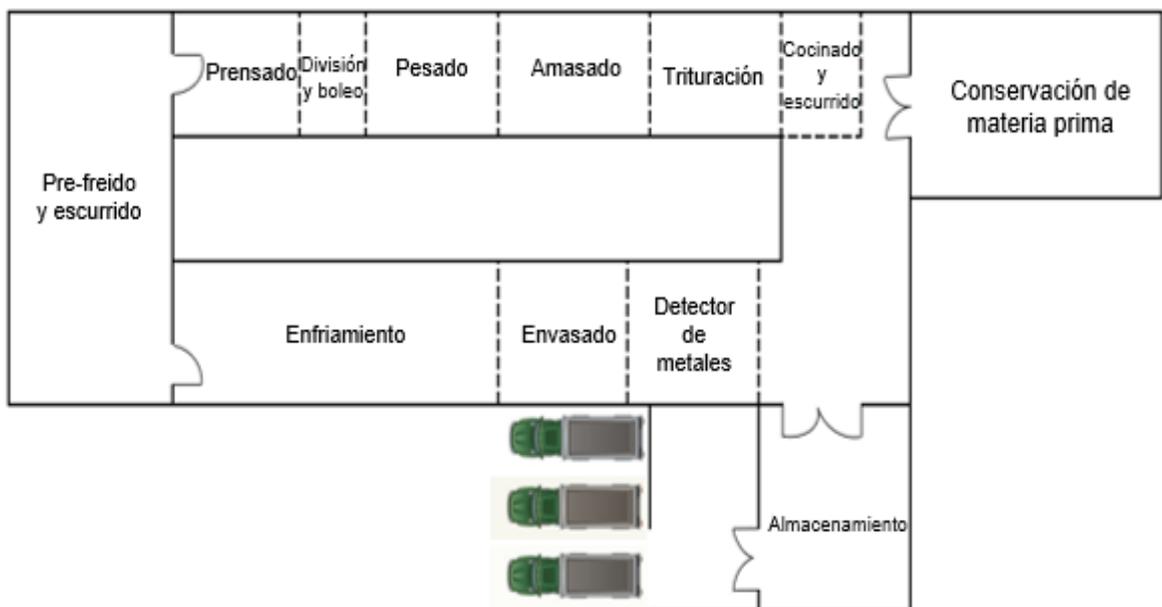


Figura 3.7 Layout propuesto [González & Loayza, 2020]

3.3.5. Cálculo de la carga total de refrigeración de la cámara

Se proyectó una producción semanal de 204 kg. Esto representaría aproximadamente 17 cajas de producto, las cuales podrían colocarse en un pallet. Cada caja contiene 24 fundas de producto cada una. Cada funda contiene 20 unidades de producto con un peso total de 500 gramos por presentación.

La carga calorífica calculada para el producto es de 0.45 kw; mientras que el valor de la carga calorífica generada por otras fuentes es 13.31 kw, dando un valor de carga calorífica total de 13.76 kw, cantidad de calor que se debe desalojar en 24 horas (Ver Apéndice C). Estos cálculos se realizaron en función de las dimensiones de una cámara de 2m de ancho, 3m de largo y 4m de alto.

Si se estima la cantidad máxima de cajas que caben en un pallet, se obtienen 75 cajas por pallet, ocupando un volumen 1.4 m³ (incluyendo el pallet), que representa un 0.058% del espacio total de la cámara. Si la cámara de refrigeración es de uso exclusivo del producto, entonces se necesitaría 10 pallet con 750 cajas para ocupar todo el espacio disponible en la cámara. Este valor de cajas representa un 4411% más de la producción inicialmente establecida. Por tal razón se recomienda no realizar una inversión en una cámara de refrigeración y almacenar el producto en refrigeradores comerciales. En este caso, el calor de embalaje (cartón y pallet) y los calores generados por otras fuentes no deberían considerarse en los cálculos, resultando una carga calorífica total de 0.43 kw para refrigeradores comerciales.



Figura 3.8 Refrigerador Vertical VER-R-2PA [FRITEGA S.A, 2020]

En la figura 3.8 se observa el refrigerador comercial propuesto para el almacenamiento del producto, que emplea el refrigerante R404A, cuyo compresor realiza un trabajo de 38 kJ/kg, estos cálculos se detallan en el Apéndice D.

3.4. Costos

El costo para producir un batch de 102 kg es de \$85.14, lo que equivale a un costo de \$681.15 mensual (Ver Apéndices L y M). Tal y como se muestra en la tabla 3.5 el costo de una funda sería de \$0.42. Estimando un margen de utilidad del 50%, el producto tendría un precio de venta al público (P.V.P) de \$0.63. El producto contiene 20 tortillas para tacos de 11 cm de diámetro y de 25 g cada una.

Tabla 3.5 Costos del producto por funda [González & Loayza, 2020]

| Materia prima | Precio | Unidad | Cantidad/ Batch (Kg) | Costo/mes | Costo/Batch | Costo/funda |
|-----------------------------------|---------------|---------------|-----------------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Plátano verde crudo | \$0.00 | Kg | 91.80 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 |
| Sal | \$0.51 | Kg | 1.19 | \$4.87 | \$0.61 | \$0.00 |
| Goma Xantana | \$18.00 | Kg | 0.51 | \$73.44 | \$9.18 | \$0.05 |
| Propionato de calcio | \$9.50 | Kg | 0.34 | \$25.58 | \$3.20 | \$0.02 |
| Achiote | \$3.30 | L | 8.16 | \$215.42 | \$26.93 | \$0.13 |
| Total Ingredientes | | | | \$319.32 | \$39.91 | \$0.20 |
| Material de empaque | \$0.03 | Unidad | 204.00 | \$40.80 | \$5.10 | \$0.03 |
| Mano de obra | \$2.22 | Operarios/h | 4.00 | \$274.25 | \$34.28 | \$0.17 |
| Total Costos directos | | | | \$634.37 | \$79.30 | \$0.39 |
| Agua | \$0.55 | m3 | 0.01 | \$0.05 | \$0.01 | \$0.00 |
| Energía | \$0.08 | kw/h | 183.69 | \$46.74 | \$5.84 | \$0.03 |
| Total Costos indirectos | | | | \$46.78 | \$5.85 | \$0.03 |
| Total Costos de producción | | | | \$681.15 | \$85.14 | \$0.42 |
| Margen de utilidad (50%) | | | | | | \$0.21 |
| P.V.P | | | | | | \$0.63 |

3.4.1. Inversión de equipos

El costo de inversión en equipos es de \$19,222 (Ver Apéndice N), considerando solamente los siguientes equipos: balanza, prensa manual, refrigerador y máquina “divisora y boleadora”. El resto de los equipos requeridos en el proceso, se encuentran actualmente en la empresa tomada como referencia para este estudio.

3.4.2. Punto de equilibrio

La cantidad de equilibrio es 14189, este valor se calculó en base a los costos fijos anual, costos variables por unidad y el P.V.P; el proyecto tiene un punto de equilibrio de \$8876.56, estos valores se encuentran detallados en la tabla 3.6.

Tabla 3.6 Tabla de estimación de punto de equilibrio [González & Loayza, 2020]

| Costos fijos anual | |
|------------------------------------|-----------------|
| Rubros | Cantidad |
| Salarios | \$ 3291.02 |
| Depreciación de equipos | \$ 1922.20 |
| Total CF | \$ 5213.22 |
| Costos variables por unidad | |
| Rubros | Cantidad |
| Materia prima | \$ 0.23 |
| Suministros | \$ 0.03 |
| Total CV | \$ 0.26 |
| PVP | \$ 0.63 |
| Cantidad de equilibrio | 14189 unidades |
| Punto de equilibrio | \$ 8876.56 |

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Una vez analizado cada uno de los componentes básicos para elaborar una tortilla para tacos, se propone una formulación compuesta de 90% plátano verde, 1.17% de sal, 8% de achiote, 0.50% de goma xantana y 0.33% de propionato de calcio; con estos ingredientes se espera obtener una tortilla con buena consistencia, elasticidad y alta durabilidad las cuales son características esenciales de este tipo de producto.
- Se diseñó una distribución de la planta para la línea de proceso con base a una producción de 102 kg por batch, además de considerar las dimensiones de los equipos, los 4 operarios requeridos y las 12 etapas del proceso, obteniendo un área total de 133.42 m².
- La funda de tortillas para tacos a base de plátano verde contiene 20 unidades con un peso total de 500 g. Esta presentación tiene un precio de venta al público de \$0.63, considerando un margen de utilidad de 50%. Se requiere una inversión de 19222 dólares en equipos y una venta de 14189 unidades para llegar al punto de equilibrio.

4.2. Recomendaciones

- Realizar un diseño experimental para determinar la formulación más idónea del producto variando porcentajes de plátano verde y agua. Esto se requiere para validar experimentalmente la formulación.
- Elaborar el producto con el propósito de determinar características fisicoquímicas y microbiológicas; las cuales permitirán conocer la aceptabilidad del producto y tiempo de vida útil.

- Se recomienda la compra de dos refrigeradores comerciales para el almacenamiento del producto en vez de invertir en la construcción de una cámara de refrigeración. En un refrigerador comercial se podría almacenar alrededor de 420 fundas de tortillas; teniendo en consideración que la producción semanal estimada es de 408 fundas; como medida preventiva se recomiendan 2 refrigeradores.

BIBLIOGRAFÍA

Arteaga, V. (2016). Cálculo y dimensionamiento de una cámara de refrigeración para productos orgánicos perecederos. (Tesis de Grado). Escuela de Ingeniería de Antioquia.

Baker, C. (2013). Handbook of Food Factory Design. New York: Springer.

Barreto, Hernández. J., Calderón, Chavarría. E., Cedeño, Molina. V., Chavarría, Minaya. R., Hidalgo, Villamil. R., & Rodríguez, Bravo. M. (2015). Elaboración de Harina de plátano (*Musa paradisiaca*) a unas tres temperaturas diferentes para establecer los porcentajes de humedad. (Tesis de Grado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Facultad Agroindustrial.

Barrios, Simón. K. (2017). Desarrollo de un prototipo de tortilla funcional de maíz (*Zea mays*) y harina de grillo (*Acheta domesticus*), como fuente de proteína para dieta humana. (Tesis de Grado). Escuela Agrícola Panamericana, Facultad Licenciatura.

Bello, Pérez. L., Sáyago, Ayerdi. S., Villagómez, Méndez. J., & Montiel, Salas. L. (2000). Almidón de plátano y calidad sensorial de dos tipos de galletas. Revista Agrociencia, 34(5), 553-560.

Bermúdez, M. (2017). Efecto de la adición de propionato de calcio o sorbato de potasio en la vida de anaquel de una torta de naranja. (Tesis de Grado). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras.

Botella, F., Alfaro, J., & Hernández, A. (2015). Uso y abuso de la sal en la alimentación humana. Revista Nutrición Clínica en Medicina, 9(3), 189-203.

Calderón, Carrillo. J. (2018). Implementación de una estrategia de mejora para lograr el buen uso de horas hombre y horas máquina en el área de envasado n°3 de una planta farmacéutica. (Tesis de Grado). Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería Industrial.

Calle, León. N., & Jarrín, Moreira. L. (2010). Estandarización y optimización del proceso de elaboración de masas base para empanadas para la comercialización de empanadas Company. (Tesis de Grado). Universidad San Francisco de Quito, Facultad de Agricultura, Alimentos y Nutrición.

Caviedes, B. (2017). Plan de negocios para la implementación de una empresa dedicada a la producción y comercialización de tortillas de maíz 100% orgánicas en la ciudad de Quito. (Tesis de Grado). Universidad de las Américas, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas.

Colmenares, Leal. M. J. (2009). Elaboración de Harina de Pulpa y Cáscara de Plátano verde clón hartón común para la formulación de una mezcla de harina para arepas a base de plátano: maíz. (Tesis de Grado). Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias.

Cusado, Rodríguez. E., & Reatiga, Charris. I. (2013). Cadena logística de subproductos residuales en la industria de tajada de plátano para exportación. *Revista Dimensión empresarial*, 11(2), 9-16.

De la Portilla, Cazares. E. (2018). Diseño de un snack a base de granos de maíz negro/morado *Zea mays L.* y evaluación de sus propiedades funcionales. (Tesis de Grado), Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y ambientales.

Dussán, Sarria. S., & Gaona, Acevedo. A. (2017). Efecto del uso de antioxidantes en plátano verde dominico- hartón (*Musa AAB Simmonds*) cortado en rodajas. *Revista Información tecnológica*, 28 (4),1-8.

Falla, Dejo. F., & Ramón, Lluén. M. (2018). Obtención y evaluación sensorial de galletas de diferentes concentraciones de harina de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*). (Tesis de Grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias.

FDA. Agencia de Medicamentos y Alimentación. Accedido el 21 de mayo 2020, desde <https://www.fda.gov/consumers/articulos-en-espanol/si-dice-sin-gluten-significa-ahora-que-no-tiene-gluten>.

Flores, Gallardo. S. G. (2002). Estudio de la adhesión interfacial entre películas coextruídas de poliamida 6 y mezclas de polipropileno-polipropileno injertado con ácido acrílico. (Tesis de Grado). Centro de investigación en química aplicada, Programa de doctorado en polímeros.

Galindo, Álvarez. A. (2008). Desarrollo de un método de Distribución Física aplicable en las Industrias Ecuatorianas. (Tesis de Grado). Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.

González, L. (2017). Elaboración de harina a base de banano verde para la formulación de pastas dirigidas a personas con intolerancia al gluten. (Tesis de Grado). Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ingeniería.

González, J. C. (2019). Identidad Mexicana. *Revista Maxi*, 283(1), 20-22.

Gorosquera, Flores, E., García, Suárez, F., Flores, Huicochea, E., Nuñez, Santiago, E., González, Soto, R., & Bello, Pérez, L. (2004). Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*) estudio en planta piloto. *Revista Acta Científica Venezuela*, 55(1), 86-90.

Granados, C., Acevedo, D., Cabeza, A., Lozano, A. (2014). Análisis de Perfil de Textura en Plátanos Pelipita, Hartón y Topocho. *Revista Información tecnológica*, 25(5), 718-764.

Haro, V. J., Borja, A. Á., & Triviño, B. S. (2017). Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables. *Revista Dominio de las ciencias*, 3(2), 506-525.

Hernández, Ángel, J. F. (2012). Formulación y evaluación de panes para celíacos. (Tesis de Grado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Facultad de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Herrera, D. & Gallardo, Y. (2015). Elaboración de Tortillas de Harina con Bajo Contenido en Grasa. (Tesis de Grado). Departamento de Graduados e Investigación, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.

Ibarra, A., & Montes, Y. (2013). Elaboración de tortillas funcionales a base de maíz (*Zea Mayz L.*), Avena (*Avena Sativa L.*) y zanahoria (*Daucus carota*) "TORTIZANAS". México D. F. (Tesis de Grado). Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología.

INIAP. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Accedido el 19 de mayo, 2020, desde <http://www.iniap.gob.ec/pruebav3/banano-platano-y-otras-musaceas/#>

Mazzeo M., León L., Mejía L., Guerrero L., & Botero J. (2010). Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y postcosecha de plátano en el departamento de caldas. *Revista Educación en Ingeniería*, 9, 128-139.

Molina, K. (2017). Uso de disoluciones de Bixa Orellana (achiote) como revelador natural de placa dental frente a revelador convencional estandarizado. (Tesis de Grado). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Odontología.

Mora A. (2018). Productos sin gluten: un nuevo mercado por explotar en Guayaquil. (Tesis de Grado). Universidad Politécnica Salesiana.

Moreira, Carrión, K. (2013). Reutilización de residuos de la cáscara de bananos (*Musa paradisiaca*) y plátanos (*Musa sapientum*) para la producción de alimentos destinados al consumo humano. (Tesis de Grado). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química.

Moscoso, F., & Quera, R. (2016). Enfermedad celiaca: Revisión. Revista Médica de Chile, 144, 211-221.

Norma Oficial Mexicana NOM-187-SSA1/SCFI-2002, Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba.

Obregón, O. (2005). El uso de harina Minsa en sustitución del maíz contribuye a la reducción de costos de producción en los industriales de la masa y la tortilla, en la zona conurbada Veracruz, Boca del río. (Tesis de Grado). Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Administrativas,

Odar, N. J. A. (2014). Mejora de la productividad en la empresa Vivar SAC. (Tesis de Grado). Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo, Facultad de Ingeniería Industrial.

OPS. Organización Panamericana de la Salud. Accedido el 25 de julio del 2020 , desde https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10916:2015-principio-iii-establecer-limites-criticos-para-el-pcc&Itemid=41432&lang=es

Osorio, Roberto, D. A. (2017). Propuesta de mejora del proceso de producción para la elaboración de patacón pre-frito con plátano verde la empresa PROCOL S.A.S. (Tesis de Grado). Fundación Universidad de América, Facultad de Ingeniería Química.

Parada, A. (2010). El gluten su historia y efectos en la enfermedad celíaca. Revista médica de Chile, 138(10), 1319-1325.

Paz, R. (2013). Potencialidad del plátano verde en la nueva matriz productiva del Ecuador. *Revista YACHANA*, 2(2), 203-210.

Rodríguez. M. (2018). Aditivos alimentarios en el sector derivados de cereales. (Tesis de Grado). Universidad Complutense, Facultad de Farmacia.

Sepúlveda, W., Ureta, I., Hernández, G., & Solórzano, G. (2017). Consumo de plátano en Ecuador: Hábitos de compra y disponibilidad a pagar de los consumidores. *Revista em Agronegocio e Meio Ambiente*, Maringá, 10(4), 995-1014.

Silva, Flores. D. (2016). Desarrollo de una formulación de tortillas para tacos libre de gluten para celíacos utilizando harina de quinoa. (Tesis de grado). Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas.

Simal, J., Simal, L., & Paseiro, P. (1989). Los aditivos conservadores de los productos alimenticios. *Revista de tecnología e higiene de los alimentos*, 204, 35-37.

SINAGAP (2014). Boletín situacional de plátano. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2-3.

Soto, V. (2010). Cuantificación de almidón total y de almidón resistente en harina de plátano verde (*Musa cavendishii*) y Banana verde (*Musa paradisíaca*). *Revista Boliviana de Química*, 27(2), 94-99.

Trujillo, Zurita. J. (2016). Evaluación de agentes antioxidantes en un subproducto a partir de plátano dominico (*Musa sapientum*, L) y maqueño (*Musa balbisiana*, L) como criterio de calidad en la universidad estatal de bolívar. (Tesis de Grado). Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias, recursos naturales y del ambiente.

Vallejo, C. J. P. (2012). Diseño de una planta procesadora de plátano (*Mussa paradissiaca spp.*) para la obtención de tres productos en el sector de Santo Domingo de los Tsáchilas (Tesis de Grado). Universidad de las Américas, Facultad de ingeniería y ciencias agropecuarias.

Vanaclocha, A.C. (2004). Diseño de industrias Agroalimentarias. Mundi-Prensa libros.

Velázquez, Arellano, Á. (2015). Síntesis de nano partículas de almidón y su evaluación como portadoras de ubiquinol. (Tesis de Grado), Centro de Investigación, Programa de posgrado en tecnología de polímeros.

Velásquez, Flores, M. K. (2012). Caracterización fisicoquímica de la harina de plátano verde (*Musa acuminata* AA y *Musa acuminata* AAA) y su enriquecimiento para la elaboración de panes cachitos. (Tesis de Grado). Universidad Nacional Agraria De La Selva, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

Vera, F. (2011). Determinación de las condiciones de uso del almidón modificado en el mejoramiento de las fórmulas alimenticias. (Tesis de Grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.

Villada, J., (2010). Conservadores químicos utilizados en la industria alimentaria. (Tesis de Grado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Villanueva, Flores. R. (2014). El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación. *Revista Ingeniería Industrial* (2), 231-246.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Datos técnicos de los equipos del proceso [González & Loayza, 2020]

| Equipos | Marca | Capacidad | Número de equipos | Consumo Energía | Largo (m) | Ancho (m) | Altura (m) |
|----------------------|-------------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------|-----------|------------|
| Mesa | WTB7-200 | - | 4.00 | - | 2.00 | 0.70 | 0.95 |
| Marmita | Inoxavier | 120.00 kg | 1.00 | 12.00 KW | 1.00 | 0.70 | 1.30 |
| Molino | BIRO AFMG-48II | 90.00 kg | 1.00 | 5.60 KW | 1.04 | 1.17 | 2.00 |
| Amasadora | SP 130 | 130.00 kg | 1.00 | 5.97 KW | 1.43 | 0.85 | 1.85 |
| Divisora y Boleadora | Fortuna Automatic | 330.00 kg | 1.00 | 0.74 KW | 0.80 | 0.70 | 1.45 |
| Freidora | Incalfer | 3128.00 kg | 1.00 | 2.24 KW | 9.50 | 1.50 | 1.30 |
| Coche | Ecuatecnick | 18.00 bandejas | 12.00 | - | 0.50 | 0.73 | 1.80 |
| Gavetas | Wenco | 40.00 kg | 6.00 | - | 0.60 | 0.40 | 0.31 |
| Detector de metales | PRISMA MFN11 | 10.00 kg | 1.00 | 0.65 KW | 2.00 | 0.70 | 0.70 |
| Refrigerador | FRITEGA | 350.00 kg | 2.00 | 2.50 KW | 2.80 | 0.72 | 2.00 |

APÉNDICE B

Datos de las superficies calculadas [González & Loayza, 2020]

| Etapa | Ss (m ²) | Sg (m ²) | Se (m ²) | Superficie total (m ²) |
|---------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------------|
| Almacenamiento de materia prima | 9.00 | 18.00 | 4.05 | 31.05 |
| Cocinado y escurrido | 0.70 | 1.40 | 0.32 | 2.42 |
| Trituración | 1.22 | 2.43 | 0.55 | 4.20 |
| Amasado | 1.22 | 3.65 | 0.73 | 5.59 |
| Pesado | 1.40 | 2.80 | 0.63 | 4.83 |
| División y Boleo | 0.56 | 1.12 | 0.25 | 1.93 |
| Prensado | 1.40 | 2.80 | 0.63 | 4.83 |
| Pre-freído y escurrido | 14.25 | 28.50 | 6.41 | 49.16 |
| Enfriamiento | 4.38 | 8.76 | 1.97 | 15.11 |
| Envasado | 1.40 | 2.80 | 0.63 | 4.83 |
| Detector de metales | 1.40 | 2.80 | 0.63 | 4.83 |
| Almacenamiento | 2.02 | 2.02 | 0.60 | 4.64 |

APÉNDICE C

Carga total de refrigeración

Peso de una caja de producto = 12 kg almacenadas en cajas de cartón

Peso del producto = 0.50 kg / funda

Masa del producto = 204 kg/ semana

Cantidad de paquetes = 408 fundas

Número total de cajas = 17 cajas

Masa de madera = 76.44 kg

Peso de la caja = 1kg

Peso de la funda = 0.01kg

Número de pallet = 1

Capacidad de 1 pallet = 75 cajas

Temperatura entrada del producto = 30°C

Temperatura salida del producto = 5°C

$$r_{\text{plátano verde}} = 8790 \frac{\text{kJ}}{\text{ton } 24 \text{ h}}$$

$$C_p_{\text{plátano verde}} = 0.92 \frac{\text{BTU}}{\text{lb } ^\circ\text{F}} \times 4.1868 \frac{\frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}}{\frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}}} = 3.85 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$C_p_{\text{polietileno de baja densidad}} = 1.90 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$C_p_{\text{cartón}} = 1.88 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$C_p_{\text{madera}} = 2.42 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{Producto}} + Q_{\text{Otras Fuentes}}$$

$$Q_{\text{Producto}} = Q_{\text{sensible}} + Q_{\text{reacciones químicas}} + Q_{\text{empaquete}} + Q_{\text{cartón}} + Q_{\text{pallet}}$$

$$Q_{\text{sensible}} = \frac{m C_p \Delta T}{t} = \frac{(204 \text{ kg}) \left(3.85 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right) (30 - 5)^\circ\text{C}}{(24 \text{ h}) \left(3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} \right)} = 0.23 \text{ KW}$$

$$Q_{\text{reacciones químicas}} = m r = (0.204 \text{ ton}) \left(8790 \frac{\text{kJ}}{\text{ton } 24 \text{ h}} \right) \left(\frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \right) = 0.22 \text{ kw}$$

$$Q_{\text{empaquete}} = \frac{m C_p \Delta T}{t} = \frac{(0.01 \times 408 \text{ kg}) \left(1.90 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right) (30 - 2)^\circ\text{C}}{(24 \text{ h}) \left(3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} \right)} = 0.002 \text{ kw}$$

$$Q_{\text{cartón}} = \frac{mC_p\Delta T}{t} = \frac{(17 \times 1 \text{ kg}) \left(1.88 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right) (30-2)^\circ\text{C}}{(24 \text{ h}) \left(3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}\right)} = 0.010 \text{ kw}$$

$$Q_{\text{pallet}} = \frac{mC_p\Delta T}{t} = \frac{(76.44 \text{ kg}) \left(2.42 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right) (30-2)^\circ\text{C}}{(24 \text{ h}) \left(3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}\right)} = 0.006 \text{ kw}$$

$$\sum Q_{\text{producto}} = 0.23 \text{ kw} + 0.22 \text{ kw} + 0.002 \text{ kw} + 0.010 \text{ Kw} + 0.006 \text{ kw}$$

$$Q_{\text{Producto}} = 0.45 \text{ kw}$$

$$Q_{\text{Otras Fuentes}} = Q_{\text{paredes}} + Q_{\text{piso}} + Q_{\text{personas}} + Q_{\text{luminarias}} + Q_{\text{ventiladores}} + Q_{\text{aire}}$$

Ancho (a) = 2; Largo (b) = 3; Altura (c) = 4

S = Superficie exterior de la cámara

(T_e-T_i) = Diferencia de temperaturas

$$U = \text{Coeficiente de transmisión del aislante poliuretano} = 0.232 \frac{\text{w}}{\text{h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$S = 2 [(a \times b) + (b \times c) + (c \times a)]$$

$$S = 2 [(2 \times 3) + (3 \times 4) + (4 \times 2)]$$

$$S = 52 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{paredes}} = S \times U \times (T_e - T_i) \times 24 \text{ h}$$

$$Q_{\text{paredes}} = 52 \text{ m}^2 \times 0.232 \frac{\text{w}}{\text{h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}} \times (30-2)^\circ\text{C} \times 24 \text{ h} \times \frac{1 \text{ kw}}{1000 \text{ w}}$$

$$Q_{\text{paredes}} = 8.10 \text{ kw}$$

Calor liberado por el piso

Temperatura del suelo = 15°C

$$U = 0.52 \frac{\text{w}}{\text{h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$Q_{\text{piso}} = A \times U_i \times (T_e - T_i) \times 24 \text{ h}$$

$$Q_{\text{piso}} = (3)(2) \text{ m}^2 \times \left(0.52 \frac{\text{w}}{\text{h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}}\right) \times (13^\circ\text{C}) \times 24 \text{ h} \times \left(\frac{1 \text{ kw}}{1000 \text{ w}}\right)$$

$$Q_{\text{piso}} = 0.97 \text{ kw}$$

Calor liberado por las personas

q = Calor por personas = 240 w

n = número de personas en la cámara

t = Tiempo de permanencia en horas/día

$$Q_{\text{personas}} = \frac{q \times n \times t}{24}$$

$$Q_{\text{personas}} = \frac{(240 \text{ w}) \times (2 \text{ persona}) \times (1 \text{ horas})}{24}$$

$$Q_{\text{personas}} = (20 \text{ w}) \times \left(\frac{1 \text{ kw}}{1000 \text{ w}}\right) = 0.20 \text{ kw}$$

Calor liberado por luminaria

P= Potencia total de las lámparas

t=Tiempo de funcionamiento de las luminarias

Cantidad de luminaria = 5 (2 luminaria por tubo)

Potencia de luminaria = 40 w

$$Q_{\text{luminaria}} = P \times t$$

$$Q_{\text{luminaria}} = (40 \text{ w}) \times (10 \text{ tubos}) \times (10 \text{ h}) = 400 \text{ w} \times \frac{1 \text{ kw}}{1000 \text{ w}} = 0.40 \text{ kw}$$

Calor liberado por ventilador

Cantidad de ventilador= 1

Potencia del ventilador = 2kw

$$Q_{\text{ventiladores}} = \frac{1 \times 2 \text{ kw} \times 21.33 \text{ h}}{24 \text{ h}} = 1.78 \text{ kw}$$

Aire exterior (renovaciones de aire)

V= Volumen de la cámara= 24m³

n=número de renovación de aire=14.5

Δh= Calor del aire (tasa de renovación del aire al 50%) = 3.98 w/m³

$$Q_{\text{aire}} = V \times n \times \Delta h$$

$$Q_{\text{aire}} = (24 \text{ m}^3) \times (14.5) \times \left(5.34 \frac{\text{w}}{\text{m}^3}\right) \times \left(\frac{1 \text{ kw}}{1000 \text{ w}}\right) = 1.86 \text{ kw}$$

$$\sum Q_{\text{otras fuentes}} = 8.10 \text{ kw} + 0.97 \text{ kw} + 0.20 \text{ kw} + 0.40 \text{ kw} + 1.78 \text{ kw} + 1.86 \text{ kw}$$

$$Q_{\text{otras fuentes}} = 13.31 \text{ Kw}$$

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{Producto}} + Q_{\text{Otras Fuentes}}$$

$$Q_{\text{total}} = 0.45 \text{ kw} + 13.31 \text{ Kw}$$

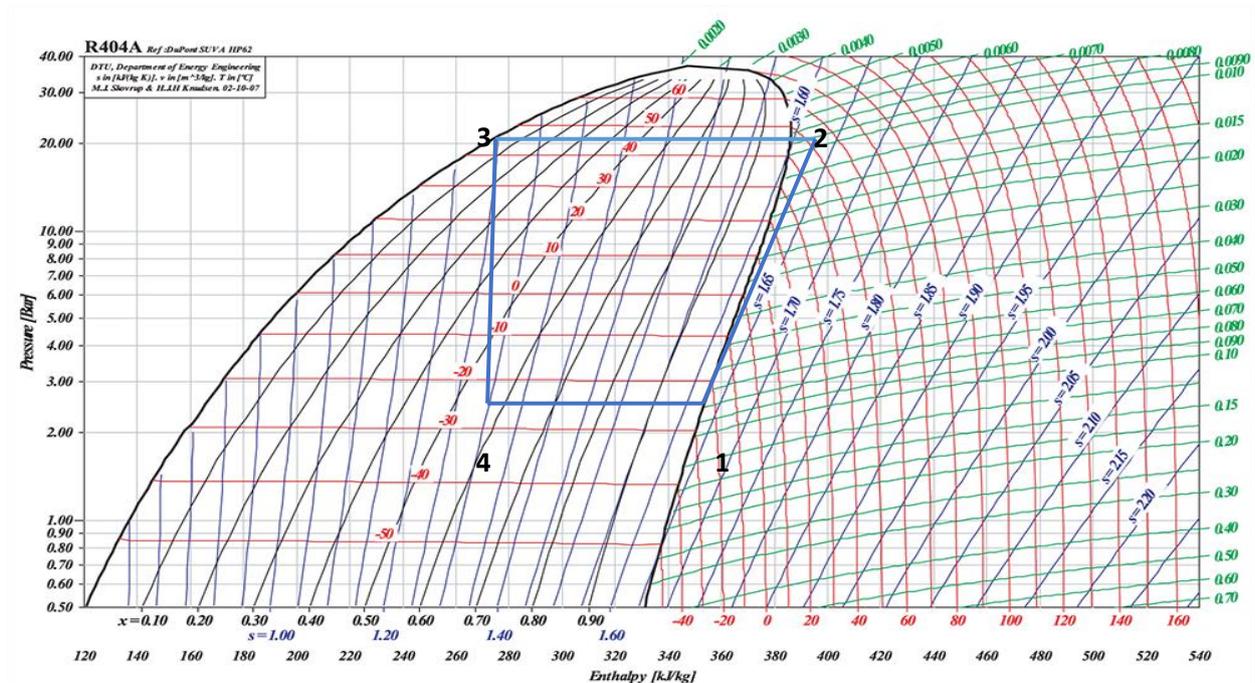
$$Q_{\text{total}} = 13.76 \text{ kw} = 49536.00 \text{ kJ/ h}$$

APÉNDICE D

Cálculo del sistema de refrigeración empleando refrigerante R404A

$T_{\text{evaporador}} = -25^{\circ}\text{C}$

$T_{\text{condensador}} = 45^{\circ}\text{C}$



Entalpías:

$$h_1 = 350 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 388 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h_4 = 270 \text{ kJ/kg}$$

Calor absorbido del espacio refrigerado:

$$Q_A = h_1 - h_4 = 350 \text{ kJ/kg} - 270 \text{ kJ/kg} = 80 \text{ kJ/kg}$$

Calor rechazado al medio ambiente:

$$Q_R = h_2 - h_3 = 388 \text{ kJ/kg} - 270 \text{ kJ/kg} = 118 \text{ kJ/kg}$$

Trabajo realizado por el compresor:

$$W = h_2 - h_1 = 388 \text{ kJ/kg} - 350 \text{ kJ/kg} = 38 \text{ kJ/kg}$$

Coefficiente de desempeño:

$$\text{COP} = \frac{Q_A}{W} = \frac{80 \text{ kJ/kg}}{38 \text{ kJ/kg}} = 2.11$$

APÉNDICE E

Calor específico de productos [Arteaga, 2016]

| Producto | Cp antes de la congelación [Btu/lb °F] | Cp después de la congelación [Btu/lb °F] |
|--------------------|---|---|
| Huevos/lácteos | | |
| Huevo | 3.18 | 1.67 |
| Leche | 3.93 | 1.97 |
| Queso duro | 2.72 | - |
| Queso Blando | 2.93 | - |
| Mantequilla | 2.30 | 1.47 |
| Helados | 3.26 | 1.88 |
| Frutas | | |
| En general | 0.91 | 0.48 |
| Plátanos | 0.92 | - |
| Vegetales | | |
| Espárragos/Endibia | 0.96 | 0.50 |

APÉNDICE F

Calor de respiración de productos [Arteaga, 2016]

| Producto | a 25°C [kJ/Ton /24h] | a 0°C [kJ/Ton /24h] | a 20°C [kJ/Ton /24h] |
|---------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| Cereza | 15069 | 1674 | |
| Limón | 3349 | 419 | |
| Naranja | 3349 | 419 | |
| Manzana | 7534 | 837 | |
| Fresa | 16743 | 3767 | |
| Uva | 6279 | 1256 | |
| Plátano verde | | | 8790 |

APÉNDICE G

Calor específico de materiales [Arteaga, 2016]

| Material | Cp [kJ/k °C] |
|------------------------------|-----------------|
| Madera | |
| Cartón | 1.88 |
| Caucho | 2.01 |
| Corcho | 3.77 |
| Polietileno de baja densidad | 1.9 |
| Metales | |
| Aluminio | 0.879 |
| Cobre | 0.398 |
| Estaño | 0.234 |
| Niquel | 0.460 |
| Zinc | 0.402 |
| Hierro/Acero | 0.477 |
| Plomo | 0.130 |

APÉNDICE H

Coefficiente de aislante [Arteaga, 2016]

| Esesor en mm | Corcho | Fibra de vidrio | Poliestireno | Poliuretano | Lana mineral |
|--------------|---------------------------------|-----------------|--------------|-------------|--------------|
| | Wattios/hora.m ² .°C | | | | |
| 50 | 0,928 | 0,812 | 0,696 | 0,464 | 0,905 |
| 75 | 0,626 | 0,568 | 0,464 | 0,313 | 0,603 |
| 100 | 0,464 | 0,429 | 0,348 | 0,232 | 0,452 |
| 125 | 0,371 | 0,336 | 0,278 | 0,186 | 0,359 |
| 150 | 0,313 | 0,220 | 0,174 | 0,116 | 0,220 |

APÉNDICE I

Calor liberado por personas [Arteaga, 2016]

| Temperatura de la cámara (°C) | Potencia liberada por persona en W |
|-------------------------------|------------------------------------|
| 10 | 210 |
| 5 | 240 |
| 0 | 270 |
| -5 | 300 |
| -10 | 330 |
| -15 | 360 |
| -20 | 390 |
| -25 | 420 |

APÉNDICE J

Renovación del aire [Arteaga, 2016]

| Volumen cámara (m ³) | Renovaciones aire día | | Volumen cámara (m ³) | Renovaciones aire día | |
|----------------------------------|-----------------------|-------------|----------------------------------|-----------------------|-------------|
| | conservación | congelación | | conservación | congelación |
| 2,5 | 52 | 70 | 100 | 6,8 | 9 |
| 3,0 | 47 | 63 | 150 | 5,4 | 7 |
| 4,0 | 40 | 53 | 200 | 4,6 | 6 |
| 5,0 | 35 | 47 | 250 | 4,1 | 5,3 |
| 7,5 | 28 | 38 | 300 | 3,7 | 4,8 |
| 10 | 24 | 32 | 400 | 3,1 | 4,1 |
| 15 | 19 | 26 | 500 | 2,8 | 3,6 |
| 20 | 16,5 | 22 | 600 | 2,5 | 3,2 |
| 25 | 14,5 | 19,5 | 800 | 2,1 | 2,8 |
| 30 | 13 | 17,5 | 1000 | 1,9 | 2,4 |
| 40 | 11,5 | 15 | 1500 | 1,5 | 1,95 |
| 50 | 10 | 13 | 2000 | 1,3 | 1,65 |
| 60 | 9 | 12 | 2500 | 1,1 | 1,45 |
| 80 | 7,7 | 10 | 3000 | 1,05 | 1,30 |

APÉNDICE K

Calor del aire [Arteaga, 2016]

| T ext. → | +5°C | | +10°C | | +15°C | | +20°C | | +25°C | | +30°C | | +35°C | | +40°C | |
|-------------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| | 70% | 80% | 70% | 80% | 70% | 80% | 50% | 60% | 50% | 60% | 50% | 60% | 50% | 60% | 50% | 60% |
| T inte ↓ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15°C | | | | | | | 0,24 | 0,60 | 1,44 | 2,00 | 2,97 | 3,67 | 4,85 | 5,71 | 7,00 | 8,30 |
| 10°C | | | | | 1,33 | 1,19 | 1,43 | 1,80 | 2,66 | 3,23 | 4,20 | 4,92 | 6,03 | 6,99 | 8,30 | 9,63 |
| 5°C | | | 0,83 | 1,03 | 1,96 | 2,25 | 2,49 | 2,88 | 3,76 | 4,34 | 5,34 | 6,07 | 7,22 | 8,20 | 9,55 | 10,9 |
| 0°C | 0,78 | 0,94 | 1,79 | 2,00 | 2,96 | 3,26 | 3,51 | 3,90 | 4,81 | 5,41 | 6,44 | 7,20 | 8,38 | 9,37 | 10,7 | 12,1 |
| -5°C | 1,65 | 1,80 | 2,67 | 2,88 | 3,84 | 4,15 | 4,40 | 4,80 | 5,71 | 6,32 | 7,35 | 8,12 | 9,29 | 10,3 | 11,7 | 13,1 |
| -10°C | 2,47 | 2,62 | 3,51 | 3,73 | 4,71 | 5,02 | 5,28 | 5,68 | 6,62 | 7,24 | 8,31 | 9,12 | 10,3 | 11,3 | 12,7 | 14,1 |
| -15°C | 3,25 | 3,41 | 4,32 | 4,54 | 5,55 | 5,87 | 6,13 | 6,54 | 7,50 | 8,14 | 9,20 | 9,98 | 11,2 | 12,3 | 13,7 | 15,2 |
| -20°C | 3,96 | 4,13 | 5,06 | 5,29 | 6,31 | 6,63 | 6,91 | 7,34 | 8,31 | 8,94 | 10,0 | 10,9 | 12,1 | 13,2 | 14,7 | 16,2 |
| -25°C | 4,74 | 4,91 | 5,85 | 6,09 | 7,13 | 7,46 | 7,75 | 8,18 | 9,20 | 9,80 | 10,9 | 11,7 | 13,0 | 14,1 | 15,7 | 17,2 |
| -30°C | 5,52 | 5,69 | 6,67 | 6,89 | 7,96 | 8,30 | 8,58 | 9,03 | 10,0 | 10,7 | 11,8 | 12,7 | 14,0 | 15,2 | 16,7 | 18,4 |
| -35°C | 6,30 | 6,48 | 7,46 | 7,71 | 8,77 | 9,12 | 9,46 | 9,89 | 10,9 | 11,6 | 12,8 | 13,6 | 14,9 | 16,1 | 17,8 | 19,3 |
| -40°C | 7,16 | 7,34 | 8,35 | 8,60 | 9,72 | 10,0 | 10,4 | 10,8 | 11,8 | 12,6 | 13,8 | 14,7 | 16,0 | 17,2 | 18,9 | 23,1 |

APÉNDICE L

Costos de materia prima [González y Loayza, 2020]

| Materia prima | Precio | Unidad | Formulación | Cantidad/Batch | Costo/funda | Costo/Batch | Costo/mes |
|-----------------------|-----------|--------|-------------|----------------|-------------|-------------|------------|
| Plátano verde crudo | \$ 0.000 | Kg | 90.000% | 91.800 | \$ 0.000 | \$ 0.000 | \$ 0.000 |
| Sal | \$ 0.510 | kg | 1.170% | 1.193 | \$ 0.003 | \$ 0.609 | \$ 4.869 |
| Goma Xantana | \$ 18.000 | kg | 0.500% | 0.510 | \$ 0.045 | \$ 9.180 | \$ 73.440 |
| Propionato de calcio | \$ 9.500 | kg | 0.330% | 0.337 | \$ 0.016 | \$ 3.198 | \$ 25.582 |
| Achiote | \$ 3.300 | L | 8.000% | 8.160 | \$ 0.132 | \$ 26.928 | \$ 215.424 |
| Fundas de polietileno | \$ 0.025 | Unidad | - | 204.000 | \$ 0.025 | \$ 5.100 | \$ 40.800 |
| Total | | | | | \$ 0.221 | \$ 45.014 | \$ 360.115 |

APÉNDICE M

Costos de energía requerida [González y Loayza, 2020]

| Equipo | Cantidad | Potencia (kwh) | Costo por kwh | Tiempo de operación por batch (min) | Tiempo de operación por batch (h) | Cantidad por batch (kwh) | Costo por batch | Costo por mes |
|------------------------------|----------|----------------|---------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------|------------------|
| Marmita | 1.000 | 12.000 | \$ 0.080 | 10.000 | 0.167 | 2.000 | \$ 0.013 | \$ 0.107 |
| Molino | 1.000 | 5.600 | \$ 0.080 | 3.400 | 0.057 | 0.317 | \$ 0.005 | \$ 0.036 |
| Amasadora | 1.000 | 5.965 | \$ 0.080 | 10.000 | 0.167 | 0.994 | \$ 0.013 | \$ 0.107 |
| Balanza | 1.000 | 0.010 | \$ 0.080 | 10.460 | 0.174 | 0.002 | \$ 0.014 | \$ 0.112 |
| Máquina divisora y boleadora | 1.000 | 0.740 | \$ 0.080 | 6.500 | 0.108 | 0.080 | \$ 0.009 | \$ 0.069 |
| Freidora | 1.000 | 2.237 | \$ 0.080 | 1.000 | 0.017 | 0.037 | \$ 0.001 | \$ 0.011 |
| Detector de metales | 1.000 | 0.650 | \$ 0.080 | 10.000 | 0.167 | 0.108 | \$ 0.013 | \$ 0.107 |
| Máquina selladora | 1.000 | 0.900 | \$ 0.080 | 10.000 | 0.167 | 0.150 | \$ 0.013 | \$ 0.107 |
| Refrigerador | 2.000 | 2.500 | \$ 0.080 | 60.000 | 72.000 | 180.000 | \$ 5.760 | \$ 46.080 |
| TOTAL | | | | | | | \$ 5.842 | \$ 46.735 |

APÉNDICE N

Costos de inversión en equipos [González y Loayza, 2020]

| Equipos | Precio | Cantidad | Precio total | Vida útil | Depreciación anual | Años de depreciación | Valor en venta |
|----------------------|-------------|----------|--------------|-----------|--------------------|----------------------|----------------|
| Balanza | \$ 60.00 | 1.00 | \$ 60.00 | 10.00 | \$ 6.00 | 5.00 | \$ 30.00 |
| Divisora y boleadora | \$ 13290.00 | 1.00 | \$ 13290.00 | 10.00 | \$ 1329.00 | 5.00 | \$ 6645.00 |
| Prensa manual | \$ 18.00 | 4.00 | \$ 72.00 | 10.00 | \$ 7.20 | 5.00 | \$ 36.00 |
| Refrigerador | \$ 2900.00 | 2.00 | \$ 5800.00 | 10.00 | \$ 580.00 | 5.00 | \$ 2900.00 |
| Total | \$ 16268.00 | 8.00 | \$ 19222.00 | | \$ 1922.20 | | \$ 9611.00 |