

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

“Rediseño de una línea de producción para una empresa procesadora de
barra de cereales”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ALIMENTOS

Presentado por:

Eduardo Ignacio Franco Triviño

Lisette Carolina González Reyes

GUAYAQUIL- ECUADOR

Año: 2018

DEDICATORIA

A mis hijos Fiorella, Emiliano y a mi esposa Melina

Eduardo Franco T.

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mi madre que con su esfuerzo, dedicación, protección y paciencia pudo forjar en mí los mejores valores como la responsabilidad y perseverancia como la clave para salir adelante ante las difíciles situaciones de la vida. A mi padre y hermanos por su apoyo, amor y compañía durante todas las etapas de nuestra vida.

Lisette González R.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Virgen María por guiar mi camino. A mis Padres por su apoyo constante en todas las etapas de mi vida. A mis hermanos por su todo su cariño. A mis tutores, por su guía y enseñanzas. A mi compañera de tesis por su paciencia y explicaciones.

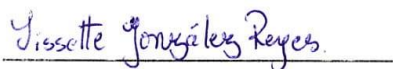
Eduardo Franco T.

Agradezco a Dios por su misericordia y bendiciones al otorgarme la oportunidad de poder culminar esta etapa de mi vida. A mi enamorado de toda la vida Yian Aldo por su amor, apoyo incondicional y esfuerzo; a pesar de las circunstancias que el destino nos deparó, la distancia no es impedimento para hacer posible nuestros sueños. A los fundadores de la empresa patrocinadora y a PhD. A. Sócrates Palacios por su apoyo para realizar este proyecto.

Lisette González R.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Eduardo Ignacio Franco Triviño y Lissette Carolina González Reyes, otorgamos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la presente obra en cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Autor 1

Lissette Carolina
González Reyes



Autor 2

Eduardo Ignacio
Franco Triviño

EVALUADORES



MSc. Haydeé Torres C.
PROFESOR DE LA MATERIA



PhD. A. Sócrates Palacios
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

En la actualidad, la tendencia de consumo de alimentos orgánicos a nivel local ha crecido en los últimos años, como resultado la demanda y diversificación de este tipo de productos en el mercado se ha convertido en prioridad para las pequeñas empresas, quienes han empezado a realizar su producción a escala semi-industrial. El presente trabajo plantea el rediseño de una línea de producción de barras de cereales orgánico de una fábrica de alimentos. Para su desarrollo se utilizó la metodología de Planeación Sistemática de la Distribución en Planta (SLP) y para su evaluación se aplicó el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP).

El proceso SLP inició con la recolección de información preliminar para el desarrollo de los diagramas de flujo de proceso, recorrido sencillo y diagrama relacional de actividades. Posteriormente, se identificaron las adyacencias y distancias que presenta la fábrica actualmente, así como los equipos y tecnología de proceso para la elaboración de productos; información necesaria que se ingresó en un programa informático para la generación de alternativas de distribución de fábrica: distribución con equipos actuales de la empresa y con equipos propuestos para cambios. De estas alternativas se realizaron las respectivas evaluaciones bajo el método AHP en el que se elaboraron matrices y se otorgaron calificaciones a las alternativas bajo los criterios de calidad, productividad, capacidad, factor humano y mínimo costo, y con ello se obtuvo una solución matemática para discernir en la mejor toma de decisión de la distribución de planta para la producción de una barra de cereal de presentación de 30 g.

Palabras Clave: Barra de cereales, Planeación Sistemática de la Distribución en Planta, Proceso de Análisis Jerárquico.

ABSTRACT

Currently, consumer trends of local organic foods have grown in recent years; therefore, the demand and diversification of this type of products in the market has become a priority for small businesses and their production at semi-industrial scale. This thesis proposes a production line re-design of organic cereal bars which was developed based on the Systematic Layout Planning (SLP) methodology, followed by an evaluation through the Analytical Hierarchy Process (AHP).

The SLP methodology starts by gathering information to develop process flow charts, walk-throughs and relationship charts. Subsequently, adjacencies and distances within the plant have been identified, as well as the equipment and process technologies for the making of food products. This data is post-processed by a software which generates distribution alternatives in the plant: distribution using current equipment in the company and different equipment recommendations. Once all the options were gathered, they were evaluated through the AHP method to develop matrices and scored using the following criteria: quality, productivity, capability, human factor and lowest cost. With those scores a mathematical solution was obtained to aid in the decision making of the distribution plant for the production of an organic cereal bar of 30 g.

Keywords: Cereal Bar, Systematic Layout Planning, Analytical Hierarchy Process

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
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. Materias primas	3
1.4.2. Proceso	6
1.4.3. Características del producto terminado	6
1.4.4. Diseño de las instalaciones	7
1.4.5. Planeación sistemática de la distribución en planta (SLP)	7
CAPÍTULO 2.....	9
2. METODOLOGÍA	9
2.1 Descripción general del proceso actual de producción	9
2.2 Diagramas de proceso	10
2.2.1 Diagrama de flujo del proceso.....	10

2.2.2	Diagrama de recorrido	10
2.3	Diagnóstico de distribución de planta	11
2.3.1	Análisis de volumen de producción	12
2.3.2	Diagrama de relación de actividades.....	12
2.3.3	Planta Física.....	13
2.3.4	Adyacencias y distancias	13
2.3.5	Análisis de distribución del proceso productivo.	14
2.3.6	Procesos y evaluación de distribución de espacios por áreas.	14
2.4	Generación de alternativas de distribución.....	14
2.5	Evaluación y selección de alternativas de distribución en planta.	14
2.5.1	Proceso AHP	15
2.5.2	Categorías de evaluación	15
2.5.2.1	Calidad del proceso.....	16
2.5.2.2	Análisis microbiológico	16
2.5.2.3	Pruebas físico químicas	16
2.5.2.4	Panel sensorial	17
2.5.2.5	Estimación de costos.....	18
2.5.3	Desarrollo de matrices.....	18
2.5.3.1	Coeficiente de consistencia	19
CAPÍTULO 3.....		21
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	21
3.1	Diagramas de proceso	21
3.1.1	Diagrama de flujo de proceso.....	21
3.1.2	Diagrama de recorrido sencillo	22
3.1	Volumen de producción.....	24
3.2	Diagrama relacional de actividades.....	24
3.3	Planta física.....	25

3.4	Adyacencias y distancias	26
3.5	Generación de alternativas de distribución.....	27
3.5.1	Equipos propuestos.....	32
3.6	Evaluación.....	32
3.6.1	Calidad del producto final	32
3.6.2	Estimación de costos de producción actual.....	33
3.6.3	Estimación de costos de producción de alternativas de rediseño	36
3.7	Desarrollo de matrices.....	38
CAPÍTULO 4.....		40
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
4.1.	Conclusiones.....	40
4.2.	Recomendaciones.....	41
BIBLIOGRAFÍA		
APENDICE		

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
INEN	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización
TRA	Tabla de relación de actividades
UMB	Unidad de medida base
EE	Energía eléctrica
MOD	Mano de obra directa
MO	Microorganismo
PVP	Precio venta público
CF	Costos fijos
CV	Costos variables
VAN	Valor actual neto
TIR	Tasa interna de retorno
AHP	Proceso de análisis jerárquico
SLP	Planeación sistemática de la distribución en planta
ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos

SIMBOLOGÍA

ml	Mililitros
m	Metros
mm	Milímetros
m ²	Metros cuadrados
g	Gramos
meq/kg	Miliequivalente gramos/kilogramo
NaOH	Hidróxido de sodio
Kcal	Kilocalorías
unid.	Unidad
Min	Mínimo
Max	Máximo
=	Igual
°C	Grados Celsius
%	Porcentaje
\$	Dólares
pH	Concentración de iones hidrógeno
Kw-h	Kilovatios/hora
T	Temperatura
t	tiempo
M	Masa del componente
ufc	Unidades formadoras de colonias

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Sistema de distribución en planta planteada por Muther (1973)	8
Figura 3.1 Diagrama de flujo de proceso.....	22
Figura 3.2 Diagrama de recorrido sencillo	23
Figura 3.3 Diagrama de Pareto de histórico de producción.....	24
Figura 3.4 Diagrama de relacional de actividades de la planta actual	25
Figura 3.5 Adyacencias y distancias de la planta actual	26
Figura 3.6 Planteamiento.....	27
Figura 3.7 Orden de departamentos.....	28
Figura 3.8 Lay-Out de la planta	28
Figura 3.9 Lay-Out de la planta detallado.....	29
Figura 3.10 Redistribución de la planta	30
Figura 3.11 Racks de almacenamiento	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Materia prima.....	3
Tabla 1.2 Funciones de la materia prima	6
Tabla 2.1 Símbolos estandarizados para la planificación	11
Tabla 2.2 Criterios de evaluación	12
Tabla 2.3 Escala de valoración T.R.A.	13
Tabla 2.4 Escala de comparación de Saaty	15
Tabla 2.5 Categorías de evaluación	15
Tabla 2.6 Requisitos físicos y microbiológicos según NTE INEN 2595:2011	16
Tabla 2.7 Parámetros y metodología de evaluación.....	16
Tabla 2.8 Escala hedónica utilizada para evaluación sensorial.....	18
Tabla 3.1 Etapas del proceso	21

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del problema

En el año 2017 la industria manufacturera mediana en el Ecuador que se han mantenido operativos por un periodo mayor a los 5 años, representó el 10.08% del total de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) constituidas en el país (Revista Ekos, 2017); dentro de este grupo se encuentra los productores de alimentos listos para su consumo o snacks, como los son las barras de cereales. A nivel país son representativas 7 empresas que expenden este tipo de producto, los cuales sumaron ingresos por ventas de \$6,491,280.01 (Superintendencia de Compañías, n.d.).

Por otra parte, las ventas de alimentos orgánicos en los supermercados han tenido un crecimiento del 14.8% si comparamos el año 2017 con respecto a años posteriores y lo que indica la preferencia del consumidor de este tipo de producto que al día de hoy sigue en aumento (Zambrano, 2017).

Es importante recalcar, que los ingredientes que componen una barra de cereal no se encuentran estandarizado, dando como resultado productos que posiblemente no cumplen con la definición de orgánico, por ende, la producción y distribución de este tipo de alimentos satisface la demanda creciente dentro y fuera del territorio ecuatoriano.

Por lo que uno de los retos que se presentan a nivel de las pequeñas industrias, dedicadas a la producción de alimentos orgánicos a escala semi-industrial es la distribución de las operaciones del proceso productivo. Por lo cual, el objetivo del presente trabajo es rediseñar una línea del proceso de elaboración de barra de cereales a escala semi-industrial que a su vez se alinee con las normativas de calidad e inocuidad alimentaria.

1.2. Justificación del problema

La diversificación y demanda del mercado en el campo de alimentos semi-procesados y procesados de origen orgánico para consumo humano como es el caso de las barras de cereales, se ha ido incrementado en los últimos años. Este comportamiento ha resultado en que empresas pequeñas o en vías de expansión se planteen una redistribución de sus líneas de producción, que les permita mitigar problemas que se originan debido a la diversificación en la manufactura de productos; tales como excesos de tiempos de proceso y volúmenes de mermas. Siendo el caso de la empresa patrocinadora, es necesario el rediseño de la línea de proceso para la elaboración de este tipo de producto.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Rediseñar una línea de producción de barra de cereales mediante la metodología de diseño de Muther para la reducción de tiempo y mermas del proceso sin cambiar las características organolépticas del producto.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Establecer los parámetros de operación en las etapas del proceso de elaboración de barras de cereales evaluando sus características fisicoquímicas y microbiológicas.
2. Proponer el rediseño de la línea estimando los costos para una capacidad operativa de 1500 unidades por línea de producción de presentación de 30 gramos.
3. Evaluar la propuesta de diseño a través del proceso analítico jerárquico (AHP).

1.4. Marco Teórico

Las barras de cereales o también conocidas como barras de granola son productos alimenticios obtenidos por la compresión de cereales listos para el consumo (base seca) como la avena, arroz, maíz, frutos secos, etc. y de un sistema ligante (base líquida) para mantenerlos juntos (Zenteno Pacheco, 2014). La matriz de cereales y su fase ligante puede encontrarse en una proporción de peso/peso entre 1.2:0.8 hasta 0.8:1.2 respectivamente (Guzmán, 2009). La fase ligante se compone mayoritariamente de carbohidratos aglutinantes cuya función es la de mantener los ingredientes que conforman la base seca del producto en una forma compacta y proporcionar dulzor a la mezcla (Jaramillo, 2013).

1.4.1. Materias primas

Para la elaboración de barras de cereales se utiliza como materia prima los siguientes productos:

Tabla 1.1 Materia prima

Base seca	Base líquida
Avena	Agua
Arroz crocante sabor a chocolate	Panela
Quinoa	Glucosa
Cacao troceado / banano /	Ácido cítrico

(Elaboración propia)

Avena

Alimento de alto perfil nutricional, no alérgeno, sabor, larga vida útil y estabilidad. Los atributos fisiológicos y nutricionales que destacan de la avena son los β -glucanos, ácidos grasos mono y poliinsaturados, alto nivel de tocoferol, antioxidantes naturales y fibra dietética. De este último se conoce que las fibras dietéticas contribuyen a la prevención de las enfermedades cardíacas, la diabetes, entre otras. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda una ingesta de fibra dietética de al menos 25 g por día (Sterna, Zute, & Brunava, 2016).

Quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es nativa de las regiones andinas. Su grano de alto valor proteico, contiene 16 de los 24 de los aminoácidos existentes, a la vez posee proporciones considerables de almidones, vitaminas, minerales y grasa, lo cual se lo considera como un alimento similar a la leche (Maradini-Filho, 2017).

Su contenido de lípidos se encuentra en un rango del 2% al 9.5%, rico en ácidos grasos como el linoleico, α -linolénico y antioxidantes como el tocoferol, que previenen la oxidación de estos ácidos (Egas, Mazón, Peralta, & Villacrés, 2011).

Arroz crocante

Producto usado con frecuencia en la fabricación de galletas, barras de granola o por sí solo (Holay, Kirkwood, & Raniwala, 1986). El proceso de elaboración del arroz crocante consta de hidrotermia (cocción de almidón en presencia de agua), enfriamiento, secado y expansión explosiva de los gránulos de almidón otorgando su textura característico; aireada, ligera y crujiente (Jiamjariyatam, Kongpensook, & Pradipasena, 2016).

Cacao

El cacao es la semilla extraída de la mazorca o baya del árbol cacaotero (*Theobroma cacao*) originario de la cuenca Amazónica, su transformación inicia con la fermentación de la semilla, tostado y trituración para la obtención de la materia prima que ingresará al proceso de elaboración de barras de cereal. El cacao es rico en compuestos antioxidantes como polifenoles y flavonoles, siendo estos últimos son los componentes mayoritarios, entre los que se encuentran proantocianidinas, antocianidina y catequinas (Durá Esteve, 2017; Requena, 2012; Useche & Ardila, 2004).

Panela

Edulcorante natural no refinado obtenido del procesamiento de jugo de caña de azúcar, del cual se obtiene un producto de similar al caramelo con bajo contenido de agua y sólidos solubles de 88 – 94 °Brix. Además posee un alto contenido de sacarosa (85%) y constituyentes adicionales como azúcares reductores (glucosa y fructosa), minerales (potasio, calcio, fósforo), vitaminas (E y, C), ácidos orgánicos, aminoácidos, entre otros (García, Narváez, Heredia, Orjuela, & Osorio, 2017).

Ácido cítrico

Aditivo utilizado mayoritariamente en la industria de la confitería para otorgar sabor ácido. Su función tecnológica en la producción de barras de granolas radica durante el calentamiento del jarabe de panela ya que, en un medio ácido, la sacarosa se hidroliza y se degrada parcialmente en glucosa y fructosa. Esta conversión parcial es necesaria para prevenir la formación de cristales que pueden ocurrir durante el almacenamiento (Rosenthal, Torrezan, Schmidt, & Narain, 2011), además de reducir la actividad del agua del producto otorgando estabilidad frente al deterioro microbiológico (Edwards, 2009).

Glucosa

Producto de la hidrólisis del almidón del cual se obtiene mezclas de polímeros de D-glucosa (Chávez Paz, 2002). Su uso en la industria de confitería incluye la reducción del tiempo de cristalización del azúcar, generador de brillo, etc. En caso de la elaboración de barras de cereales su función tecnológica es de unión de la materia prima seca y otorgar forma rectangular al producto final (Quitiguiña & Santacruz, 2012).

En la Tabla 1.2 se muestra un resumen de la función de cada materia prima que cumple en la obtención de producto final.

Tabla 1.2 Funciones de la materia prima

Ingrediente	Función nutricional/ tecnológica	Fuente
Avena	Aporte de proteínas	(Sterna et al., 2016; Zenteno Pacheco, 2014)
Quinoa		(Egas et al., 2011; Maradini-Filho, 2017)
Arroz crocante sabor a Chocolate	Textura crocante	(Jiamjariyatam et al., 2016)
Cacao troceado	Sabor dulce Aporte de compuestos antioxidantes	(Durá Esteve, 2017; Requena, 2012; Useche & Ardila, 2004)
Ácido cítrico	Estabilizador	(Edwards, 2009; Rosenthal et al., 2011)
Panela	Sabor dulce Materia prima del jarabe de unión de ingredientes secos	(García et al., 2017)
Glucosa		(Quitiguiña & Santacruz, 2012)
Agua	Hidratación de la panela granulada para la elaboración de jarabe	(Edwards, 2009; Rosenthal et al., 2011)

(Elaboración propia)

1.4.2. Proceso

El proceso de elaboración industrial del producto de barra de cereales inicia con la recepción de materia prima, el pesado de los ingredientes que conforman la base seca, los cuales se mezclan hasta homogenizar. Luego se prepara el jarabe hidratando la panela granulada junto con el agua y temperatura (85 °C aproximadamente) para facilitar el proceso de disolución.

Una vez listo el jarabe se incorpora en los ingredientes secos iniciando una mezcla hasta obtener una masa compacta, el cual posteriormente ingresa a una laminadora otorgando el moldeado del producto en barras rectangulares, éstas se enfrían hasta temperatura ambiente para culminar con el envasado y almacenamiento.

1.4.3. Características del producto terminado

Como resultado del proceso de elaboración, se obtiene una barra compacta, sabor a chocolate de textura crocante, con baja actividad de agua y acidez, características que le otorga una estabilidad frente al ataque microbiano y producción de hongos (Edwards, 2009) siendo su tiempo de vida útil de 6 meses aproximadamente.

El producto es considerado un snack saludable por la combinación de cereales y fruta de alto contenido proteico y fibra, además es libre de alérgenos con un nivel bajo de calorías por porción listo para su consumo (Zenteno Pacheco, 2014)

1.4.4. Diseño de las instalaciones

Los sistemas de producción son el resultado de la interacción de mano de obra, materiales y maquinaria, mismos que deben formar un sistema ordenado que permita el máximo beneficio en lo económico, de seguridad y satisfacción de trabajadores a nivel de micro o macro empresa de alimentos (Casp, 2005). Entre las herramientas técnicas de las que se disponen a nivel de literatura para ser usadas en la distribución de espacios y actividades en industrias están la planeación sistemática de la distribución en una planta (SLP) así como el proceso de análisis jerárquico (AHP).

1.4.5. Planeación sistemática de la distribución en planta (SLP)

Metodología sistemática y organizada el cual según (Casp, 2005) consiste en fijar un cuadro operacional de etapas y los procedimientos que permiten identificar y valorar todos los elementos que se encuentren involucrados en el establecimiento del diseño y las relaciones que existe entre ellos (Ver Figura 1.1).

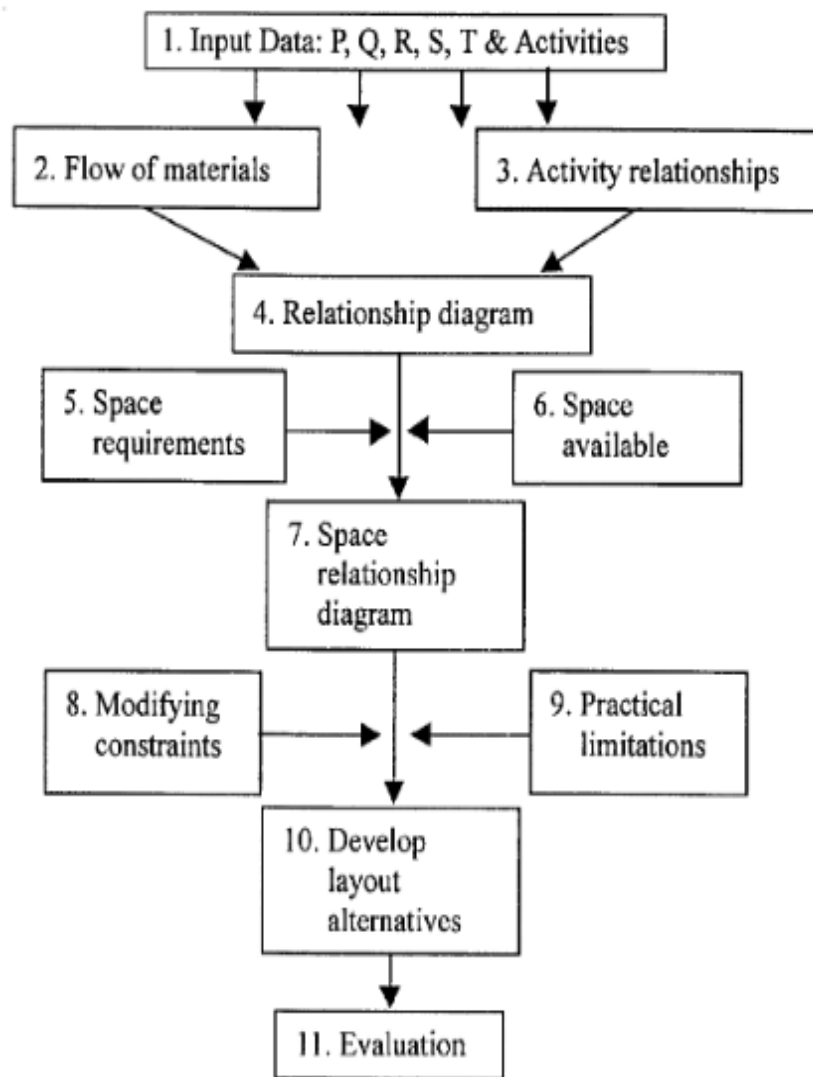


Figura 1.1 Sistema de distribución en planta planteada por Muther (1973)
Fuente: (Yang, Su, & Hsu, 2000)

Proceso de análisis jerárquico (AHP)

Herramienta desarrollada por Thomas Saaty, con la cual es posible estructurar, medir y sintetizar las alternativas en la resolución de problemas asociados a distribución de actividades industriales, cuando se tiene en consideración varios criterios basados en la experiencia y conocimientos de las personas o actores involucrados así como la información recopilada (Osorio & Orejuela, 2008).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En el presente trabajo se emplea la metodología de planeación sistemática de la distribución en planta (SLP) el cual inicia con el análisis de elementos como producto, cantidad, recorrido, servicio o soporte y tiempo, que constituyen la base de un distribución en planta para garantizar la validez de los datos en la etapa de diseño, complementándose con la elaboración del diagrama de flujo de materiales y el análisis cualitativo sobre la cercanía de relación entre los diferentes departamentos que la planta posee.

Seguidamente se establecen los “requisitos de espacio” y “espacio disponible” para determinar el área que se asignará a cada departamento para realizar un diagrama de relación de espacio donde se incluye la información del tamaño del departamento, así como las restricciones y limitaciones adicionales para la elaboración del diseño.

Finalmente se desarrolla las alternativas del rediseño de planta usando un programa informático, en el que se ingresa la información pertinente para la obtención de los resultados, a partir de ello, se aplica la metodología de evaluación AHP para la elección del diseño final conveniente para este trabajo (Yang et al., 2000), incluyendo criterios cuantitativos como la estimación de los costos de producción, grado de aceptación del producto, análisis físico-químicos y microbiológico del producto terminado.

2.1 Descripción general del proceso actual de producción

El proceso productivo de la empresa patrocinadora actualmente no cuenta con parámetros de operaciones establecidos o subprocesos estandarizados. Su producción, es basada en la experiencia y destreza de los operadores.

El proceso productivo empieza con el pesado de las materias primas calculadas para una producción por batch. Posteriormente se realiza la preparación del jarabe utilizando como ingredientes (panela, agua, ácido cítrico y glucosa), el cual se

coloca a una mezcladora con los demás ingredientes (avena, arroz crocante, quinua y cacao) para la mezcla y obtención de una masa compacta. La mezcla obtenida es alimentada a una laminadora semiautomática que le otorga al producto forma y tamaño final. Posteriormente el producto es enfriado hasta temperatura ambiente en bandejas de acero inoxidable para finalmente ser envasados en su empaque primario.

2.2 Diagramas de proceso

Los diagramas de proceso consisten en la descripción de la información del proceso productivo en dos esquemas, el primero (diagrama de flujo de proceso) detalla la información técnica relevante al proceso y el segundo (diagrama de recorrido) detalla las operaciones utilizando símbolos estandarizados para la distribución de actividades en planta.

2.2.1 Diagrama de flujo del proceso

El diagrama de proceso operativo para el producto fue bosquejado con la información obtenida in situ en una jornada completa de producción. En este diagrama, se establecen además los parámetros de procesamiento para las etapas de elaboración de jarabe y mezclado, así como la identificación de los puntos de control a nivel de proceso.

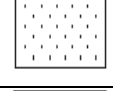
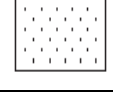
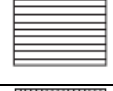
2.2.2 Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido sencillo es elaborado en base a la secuencia de las etapas del proceso productivo. Según (Casp, 2005) la fabricación de un producto puede ser llevado a cabo en cinco acciones a lo largo de su proceso: transporte, operación, inspección, almacenamiento y espera.

Para el diseño de las instalaciones y distribución de planta se utiliza la simbología detallada en la Tabla 2.1 proporcionada por (Casp, 2005), en la cual indica el uso de código de colores adaptados del *International Materials Management Society's, Standard Color, Codes for Use in Layout Planning and Materials Handling*

Analysis. A la vez los símbolos de los diagramas de flujo o de proceso son de los estándares de *American Society of Mechanical Engineers (ASME)*.

Tabla 2.1 Símbolos estandarizados para la planificación

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

Fuente: (Casp, 2005)

2.3 Diagnóstico de distribución de planta

El diagnóstico de la distribución actual de las instalaciones fue realizado considerando los siguientes aspectos que son: volúmenes de producción, relación entre actividades, conformación de la planta física, adyacencias y distancias, así como el análisis y evaluación de distribución en las áreas

Para ello las instalaciones actuales cuentan con un portón para el ingreso de las materias primas, las cuales son recibidas en un área especialmente designada para cumplir el proceso de revisión, clasificación y almacenamiento en la bodega de materia prima.

Junto a la bodega de materia prima se encuentra en forma contigua el área de pesado, y la puerta de ingreso al área de producción; misma que se conforma por el área de cocción, mezcla, lavado y laminado. El área de laminado consta de una tolva, una maquina laminadora, y los utensilios necesarios para la producción.

Finalmente, se dispone del área de empaque, donde está ubicada la máquina empacadora y un mesón donde se organiza los productos terminados y su almacenamiento previo a su despacho.

2.3.1 Análisis de volumen de producción

El volumen de producción para el rediseño se analizó considerando el histórico con el que cuenta la empresa para su cartera de productos que actualmente comercializa: barras de cereal sabor a cacao, piña y banano, emperando un diagrama de Pareto. Los tiempos que toma la producción de varios lotes del producto con mayor demanda puede observarse en el Apéndice B.

2.3.2 Diagrama de relación de actividades

Como parte de la metodología de planeamiento sistemático de distribución de planta se elaboró una Tabla Relacional de Actividades (T.R.A.), para establecer las relaciones existentes entre las operaciones productivas y las que son consideradas no productivas, evaluando la necesidad de proximidad entre ellas basado en diversos criterios detallados en la Tabla 2.2. Las ponderaciones o valoraciones de dichos criterios fueron propuestas por Muther y son definidos en la Tabla 2.3 (Casp, 2005).

Tabla 2.2 Criterios de evaluación

Motivo	
1	Proximidad del proceso
2	Higiene
3	Inspección y control
4	Calor
5	Malos olores, ruido

Motivo	
6	Seguridad del producto
7	Utilización material común
8	Accesibilidad

(Elaboración propia)

Tabla 2.3 Escala de valoración T.R.A.

Proximidad		Color asociado
A	Absolutamente necesario	Rojo
E	Especialmente importante	Amarillo
I	Importante	Verde
O	Ordinaria	Azul
U	Sin importancia	Negro
X	No deseable	Café

Fuente: (Casp, 2005)

2.3.3 Planta Física

La distribución física de la planta se obtuvo mediante la medición de las áreas in situ utilizando un flexómetro de 5 metros, las medidas tomadas son a escala y representan la distribución que se evalúa en el proyecto. A la vez y con el fin de tener una idea más real de la distribución, se utilizó la herramienta AutoCAD, elaborando un plano, para mostrar la distribución de cada departamento y su dimensión respectiva.

2.3.4 Adyacencias y distancias

El análisis de adyacencias y distancias se realizó a través de una evaluación in situ del recorrido de los materiales a lo largo de la línea de producción actual, visualizando actividades adyacentes y actividades que no lo son para detectar los cruces entre ejecución de actividades. Se utilizó un diagrama de espagueti, observando la secuencia y movimientos donde se presentan cruces de líneas.

2.3.5 Análisis de distribución del proceso productivo.

El proceso productivo se analizó considerando el argumento técnico propuesto en la Normativa del Ministerio de Salud Pública Art. 73 literal b) que indica, que el movimiento de los materiales debe de seguir un flujo hacia adelante (ARCSA, 2015). Así mismo se determinó el método de inventarios FIFO (First in, First out) o LIFO (Last In, First Out) que se maneja en las áreas de recepción de materiales y despacho de producto.

2.3.6 Procesos y evaluación de distribución de espacios por áreas.

La información obtenida de los ítems 2.3.1 al 2.3.5 fue compilada para ser utilizada en la elaboración de una descripción del tipo de proceso operativo que maneja la empresa, de las actividades desarrolladas en cada área de trabajo, así como la evaluación del espacio utilizado actualmente es decir si está sub o sobre utilizado y poder evaluar la mejor dimensión para cada espacio, considerando los equipos y utensilios que son fundamentales para su funcionamiento.

2.4 Generación de alternativas de distribución.

Las alternativas de distribución para las áreas de la planta y en especial para las áreas relacionadas al proceso productivo, fueron generadas con el software informático Corelap. Para ello se empleó la información recopilada de los ítems 2.3.1 al 2.3.5, obteniéndose propuestas de distribución de los espacios objetos de estudio.

2.5 Evaluación y selección de alternativas de distribución en planta.

La selección de la alternativa de distribución se la realizó empleando la metodología de evaluación por Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) por sus siglas en inglés *Analysis Hierarchical Process* (Osorio & Orejuela, 2008). Este método, utiliza las comparaciones entre pares de elementos construyendo matrices para establecer prioridades entre los elementos de un nivel con respecto a otro elemento del nivel inmediato superior. La metodología involucra el uso de 8 categorías de evaluación detallados en el apartado 2.5.2

2.5.1 Proceso AHP

El proceso de evaluación de AHP comienza con el establecimiento de la escala de mediciones, debido a que las comparaciones entre pares de factores objetivos y subjetivos, en AHP requiere del uso de esta escala el cual provee una universalidad y sencillez al método para la toma de decisiones (Osorio & Orejuela, 2008; Yang et al., 2000). La escala utilizada es la propuesta por Saaty misma que se detalla en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Escala de comparación de Saaty

Importancia	Definición
1	Igual importancia
3	Moderada importancia
5	Importancia fuerte
7	Importancia muy fuerte
9	Extrema importancia
2,4,6,8	Por compromiso entre los valores anteriores

Fuente: (Osorio & Orejuela, 2008; Yang et al., 2000)

2.5.2 Categorías de evaluación

La selección de la mejor distribución de planta se realizó considerando 8 categorías de evaluación que se detallan en la Tabla 2.5 (Yang et al., 2000).

Tabla 2.5 Categorías de evaluación

Número	Categorías de evaluación
1	Maximizar la calidad del proceso
2	Maximizar la productividad
3	Maximizar la capacidad del proceso
4	Maximizar la flexibilidad del diseño
5	Maximizar el flujo WIP (Control de trabajo en proceso)
6	Maximizar los factores humanos
7	Maximizar el mantenimiento
8	Minimizar el costo-impacto (estimación de costos)

Fuente: (Yang et al., 2000)

Para fines de este proyecto se establecen 5 categorías para evaluar las alternativas de diseño, estas son: Maximizar la calidad y capacidad del proceso, la productividad, los factores o recursos humanos y minimizar el costo-impacto.

2.5.2.1 Calidad del proceso

Durante la producción de barras de cereales, la calidad del producto final es considerada un punto importante para su venta al consumidor. La calidad del proceso es la respuesta al correcto establecimiento de los parámetros de producción y la aplicación de las buenas prácticas de manufactura.

2.5.2.2 Análisis microbiológico

Las pruebas microbiológicas fueron realizadas adoptando el cumplimiento de las especificaciones establecidas en la norma NTE INEN 2595:2011 Granolas. Requisitos, mostrado en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6 Requisitos físicos y microbiológicos según NTE INEN 2595:2011

Norma	Requisito físico	Requisito microbiológico		Contaminantes	
		M.O	Máximo	Metal pesado	Máximo
NTE INEN 2595:2011	Humedad < 10%	Aerobios Mesófilos,(ufc/g)	10 ⁵	Plomo mg/kg	0.2
		Mohos, (upc/g)	10 ³		
		Coliformes (ufc/g)	10 ²	Cadmio mg/kg	0.1
		Bacillus cereus	10 ⁴		
		Salmonella sp.	Ausencia/ 25g		

Fuente: (INEN, 2011)

2.5.2.3 Pruebas físico químicas

Las pruebas físico-químico del producto final a ser cuantificadas en el presente proyecto se detallan en la Tabla 2.7

Tabla 2.7 Parámetros y metodología de evaluación

Parámetros	Metodología
Humedad	Termobalanza

Actividad de agua	AquaLab
pH	NTE INEN 389
Sólidos solubles	AOAC 932.12 (2005)
Acidez total titulable	NTE INEN 521 con modificaciones

(Elaboración propia)

Determinación de acidez total titulable

Las modificaciones para esta prueba fueron planteado por (Morales, 2016) la cual consiste en pesar 5 g de muestra adicionando 50 ml de agua destilada. Posterior a ello, se titula la mezcla con NaOH 0.1 N hasta el viraje del pH a 8.2, usando potenciómetro marca BOECO BT-600. El proceso se realizó por triplicado y la cuantificación se determinó según la ecuación [1], cuyos resultados se expresan en porcentaje de ácido sulfúrico

$$A = \frac{Vx N x M x 100}{V} \quad (1)$$

Dónde:

A: Acidez titulable [meq/kg]

V: Volumen de NaOH utilizado.

N: Normalidad de la solución de NaOH.

M: Mili equivalente del ácido sulfúrico (0,049).

V: Volumen total de la muestra.

2.5.2.4 Panel sensorial

La evaluación de aspectos sensoriales relacionados al producto: sabor, color, crujencia y aceptación general, se realizó mediante un panel sensorial a 30 jueces no entrenados. El proceso incluyó las indicaciones o instrucciones respectivas previas a la degustación, las cuales se detallan en apéndice A. Se utilizó una escala hedónica de 7 puntos mostrados en la Tabla 2.8 de cuyo resultado se obtuvo información acerca del nivel de aceptación de la muestra.

Tabla 2.8 Escala hedónica utilizada para evaluación sensorial

Escala	Puntaje
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

(Elaboración propia)

2.5.2.5 Estimación de costos

La estimación de costos se la elaboró en base a información previa del precio de cada materia prima y su material de empaque (primario y secundario), la estimación del costo de servicios auxiliares como son de energía, gas y agua, así como la estimación del costo de mano de obra directa e indirecta. Además, se realizó la estimación del precio de venta al público y su margen de contribución (ganancia) y posteriormente se realizó un análisis financiero del proyecto para obtener la utilidad neta anual del producto.

2.5.3 Desarrollo de matrices

El desarrollo de las matrices se realizó en base a la comparación de las alternativas de diseño de producción a través de varias iteraciones de manera biunívoca, es decir, de par en par dentro de una matriz. Como el proceso de comparación se realiza en los dos sentidos, por ejemplo: alternativa 1 vs alternativa 2 y alternativa 2 vs alternativa 1, la matriz presentará valores inversos, así como valores de 1, ya que este refleja la comparación del factor contra el mismo. El proceso anterior también debe realizarse con los criterios escogidos para la evaluación de dichos diseños.

Posteriormente las matrices deben ser normalizadas, para la obtención del vector de prioridad, el cual representa el peso relativo de cada criterio y alternativas, mostrándose en una columna de la derecha de cada matriz respectivamente.

Los vectores de prioridad obtenidos para cada criterio son usados para elaborar la matriz de prioridad siendo la multiplicación matricial con el vector de prioridad; de este paso resulta un vector denominado vector de prioridad de las alternativas, siendo la solución del problema del presente trabajo, ya que presenta las

$$CI = \frac{(\lambda_{M\acute{A}X} - m)}{m - 1} \quad (2)$$

alternativas con su porcentaje de preferencia.

2.5.3.1 Coeficiente de consistencia

El proceso de selección del mejor diseño de planta se complementa con el cálculo del coeficiente de consistencia, en él se valida que los juicios desarrollados no tengan errores entre sí, es decir, que no se haya producido contradicciones. El valor de este coeficiente debe ser inferior a 0.10 para ser considerado aceptable, caso contrario se reevalúan las opiniones y los juicios.

Según el trabajo de (Osorio & Orejuela, 2008) el proceso de cálculo de este coeficiente se debe hacer el uso del presente algoritmo detallado a continuación, el mismo que debe aplicarse a todos los criterios:

- Para cada línea de la matriz de comparación por pares, se debe determinar una suma ponderada con base a la suma del producto de cada celda por la prioridad de cada alternativa o criterio correspondiente.
- Para cada línea, dividir su suma ponderada por la prioridad de su alternativa o criterio correspondiente.
- Determinar la media $\lambda_{M\acute{A}X}$ del resultado de la etapa anterior.
- Calcular el índice de consistencia CI para cada alternativa o criterio:

Donde m = Número de alternativas

- Determinar el índice aleatorio IA , se selecciona según la tabla 2.9

- Calcular el coeficiente de consistencia CC_i

$$CC_i = \frac{CI}{IA} \quad (3)$$

Tabla 2.9 Índice aleatorio para el cálculo del coeficiente de consistencia

Número de alternativas de Decisión (m)	Índice Aleatorio (IA)
3	0.58
4	0.9
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41

Fuente: (Osorio & Orejuela, 2008)

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El presente capítulo detalla los resultados obtenidos relacionados con la metodología de trabajo propuesta en el capítulo 2. Se describen los diagramas de flujo de proceso y de recorrido sencillo, así como la tabla de relación de actividades la cual es necesaria para la elaboración de las alternativas de distribución de planta. De igual forma, se muestran los resultados concernientes a la recopilación de información de las adyacencias y distancias que posee la planta en la actualidad y la propuesta de rediseño obtenida a través de un software informático.

Finalmente, se detallan los resultados de cada categoría establecidas para el proceso de evaluación AHP, los cuales incluyen análisis físico-químicos, análisis microbiológicos, sensoriales y la estimación de costos de producción actual y de la propuesta justificando la selección de la mejor alternativa de distribución de las instalaciones.

3.1 Diagramas de proceso

3.1.1 Diagrama de flujo de proceso

La Tabla 3.1 y Figura 3.1 detalla el diagrama de flujo del proceso de producción de barra de cereales obtenido, el mismo que consta de 8 etapas

Tabla 3.1 Etapas del proceso

Etapas
Recepción de materia prima
Pesado
Elaboración de jarabe
Mezclado
Moldeado
Enfriamiento
Envasado
Almacenamiento

(Elaboración propia)

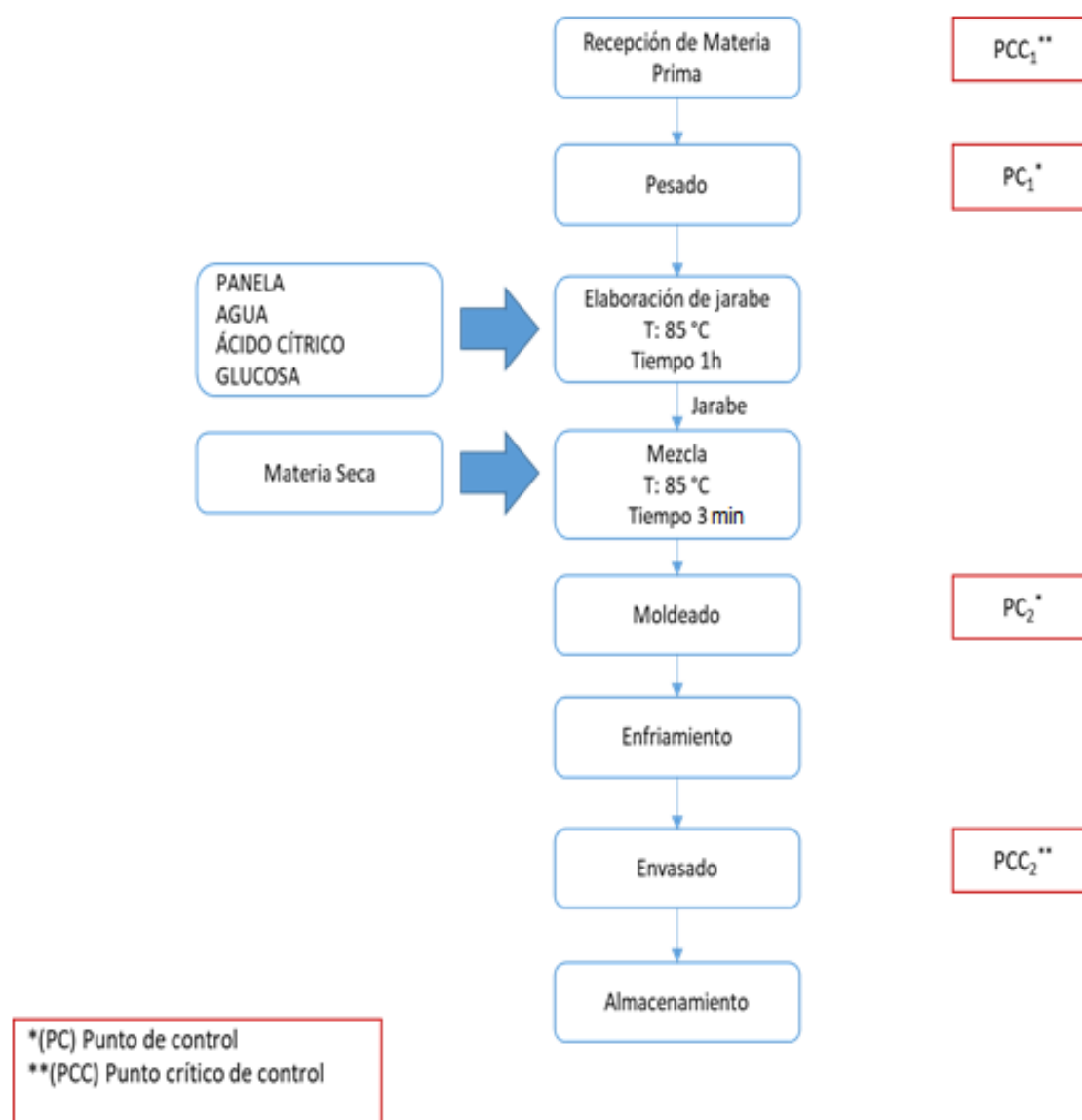


Figura 3.1 Diagrama de flujo de proceso

(Elaboración propia)

3.1.2 Diagrama de recorrido sencillo

La Figura 3.2 detalla el diagrama de recorrido sencillo en donde se muestran las acciones que se utilizan en la fabricación del producto: transporte operación, inspección y almacenamiento.

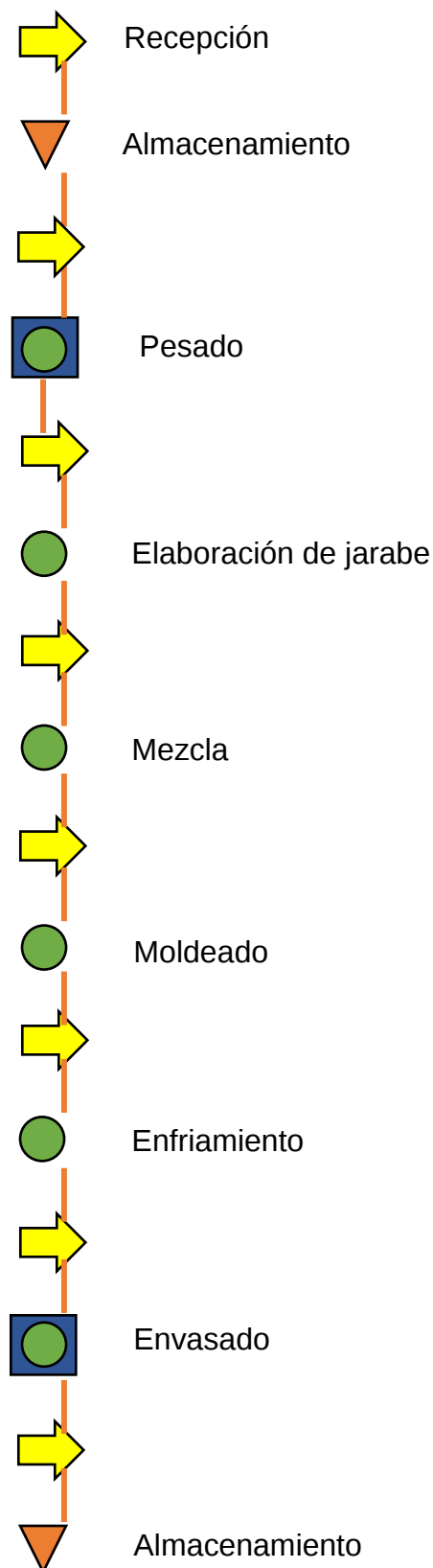


Figura 3.2 Diagrama de recorrido sencillo

(Elaboración propia)

3.1 Volumen de producción

La Figura 3.3 detalla el volumen de producción obtenido del histórico de los 3 productos elaborados en la planta durante los meses de mayo a octubre del 2018.

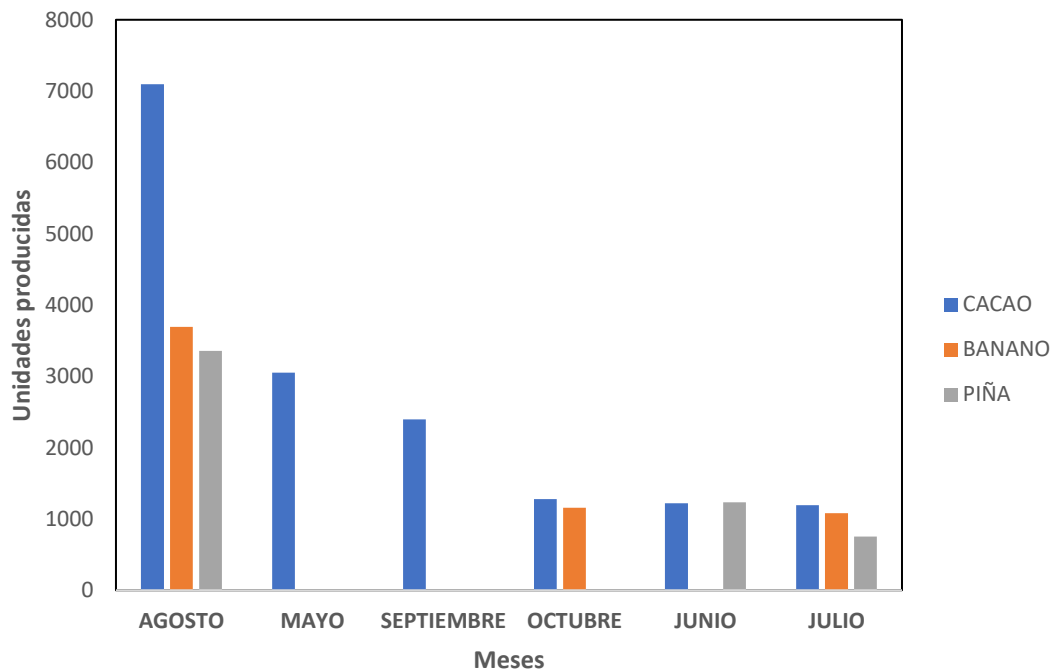


Figura 3.3 Diagrama de Pareto de histórico de producción

(Elaboración propia)

Según la gráfica el producto de mayor demanda es el de sabor a cacao, cuyo pico de producción fue de 7097 unidades vendidas en agosto, por lo tanto, es el sabor elegido para el análisis de la línea de producción del presente trabajo.

3.2 Diagrama relacional de actividades

La Figura 3.4 detalla la información de la interrelación del proceso productivo y administrativo evaluado, para su uso en el software de diseño CORELAP y así obtener las alternativas para el rediseño de la línea de producción

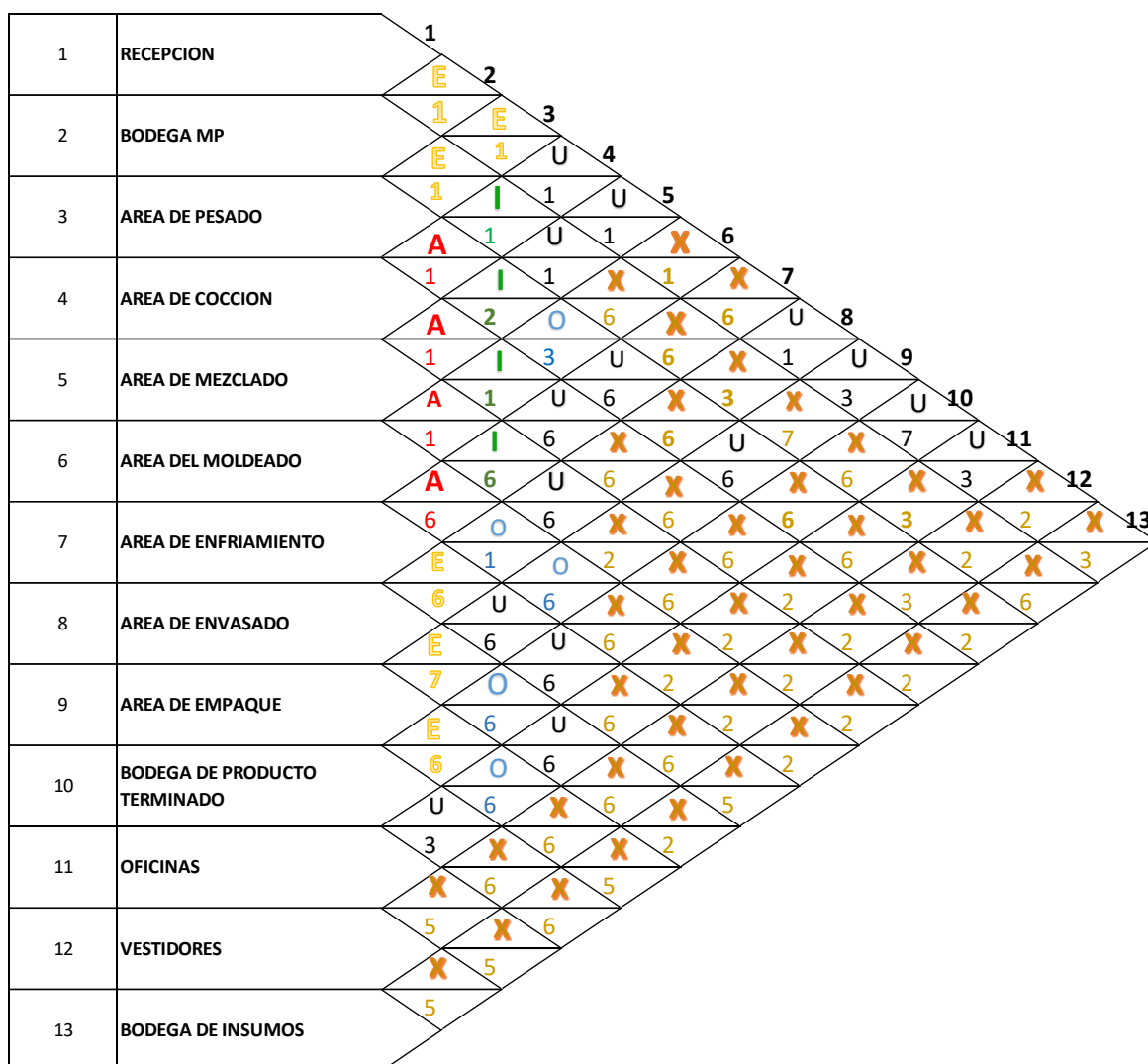


Figura 3.4 Diagrama de relacional de actividades de la planta actual

(Elaboración propia)

3.3 Planta física

El apéndice C detalla las secciones y medidas de las áreas correspondientes a las condiciones de distribución actual. Las instalaciones fueron separadas en 3 secciones principales: área de manejo de materias primas, área de trabajo (producción/empaque), y el área de oficinas administrativas ubicadas en un segundo nivel. El área total de producción corresponde a las secciones 1 y 2, puesto que las oficinas no están consideradas dentro del ámbito del presente estudio, por ende, el área total disponible es de 175.812 m².

3.4 Adyacencias y distancias

La Figura 3.5 detalla el análisis realizado con el diagrama de espagueti sobre las adyacencias y distancias de la planta actual, además muestra las intersecciones del proceso actual de producción.

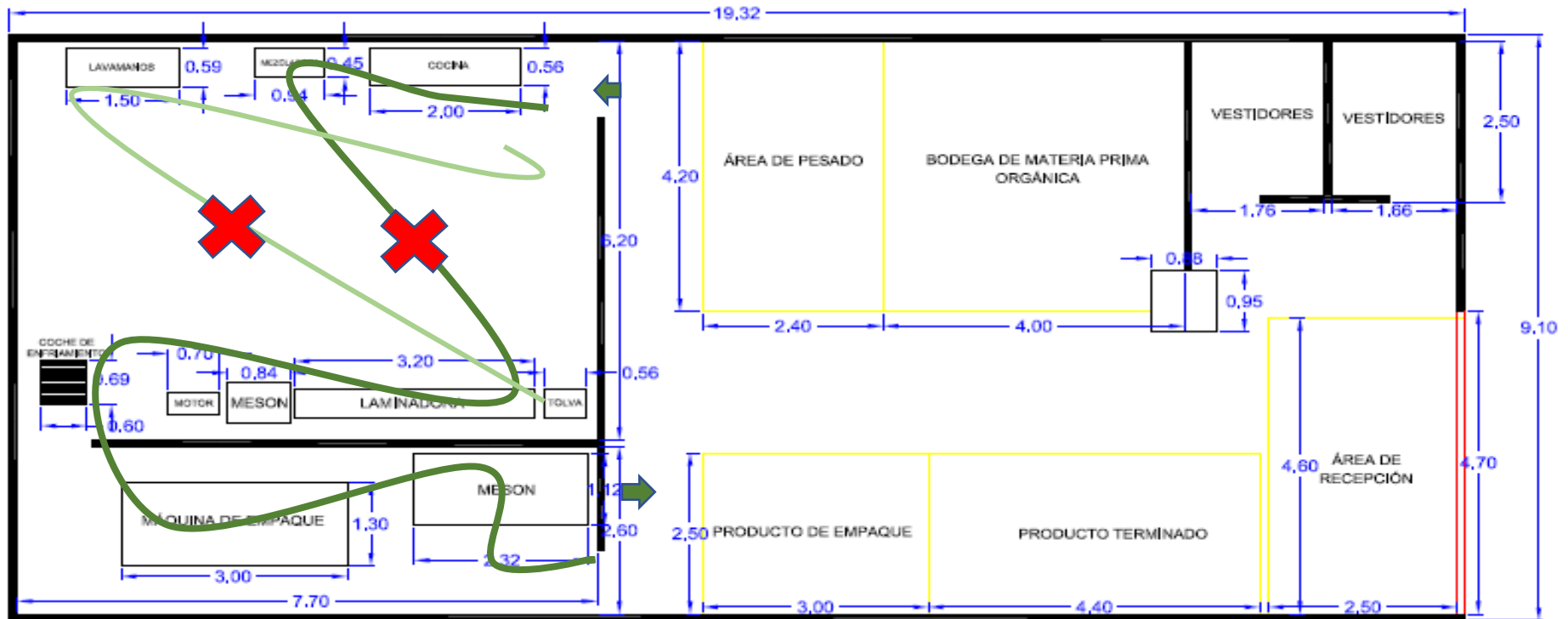


Figura 3.5 Adyacencias y distancias de la planta actual

(Elaboración propia)

La redistribución de las áreas de proceso se basó en la secuencia del flujo de actividades (Figura 3.1). El apéndice D, detalla los cálculos realizados para obtener la superficie estática, superficie de gravitación y superficie de evolución para cada área de trabajo. Con esta información se confirmó el área total necesaria o requerida para la redistribución de las instalaciones.

El apéndice E detalla un resumen de las áreas actuales (antes) versus las áreas calculadas (después), necesarias para el funcionamiento de las áreas de trabajo.

3.5 Generación de alternativas de distribución

La Figura 3.6 y Figura 3.7 detallan el análisis de la información obtenida en los apartados 3.1, 3.3 y 3.4. Las figuras describen el ingreso de la información al software, con el propósito de generar alternativas de distribución y definir el Layout más funcional para las instalaciones. Con el análisis del espacio físico de la planta y la generación de la distribución gráfica con el software, se determinó la mejor opción para el rediseño, el cual se presenta como alternativa única en la Figura 3.8.

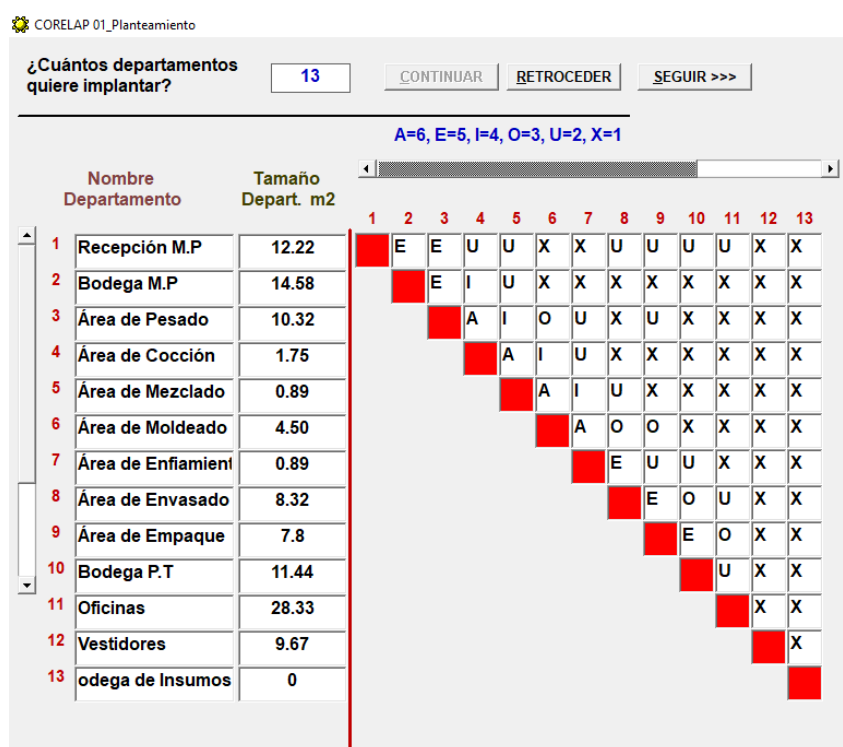


Figura 3.6 Planteamiento

ORDENACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS POR IMPORTANCIA			
Orden	Nombre	TCR	Superficie m2
1.-	Área de Pesado	32	10.32
2.-	Área de Moldeado	31	4.5
3.-	Área de Mezclado	31	0.89
4.-	Área de Cocción	30	1.75
5.-	Área de Enflamier	28	0.89
6.-	Área de Envasado	27	8.32
7.-	Área de Empaque	27	7.8
8.-	Recepción M.P	26	12.22
9.-	Bodega M.P	24	14.58
10.-	Bodega P.T	21	11.44
11.-	Oficinas	17	28.33
12.-	Vestidores	12	9.67
13.-	Bodega de Insum	12	0

Solución Gráfica

☐ Calcular Iteraciones

Superficie Requerida < Superficie Disponible

Superficie Requerida:
110.71

Superficie Disponible:
175.812

Figura 3.7 Orden de departamentos



Figura 3.8 Lay-Out de la planta

La Figura 3.9 detalla la distribución obtenida con los nombres de los departamentos. El diseño propuesto relaciona a una distribución en S entre las áreas, empezando por el manejo de materias primas (7, 6), continuando con la etapa de pre-proceso (1,2). Seguidamente se encuentran el área de producción y empaque (3, 4, 5, 8, 9, 10). Así mismos se aprecia, que los departamentos que no forman parte del ciclo de producción (13, 12, 11), están situados en una zona que no comprometen ninguna de las actividades principales que intervienen en la elaboración de los productos.

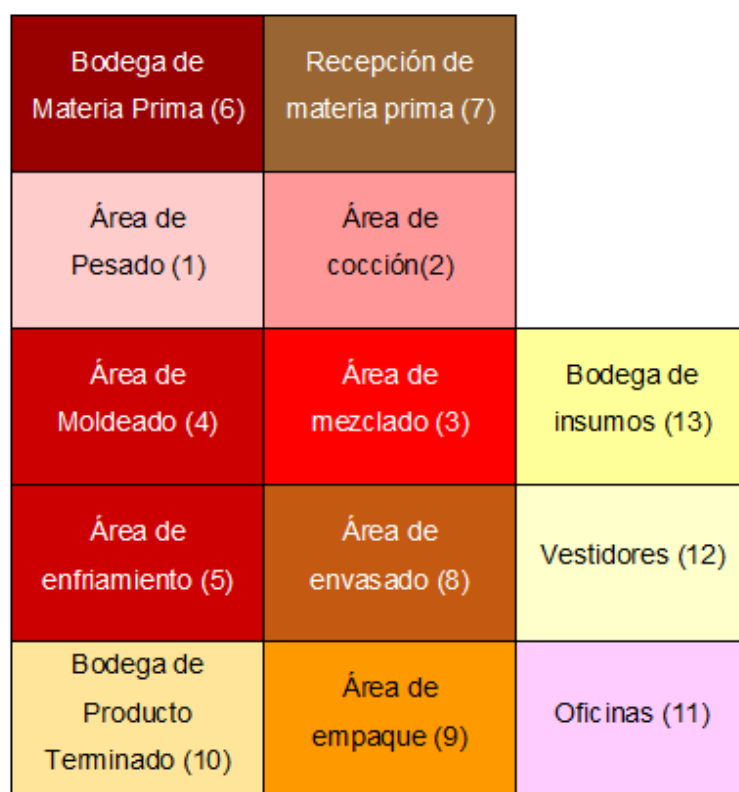


Figura 3.9 Lay-Out de la planta detallado

(Elaboración propia)

La Figura 3.10, presenta el rediseño de la planta en base al análisis de los espacios físicos, flujos de procesos y lay out detallados en este capítulo, con lo cual se mejorará los tiempos de producción, reducción de las mermas dando cumplimiento a la vez a normativas vigentes de distribución.

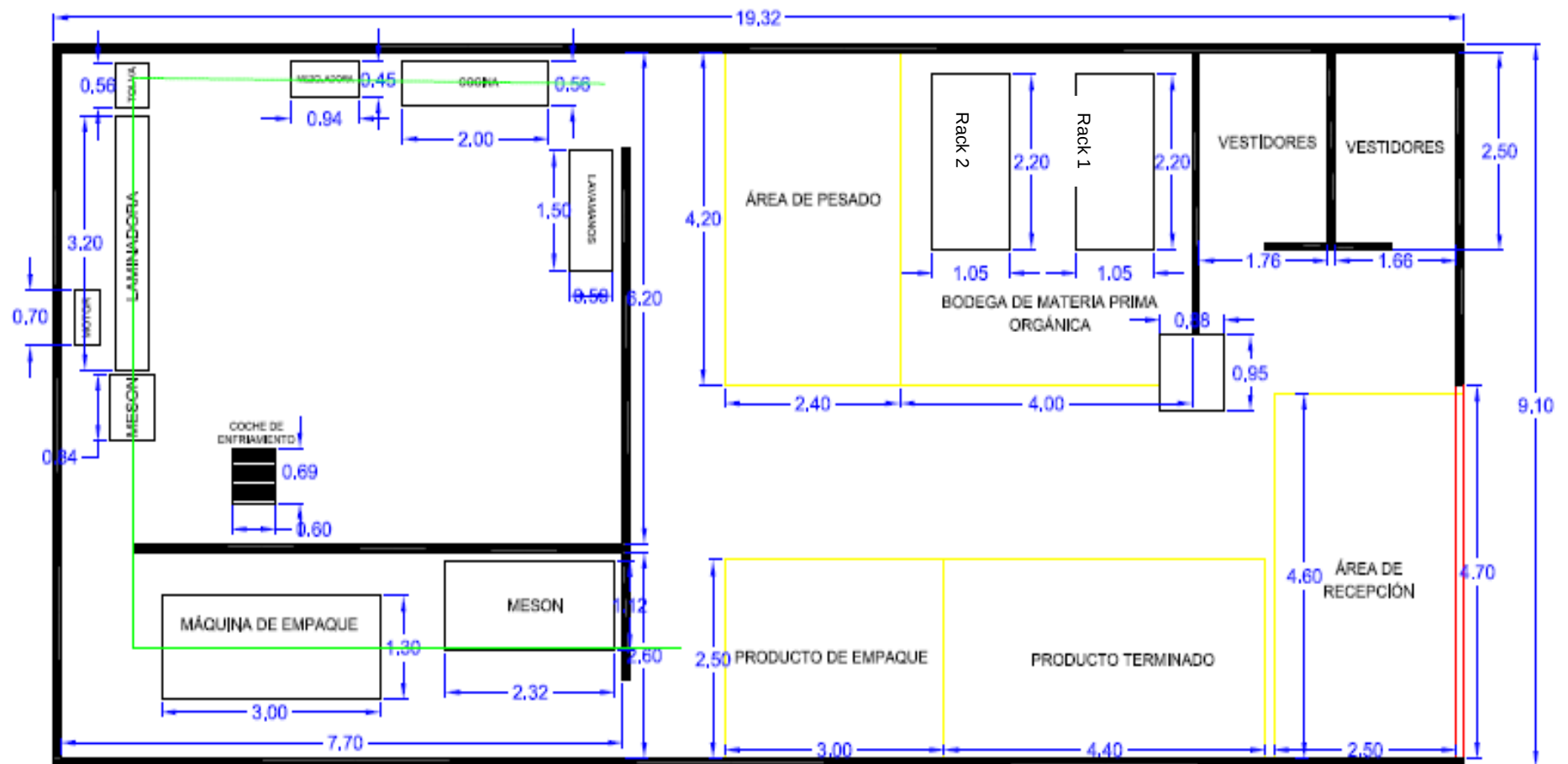


Figura 3.10 Redistribución de la planta

(Elaboración propia)

Para mejorar trazabilidad de las materias primas, se ha implementado 2 racks en su bodega (Figura 3.11), e integrar el ordenamiento de los productos usando el método FIFO, es decir, se ingresan y se almacenan en orden de llegada, para ser despachados en el mismo orden.



Figura 3.11 Racks de almacenamiento

Fuente: Alfaarack S.A.

3.5.1 Equipos propuestos

Para el presente estudio, las alternativas a ser analizadas están relacionadas a equipos que se utilizarían con el rediseño propuesto; esto quiere decir que nuestra restricción principal son las medidas de los equipos; por lo tanto, los equipos considerados para su cambio serían la laminadora y la empacadora. Los apéndices F y G detallan un comparativo de los equipos usados actualmente en planta y los equipos seleccionados (automático) para su reemplazo respectivamente.

La principal ventaja del reemplazo es mitigar las mermas actualmente existentes en la línea de proceso y optimizar el tiempo de limpieza y mantenimiento diario, por el diseño y facilidad de uso de los mismos. La eficiencia de los equipos permitirá un aumento en la producción en al menos 2 lotes al día. Las medidas de los dos equipos (actual y propuesto), cumplen con las restricciones de espacios para rediseño de la planta

3.6 Evaluación

3.6.1 Calidad del producto final

Como categoría de evaluación del proceso AHP, se estableció que la calidad del producto es uno de los aspectos a considerar, para lo cual la caracterización físico-química, las pruebas microbiológicas y el análisis sensorial son objeto de estudio.

Pruebas microbiológicas

El apéndice H muestra los resultados de las pruebas microbiológicas al producto terminado, mismos que cumplen con la norma nacional, es decir el producto no evidencia riesgo del tipo microbiológico para su comercialización. El apéndice I, presenta la comparación con los parámetros de la norma INEN.

Pruebas físico-químicas

El apéndice J detalla los resultados de las pruebas realizadas, los mismos indican un cumplimiento de los parámetros de humedad, sin embargo el valor de actividad de agua obtenido (0.64), es un indicativo que el producto está en la zona hipotética II de la división del agua contenida en un producto, haciéndolo susceptible al crecimiento de hongos y levaduras (Dergal, 2006), lo cual es característico en este tipo de producto.

Panel sensorial

El apéndice K detalla los resultados obtenidos de los jueces en la evaluación sensorial. A criterio de los jueces indistintamente del sexo, el parámetro crujencia fue categorizado en el nivel de “me gusta ligeramente”, es decir los jueces coinciden en que debe mejorarse esta característica.

Con lo relacionado a todos los criterios de evaluación, se destaca que las calificaciones de los jueces del género femenino son mayores (me gusta ligeramente y me gusta moderadamente), que los del género masculino (me gusta ligeramente y ni me gusta ni me disgusta); así pues, el producto sabor a cacao, posee una aceptación moderada por parte del género femenino, sin descuidar que el género masculino califica al producto como atractivo ligeramente.

3.6.2 Estimación de costos de producción actual

Para los cálculos de costos de producción, se consideró la siguiente información: 5 batch por semana lo cual es equivalente a un total de 1760 barras de cereal; 176 cajas de 10 unidades por lote. La jornada laboral consiste en 8 horas diarias, 5 días a la semana, en total 20 días laborales al mes y 240 días al año.

Costo de materia prima y material de empaque

El apéndice L-I, detalla los costos de los rubros materia prima y material de empaque por lote, dicha información fue proporcionada por la empresa, ya que cuenta con proveedores certificados.

Costo de mano de obra directa

La determinación de costos de mano de obra directa, se encuentran detallados en el apéndice L-II, considerando una remuneración mensual de \$386 que la empresa designa por operario a tiempo completo y una remuneración de \$250 mensuales designado a la supervisión de producción con contrato de medio tiempo. La estimación de este rubro incluye los beneficios de ley como el décimo tercer y décimo cuarto sueldo (\$386), las aportaciones mensuales al seguro social: aporte personal y patronal (20.6%).

Costo y depreciación de equipos

El apéndice L-III detalla el costo correspondiente a los equipos adquiridos por la empresa para la línea de producción actual. Así mismo detalla el tiempo de vida útil de cada equipo y la depreciación anual que corresponde al 10%.

Costos de consumo de energía eléctrica

El apéndice L-IV detalla el consumo de energía eléctrica por uso de equipos en la línea de producción. Para el cálculo, se considera la potencia de cada equipo, obtenido por medio de las fichas técnicas del proveedor.

Costos de consumo de gas

La planta hace uso de un tanque de gas de uso doméstico para la elaboración del jarabe ligante. El apéndice L-V, detalla el cálculo de este rubro, considerando una temperatura del jarabe inicial y final de 27 °C y 85 °C respectivamente y un costo del gas de \$4.00.

Costos indirectos

El apéndice L-VI, detalla los valores de costos indirectos como el material de oficina y suministros de limpieza.

Costos indirectos de fabricación

El apéndice L-VII detalla los costos de suministros (guantes, cofias mascarillas) y servicios auxiliares (agua y gas) utilizados por lote, así como el costo de “otros indirectos de fabricación” en los que se incluye al arriendo del galpón industrial, internet y depreciación de activos fijos.

Costos de producción

El apéndice L-VIII detalla los costos de producción para una presentación de 30 gr de peso neto. Cabe acotar, que la proporción de ingredientes fue unificada con el objetivo de preservar la información confidencial otorgada para realizar el presente análisis. El precio de venta al público estimado es de \$0.60, con un margen de contribución del 50%.

Costo variable unitario

Con la información obtenida del apéndice L-VIII, se estima el costo variable unitario por medio de las siguientes fórmulas:

$$\% = \frac{CIF}{MOD} \quad (4)$$

Dónde

CIF: Costos indirectos de fabricación (costos indirectos e impuestos)

MOD: Costo de mano de obra directa

$$\% = \frac{\$1898,25}{\$636} = 2.98$$

$$\text{Costo variable} = CIF * \% = \$56,5678 \quad (5)$$

$$\text{Costo variable unitario} = \frac{\text{Costos directo} + \text{Costo variable}}{\text{Unidades mensuales}} \quad (6)$$

$$CV_u = \frac{\$5.647,05 + \$56,5678}{35200} = \$ 0.162$$

Punto de equilibrio

El apéndice L-IX, detalla el punto de equilibrio estimado considerando los costos fijos anuales y variable por paquete del producto, mismo que es igual a 67939 unidades de 30 g.

$$Q_E = \frac{CF}{P - CV_U}$$

$$Q_E = \frac{\$29755,15}{\$0.60 - \$0.162}$$

$$Q_E = 67,939.88 \approx 67,939 \text{ unidades}$$

Análisis financiero

El apéndice L-X, detalla el análisis financiero realizado. Para el cálculo del VAN y TIR se consideraron las ventas anuales estimadas para el año 2018, la depreciación anual de los equipos y gastos administrativos necesarios.

3.6.3 Estimación de costos de producción de alternativas de rediseño

Esta estimación de costos fue realizada en función de la reducción de mermas, con el uso de los equipos propuestos y aumento de producción descritos en el apartado 3.6.1. La información de costos de materia prima, material de empaque, mano de obra directa, costos indirectos y costos indirectos de fabricación se mantienen (apartado 3.7.2.)

Costo y depreciación de equipos

El apéndice M-I, detalla el costo de los equipos propuestos (laminadora automática y envasadora) para su adquisición e implementación en la línea de producción, considerando un tiempo de vida útil de cada equipo a adquirir de 10 años con depreciación anual del 10%.

Costos de consumo de energía eléctrica

El apéndice M-II, detalla el consumo de energía eléctrica por parte de los equipos actuales utilizados en la elaboración del producto y de los propuestos para la implementación de mejoras a nivel productivo.

Costos de consumo de gas

El apéndice M-III, detalla el cálculo de consumo de gas debido al aumento del lote de producción a dos lotes diarios, los parámetros de temperatura inicial y final no varían.

Costos de producción

El apéndice M-IV detalla los costos de producción de la barra de cereal con la propuesta de equipos para la mejora del proceso productivo. El precio de venta al público estimado con la propuesta se mantendría en \$0.60 por unidad, pero con un margen de contribución del 71%.

Costo variable unitario

Con la información obtenida del apéndice M-IV se hace uso de las fórmulas 5 y 6 para la determinación del costo variable y costo variable unitario, apéndice M-V.

Punto de equilibrio

El apéndice M-VI, detalla el punto de equilibrio considerando los costos fijos anuales y variables para el producto detallados en el apéndice M-V. El punto de equilibrio estimado es igual a 67202 unidades de 30 g.

$$Q_E = \frac{CF}{P - CV_U}$$

$$Q_E = \frac{\$30694.07}{\$0.60 - \$0.143}$$

$$Q_E = 67,202.77 \approx 67,202 \text{ unidades}$$

Análisis financiero de la alternativa propuesta

El apéndice M-VII, detalla el análisis financiero de la alternativa de mejora propuesta. Para el cálculo del VAN y TIR se consideraron las ventas anuales estimadas para el año 2019, la depreciación anual de los equipos y gastos administrativos necesarios.

3.7 Desarrollo de matrices

Matriz de comparación de alternativas

El apéndice N, muestra la comparación entre las alternativas, donde se establecen valores según el peso de importancia entre ellas. La matriz se normaliza según el proceso descrito en la metodología apéndice Ñ.

Matriz de comparación de los criterios

El apéndice O, detalla la matriz de comparación entre los criterios asignando valores según el peso de importancia que se obtuvieron en los resultados de análisis físicos-químicos, microbiológicos y de costos. La matriz se normaliza (apéndice P) según el proceso descrito en la metodología.

Acorde al apéndice Q, la alternativa a elegir es la número 2, misma que integra los nuevos equipos para reducción de mermas, así como su ubicación, flujo y capacidad, lo cual ayuda económicamente a la producción a grandes escalas. Sin embargo, antes de concluir y seleccionar esta alternativa, se realiza el cálculo del coeficiente de consistencia de cada alternativa para validar que los juicios establecidos durante este proceso, no posean contradicciones entre sí.

Coeficiente de consistencia

Los coeficientes de consistencia obtenidos acorde a la metodología AHP son detallados en el apéndice R, donde todos los valores son menores a 0.1 por lo tanto, se pueden utilizar los resultados dados por el método y se concluye que la mejor alternativa que se ajusta a la mejora de proceso, reducción de mermas y costos es la alternativa 2.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Las condiciones de procesos necesarias para la preparación del jarabe (temperatura) y el mezclado (tiempo) de los ingredientes son 85 °C y 3 min respectivamente.
- Las pruebas físico-químicas y microbiológicas del producto dan cumplimiento a la normativa de referencia utilizada para el producto en estudio, lo cual permite su comercialización en el mercado.
- El análisis de adyacencias y distancia del diseño actual de planta muestra intersecciones en el proceso de producción perjudicando la productividad, por lo que el rediseño de la planta fue fundamental para mejorar la capacidad operativa de la línea actual de proceso.
- La alternativa 2 fue la mejor opción para el rediseño de planta acorde al proceso de evaluación AHP, planteando un flujo de proceso hacia adelante sin retrocesos, así como el reemplazo de 2 equipos de la línea actual de proceso.
- La instalación de racks en la zona de materias primas ayuda a facilitar la trazabilidad de los insumos, mitigando pérdidas por deterioro o caducidad de los mismos.
- El costo estimado de la barra de cereal para el proceso actual de operación y con la propuesta de rediseño es de \$0,60 por unidad de 30 g, con la diferencia de que el margen de contribución aumenta en un 21% para la alternativa que involucra la propuesta de rediseño.

- El análisis financiero muestra resultados positivos, con un VAN de USD \$ 721.613,69 y un TIR de 96%, con lo cual se concluye que el proyecto es financieramente viable.
- Al utilizar el método de evaluación (AHP), mismo que involucra el ingreso de valores o calificaciones de criterios o alternativas, estimados por un grupo multidisciplinario. Al final del proceso, es el grupo de trabajo o la persona encargada del proyecto la que toma la decisión de la implementación o no de la solución propuesta.

4.2. Recomendaciones

- Para ajustar el parámetro humedad en el producto final, se recomienda la reformulación del jarabe. Con esta propuesta, se ayudaría a la vez en la textura del producto final, ya que el atributo crujencia fue el menor valorado por los jueces en el panel sensorial.
- Agrupar las áreas actuales de empaque primario y secundario como una sola área trabajo con el propósito de redistribuir la carga de trabajo de una mejor manera que ayude a mejorar los tiempos de empaque.
- Documentar el proceso de recepción, estiba y uso de la materia prima con el método FIFO, instalando adicionalmente señaléticas explicativas, para que el personal asignado a esta tarea tenga a disposición una guía práctica y de rápida comprensión.
- Se debe de considerar la posibilidad de que al aumentar los niveles de producción se necesite más personal, lo cual involucrará a tener un recurso humano capacitado para las condiciones operativas de la planta en las diferentes áreas.

BIBLIOGRAFÍA

- ARCSA. (2015). Registro Oficial No 555: Norma técnica sustitutiva de buenas prácticas de manufactura para alimentos procesados. *Registro Oficial*, 48. Retrieved from <http://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/08/Registro-Oficial-Res-042-BPM-Alimentos.pdf>
- Casp, A. (2005). *Diseño de industrias agroalimentarias*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Chávez Paz, D. E. (2002). *Elaboración de jarabe de glucosa partiendo del almidón de camote (Ipomoea batata L.)*. Zamorano. Retrieved from <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2310/1/AGI-2002-T012.pdf>
- Dergal, S. B. (2006). *Química de los alimentos*. (E. Q. Duarte & M. B. Gutierrez, Eds.) (4ta ed.). Naucalpan de Juárez, Edo. de México: Pearson Educación de México, S.A.
- Durá Esteve, S. (2017). Estudio Del Valor Nutricional Y Funcional De Cacao En Polvo Con Diferentes Grados De Alcalinización, 20. Retrieved from <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/65834/-DURÁ - Estudio del valor nutricional y funcional de cacao en polvo con diferentes grados de alcal....pdf?sequence=1>
- Edwards, W. P. (Bill). (2009). Caramels, fondants and jellies as centres and fillings. *Science and Technology of Enrobed and Filled Chocolate, Confectionery and Bakery Products*, 123–151. <http://doi.org/10.1533/9781845696436.1.123>
- Egas, L., Mazón, N., Peralta, E., & Villacrés, E. (2011). *Potencial Agroindustrial de la quinua* (No. 1). Quito. Retrieved from <http://quinua.pe/wp-content/uploads/2014/02/Potencial-Agroindustrial-de-la-quinua-1.pdf>
- García, J. M., Narváez, P. C., Heredia, F. J., Orjuela, Á., & Osorio, C. (2017). Physicochemical and sensory (aroma and colour) characterisation of a non-centrifugal cane sugar (“panela”) beverage. *Food Chemistry*, 228, 7–13. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.134>
- Holay, S. H., Kirkwood, J. R., & Raniwala, S. K. (1986). Method for manufacturing crisp rice. USA. Retrieved from

<https://patentimages.storage.googleapis.com/b6/4f/2c/fefe7431c7a031/US4623546.pdf>

- INEN. (2011). NTE INEN 2595:2011 Granolas. Requisitos. *Norma Técnica Ecuatoriana* 696, 2595. Retrieved from <https://archive.org/details/ec.nte.1973.2011>
- Jaramillo, L. (2013). Evaluación de las características texturales y sensoriales de una barra de granola obtenida mediante moldeado en frío. *Universidad San Francisco de Quito*, 62. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Jiamjariyatam, R., Kongpensook, V., & Pradipasena, P. (2016). Prediction Models for Textural Properties of Puffed Rice Starch Product by Relative Crystallinity. *Journal of Food Quality*, 39(5), 445–455. <http://doi.org/10.1111/jfq.12218>
- Maradini-Filho, A. M. (2017). Quinoa : Nutritional Aspects. *Journal of Nutraceuticals and Food Science*, 2(1), 1–5. Retrieved from <http://nutraceuticals.imedpub.com/quinoa-nutritional-aspects.pdf>
- Morales, A. del C. (2016). *Estudio de la adición de harina de chontaduro en barras de cereales*. Universidad Tecnológica Equinoccial. Retrieved from http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14329/1/65580_1.pdf
- Osorio, J., & Orejuela, J. (2008). El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) y la Toma de Decisiones Multicriterio. Ejemplo de Aplicación. *Scientia et Technica*, 39, 247–252. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/849/84920503044.pdf>
- Quitiguiña, C., & Santacruz, S. (2012). Obtención De Jarabe De Glucosa a Partir De La Hidrólisis Enzimática De Almidón De Banano, Musa Cavendish. *Revista Bolivariana de Química*, 1(1), 55–62.
- Requena, J. (2012). El cacao y sus derivados. *Innovación y Experiencias Educativas*, 56, 1–10. Retrieved from https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/iee/Numero_56/JOSE_REQUENA_1.pdf
- Revista Ekos. (2017, October). Pymes en el Ecuador: No paran de evolucionar. Retrieved from <http://www.ekosnegocios.com/negocios/verArticuloContenido.aspx?idArt=9813>

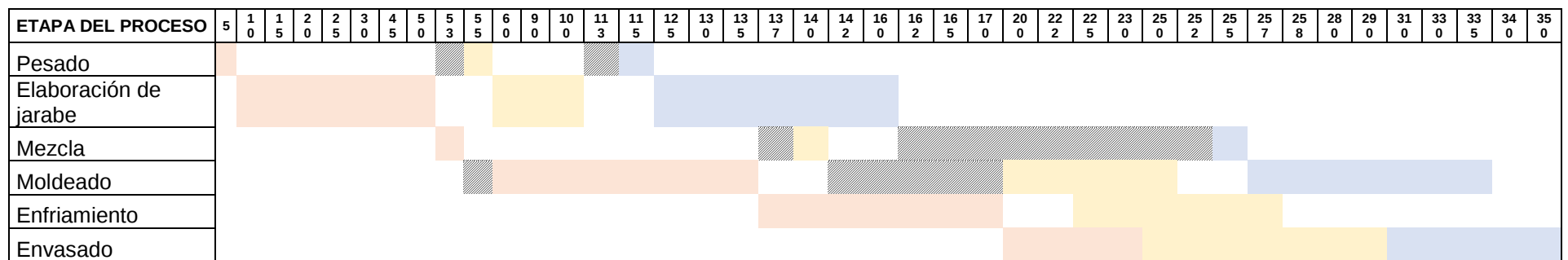
- Rosenthal, A., Torrezan, R., Schmidt, F. L., & Narain, N. (2011). Preservation and processing of tropical and subtropical fruits. *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*, 419–485e. <http://doi.org/10.1533/9780857093622.419>
- Sterna, V., Zute, S., & Brunava, L. (2016). Oat Grain Composition and its Nutrition Benefice. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8, 252–256. <http://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.100>
- Superintendencia de Compañías. (n.d.). Sistema Portal de Información Superintendencias de Compañías. Retrieved July 27, 2018, from http://appscvsmovil.supercias.gob.ec/portalCia/consulta_cia_menu.zul
- Useche, J. P., & Ardila, J. R. (2004). Guía técnica para el cultivo de cacao, 30p. Retrieved from <http://201.234.78.28:8080/jspui/handle/123456789/3601>
- Yang, T., Su, C. T., & Hsu, Y. R. (2000). Systematic layout planning: A study on semiconductor wafer fabrication facilities. *International Journal of Operations and Production Management*, 20(11), 1359–1371. <http://doi.org/10.1108/01443570010348299>
- Zambrano, L. (2017, November 26). El ‘hambre’ por lo orgánico. Guayaquil. Retrieved from <https://www.expreso.ec/actualidad/alimentos-supermercados-organicos-productos-precios-LH1867508>
- Zenteno Pacheco, S. (2014). Barras de cereales energéticas y enriquecidas con otras fuentes vegetales. *Revista de Investigación Universitaria*, 3(2), 58–66. Retrieved from <http://revistascientificas.upeu.edu.pe/index.php/riu/article/view/522/543>

APÉNDICES

APÉNDICE A

EVALUACION SENSORIAL		PANELISTA # ____																
Nombre: _____	Fecha: _____																	
Edad: _____	Sexo: F ☐ M ☐																	
INSTRUCCIONES - Enjuáguese la boca con agua antes de comenzar y entre cada bocado que se realice a la muestra. - Degustar y evaluar a su propio ritmo. - Califique la muestra en base a la siguiente escala.																		
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"><thead><tr><th style="padding: 5px;">Escala</th><th style="padding: 5px;">Puntaje</th></tr></thead><tbody><tr><td style="padding: 5px;">Me disgusta mucho</td><td style="padding: 5px;">1</td></tr><tr><td style="padding: 5px;">Me disgusta moderadamente</td><td style="padding: 5px;">2</td></tr><tr><td style="padding: 5px;">Me disgusta ligeramente</td><td style="padding: 5px;">3</td></tr><tr><td style="padding: 5px;">Ni me gusta ni me disgusta</td><td style="padding: 5px;">4</td></tr><tr><td style="padding: 5px;">Me gusta ligeramente</td><td style="padding: 5px;">5</td></tr><tr><td style="padding: 5px;">Me gusta moderadamente</td><td style="padding: 5px;">6</td></tr><tr><td style="padding: 5px;">Me gusta mucho</td><td style="padding: 5px;">7</td></tr></tbody></table> COLOR _____ SABOR _____ CRUJENCIA _____ ACEPTACIÓN _____			Escala	Puntaje	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
Escala	Puntaje																	
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																	
Observaciones: _____ _____ _____																		
¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!																		

APÉNDICE B



LOTE 1	
LOTE 2	
LOTE 3	

APÉNDICE C

Secciones y medidas de la distribución de las instalaciones

Secciones de la planta	Largo [m]	Ancho [m]	Área total [m ²]
Sección 1	11,52	9,10	104,83
Sección 2	7,80	9,10	70,98
Sección 3	7,92	3,80	30,09

(Elaboración propia)

APÉNDICE D

Tabla de superficie estática

		Ss (superficie estática)				
		Medidas			Volumen	Área
Actividades		Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	m³	m²
1	Recepción de materia prima	4,60	2,60	0,00	0,00	11,96
2	Bodega de materia prima.	1,05	2,20	1,70	3,93	2,31
3	Área de pesado	1,00	0,50	0,00	0,00	0,50
4	Área de cocción	0,56	2,00	0,80	0,90	1,12
5	Área de mezclado	0,45	0,94	0,95	0,40	0,42
6	Área de moldeado	4,80	1,13	1,38	7,49	5,42
7	Área de enfriamiento	0,51	0,71	1,80	0,65	0,36
8	Área de envasado (primario)	6,40	1,30	1,42	11,81	8,32
9	Área de empaque	3,00	2,60	0,00	0,00	7,80
10	Bodega de producto terminado	-	-	-	-	-

Tabla de superficie de gravitación

		Sg (superficie de gravitación)	
Actividades		# Lados usados	Área
			m²
1	Recepción de materia prima	0	0,00
2	Bodega de materia prima	2	4,62
3	Área de pesado	1	0,50
4	Área de cocción	1	1,12
5	Área de mezclado	1	0,423
6	Área de moldeado	1	5,424
7	Área de enfriamiento	2	0,7242
8	Área de envasado (primario)	1	8,32
9	Área de empaque	0	0,00
10	Bodega de producto terminado	-	-

Tabla de superficie de evolución

		Se (superficie evolución)	
Actividades		Coefficiente K	Área
			m²
1	Recepción de materia prima	0	0,00
2	Bodega de materia prima.	0	0,00
3	Área de pesado	0,15	0,15
4	Área de cocción	0	0,00
5	Área de mezclado	0	0,00
6	Área de moldeado	0,15	1,63
7	Área de enfriamiento	0	0,00
8	Área de envasado (primario)	0,15	2,50
9	Área de empaque	0	0,00
10	Bodega de producto terminado	0,15	-

(Elaboración propia)

APÉNDICE E

Resumen de áreas actuales y propuestas

		Antes	Después
	Áreas	m ²	m ²
1	Recepción de materia prima	11,96	11,96
2	Bodega de M.P.	15,2	13,86
3	Área de pesado	0,0225	1,15
4	Área de cocción	0	2,24
5	Área de mezclado	0	0,85
6	Área de moldeado	0,24408	12,48
7	Área de enfriamiento	0	2,17
8	Área de envasado (primario)	21,06	19,14
9	Área de empaque	7,80	7,80

(Elaboración propia)

APÉNDICE F

Características de Laminadoras

Características	Equipo existente	Reemplazo de equipo
Dimensiones	Largo: 3200 mm Ancho: 0.4600 mm Altura: 1380 mm	Largo: 1800 mm Ancho: 2500 mm Altura: 1800 mm
Voltaje	220v	220v / 380v
Potencia	0,560 kw	5.5 kw
Merma	5,76%	0
Costo	\$ 8.125,00	\$ 11.440,00
Imagen		

(Elaboración propia)

APÉNDICE G

Características de empacadoras horizontal

Características	Equipo existente	Reemplazo de equipo
Dimensiones	Largo: 4000 mm Ancho: 1300 mm Altura: 1420 mm	Largo: 3770 mm Ancho: 720 mm Altura: 1450 mm
Voltaje	220 V	220VAC / 60HZ
Potencia	24,200 kw	2,6 kw
Costo	\$ 12.740,00	\$ 15.860,00
Imagen		

(Elaboración propia)

APÉNDICE H

Resultados de los análisis microbiológicos

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Método/Referencia
Aerobios Mesófilos	UFC/g	5.1×10^2	API-5.8-04-01-00M1 (AOAC 20th 966.23)
Bacillus Cereus *	UFC/g	< 10	BAM 8th *
Coliformes Totales	UFC/g	< 10	API-5.8-04-01-00M3 (AOAC 20th 991.14)
Mohos *	UFC/g	< 10	API-5.8-04-01-00M5. (AOAC 20 th 997.02) *
Salmonella spp	Ausencia / Presencia	AUSENCIA	API-5.8-04-01-00M08 (AOAC 20th 967.26)

(Elaboración propia)

APÉNDICE I

Comparativo de los análisis microbiológicos con la NTE - INEN

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	NTE - INEN	Observaciones
Aerobios Mesófilos	UFC/g	5.1×10^2	10^5	Cumple la norma
Bacillus Cereus *	UFC/g	< 10	10^4	Cumple la norma
Coliformes Totales	UFC/g	< 10	10^2	Cumple la norma
Mohos *	UFC/g	< 10	10^3	Cumple la norma
Salmonella spp	Ausencia / Presencia	AUSENCIA	Ausencia/25g	Cumple la norma

(Elaboración propia)

APÉNDICE J

Características físico-químicas

Parámetro	Resultado	Requerimiento
Humedad (%)	10.00 ± 0.27	10% Max.
Actividad de agua (aw)	0.64 ± 0.003	n/a
Sólidos solubles (°Brix)	$8.03\% \pm 0.057$	n/a
pH	4.376 ± 0.027	n/a
Acidez titulable	0.018 ± 0.0014	n/a

¹ Media $\pm$ desviación estándar (n=3); barras de cereal sabor a cacao¹

(Elaboración propia)

APÉNDICE K

Resultados de Evaluación sensorial

	Color	Sabor	Crujencia	Aceptación
Calificación de los 30 jueces	5.33	5.63	5.30	5.63
Calificación de jueces del sexo femenino	6.05	5.83	5.39	5.83
Calificaciones jueces del sexo masculino	4.25	5.33	5.17	5.33

(Elaboración propia)

APÉNDICE L-I

Costos de materia prima y material de empaque

Materia Prima Ingredientes	Cantidad por Batch (kg)	Costo MP (\$/Kg)	Costo Batch
Avena	52.80	\$0.99	\$ 16.10
Arroz crocante		\$4.68	\$ 27.00
Quinoa		\$2.21	\$ 7.97
Panela		\$0.88	\$ 2.37
Agua		\$0.01	\$ 0.008
Ácido cítrico		\$2.93	\$ 0.25
Cacao		\$11.57	\$ 72.18
Glucosa		\$1.11	\$ 10.01
Material Empaque	Und	Costo Empaque (\$/Und)	Costo Batch
BOPP metalizado	1760	\$ 0.026	\$ 45.76
Silicona	1	\$ 0.455	\$ 0.46
Caja de cartón	15	\$ 0.767	\$ 11.25
Caja de cartulina	176	\$ 0.325	\$ 57.20
Total Materiales/MP		\$ 25.94	\$ 238.85

(Elaboración propia)

APÉNDICE L-II

Costos de mano de obra directa

Beneficios	Costo Anual (\$)
Sueldo mensual	\$ 7.632
Décimo tercer sueldo	\$ 636
Décimo cuarto	\$ 772
Aportaciones	\$ 1.572,19
Total	\$ 10.612,19

(Elaboración propia)

APÉNDICE L-III

Costos y depreciación de equipos

Maquinarias	Cantidad	Costo Total	Tiempo vida útil	Valor residual	Depreciación anual
Balanza	1	\$ 425,10	10	\$ 42,51	\$ 38,26
Mesas de Trabajo	2	\$ 2.275,00	10	\$227,50	\$ 204,75
Cocina industrial	1	\$ 845,00	10	\$ 84,50	\$ 76,05
Lavadero industrial	1	\$ 1.079,00	10	\$ 107,90	\$ 97,11
Mezcladora	1	\$ 1.496,30	10	\$ 149,63	\$ 134,67
Laminadora	1	\$ 8.125,00	10	\$ 812,50	\$ 731,25
Estantería y bandejas	1	\$ 1.018,16	10	\$ 101,82	\$ 91,63
Carrito y Bandejas	1	\$ 357,50	10	\$ 35,75	\$ 32,18
Envasadora	1	\$ 12.740,00	10	\$1.274,00	\$ 1.146,60
Total	10	\$ 28.361,06	10	\$2.836,11	\$ 2.552,50

(Elaboración propia)

APÉNDICE L-IV

Costos de energía eléctrica

Equipos	Potencia (kW)	Costo (\$) / Kw-h	Tiempo de operación batch (h)	kw-h por batch	Costo por batch
Balanza	25,300	\$ 0,09	0,08	2,1083	\$ 0,1898
Mezcladora	12,100	\$ 0,09	0,05	0,6050	\$ 0,0545
Laminadora	0,560	\$ 0,09	1,33	0,7467	\$ 0,0672
Envasadora	24,200	\$ 0,09	1	24,2000	\$ 2,1780
Total	62,160		2,47	27,6600	\$ 2,49

(Elaboración propia)

APÉNDICE L-V

Consumo de gas

Cálculos de consumo de gas	Calor sensible 1	Calor latente	Calor sensible 2	Calor total	Calor Real	Consumo de gas por batch	Costo por batch
	1986,39 kJ	0,00 kJ	-269,08 kJ	1717,31 kJ	4293,26 kJ	0,093 kg	\$ 0,37

(Elaboración propia)

APÉNDICE L-VI

Costos indirectos

	Descripción	Unidades	Costo unitario	Total
No producción	Materiales de oficina (hojas)	1 resma	\$ 3	\$ 3
	Papel Higiénico	12 rollos	\$ 0,17	\$ 2
	Servicio de internet	1	\$ 23	\$ 23
Producción	Materiales de limpieza (detergente liquido)	3 lt	\$ 3	\$ 9
	Materiales de limpieza (peróxido)	2lt	\$ 3	\$ 6
	Total otros suministros e insumos			\$ 43

(Elaboración propia)

APÉNDICE L-VII

Costos indirectos de fabricación

	Cantidad	Unidad	Costo batch	Costo/Unidad
Agua	1,34	m3	\$ 0,67	\$ 0,00045
*EE	27,66	Kw/h	\$ 2,49	\$ 0,00166
Gas	0,09	kg	\$ 0,02	\$ 0,00001
Cofias	2	und	\$ 0,20	\$ 0,00011
Mascarillas	2	und	\$ 0,24	\$ 0,00014
Guantes	4	und	\$ 0,48	\$ 0,00027
Depreciación de activos fijos	1	und	\$ 19,65	\$ 0,01116
Arriendo	1	und	\$ 43,88	\$ 0,02493
Internet	1	und	\$ 2,04	\$ 0,00116
Total costos indirectos			\$69,66	\$0,040

(Elaboración propia)

APÉNDICE L-VIII

Costos de producción

	Ingredientes	Cantidad	*UMB	Costo UMB	Costo Batch	Costo Mes	Costo por unidad
Materia Prima	Avena	52.80	Kg	\$ 0,99	\$ 16,10	\$ 322,00	\$ 0,009
	Arroz crocante			\$ 4,68	\$ 27,00	\$ 540,00	\$ 0,015
	Quinua			\$ 2,21	\$ 7,97	\$ 159,40	\$ 0,005
	Panela			\$ 0,88	\$ 2,37	\$ 47,40	\$ 0,001
	Agua			\$ 0,01	\$ 0,01	\$ 0,16	\$ 0,000005
	Ácido cítrico			\$ 2,93	\$ 0,25	\$ 5,00	\$ 0,0001
	Cacao			\$ 11,57	\$ 72,18	\$ 1.443,60	\$ 0,041
	Glucosa			\$ 1,11	\$ 10,01	\$ 200,20	\$ 0,006
	Costo total			\$ 24,37	\$ 135,89	\$ 2.717,76	\$ 0,077
Material Empaque	Empaque	1760	und	\$ 0,026	\$ 45,76	\$ 915,20	\$ 0,026
	Silicona	1	und	\$ 0,455	\$ 0,46	\$ 9,10	\$ 0,0003
	Caja cartón	15	und	\$ 0,767	\$ 11,25	\$ 224,99	\$ 0,006
	Caja cartulina	176	und	\$ 0,33	\$ 57,20	\$ 1.144,00	\$ 0,033
	Costo total	1952	und	\$ 1,57	\$ 114,66	\$ 2.293,29	\$ 0,065
Mano Obra	*MOD	2	Operarios	\$ 318	\$ 31,80	\$ 636	\$ 0,018
Costo Indirecto	Agua	1,34	m3	\$ 0,50	\$ 0,67	\$ 13,40	\$ 0,00045
	*EE	27,66	Kw/h	\$ 0,09	\$ 2,49	\$ 49,79	\$ 0,00166
	Gas	0,09	Kg	\$ 0,20	\$ 0,02	\$ 0,37	\$ 0,00001
	Cofias	2	und	\$ 0,10	\$ 0,20	\$ 4,00	\$ 0,00011
	Mascarillas	2	und	\$ 0,12	\$ 0,24	\$ 4,80	\$ 0,00014
	Guantes	4	und	\$ 0,12	\$ 0,48	\$ 9,60	\$ 0,00027
	Depreciación activos fijos	1	und	\$392,95	\$ 19,65	\$ 392,95	\$ 0,01116
	Arriendo	1	und	\$877,50	\$ 43,88	\$ 877,50	\$ 0,02493
	Internet	1	und	\$ 40,80	\$ 2,04	\$ 40,80	\$ 0,00116
Total Costos directos					\$ 352,01	\$ 7.040,26	\$ 0,20
Total Costos indirectos					\$ 69,66	\$ 1.393,21	\$ 0,040
Impuestos (36,25%)					\$ 25,25	\$ 505,04	\$ 0,014
Costo producción					\$ 446,93	\$ 8.938,51	\$ 0,25
					Costo por paquete		\$ 0,25
					Margen		\$ 0,35
					*PVP		\$ 0,60

(Elaboración propia)

APÉNDICE L-IX

Costos fijos y variables

Costos fijos anual	
Rubro	Cantidad
Salario	\$ 10.612,19
Alquiler	\$ 10.530,00
Impuestos	\$ 6.060,46
Depreciación	\$ 2.552,50
Total CF	\$ 29.755,15
Costos variable por paquete	
Rubro	Cantidad
Materia Prima	\$ 0,14
MOD	\$ 0,018
Costos indirectos	\$ 0,02
Energía	\$ 0,002
Total CV	\$ 0,19

APÉNDICE L-X

VAN y TIR

	0	1	2	3	4	5
Ventas Anuales		\$ 262.944,00	\$ 273.566,94	\$ 284.619,04	\$ 296.117,65	\$ 308.080,80
Costos Variables		\$ (111.608,45)	\$ (116.117,43)	\$ (120.808,57)	\$ (125.689,24)	\$ (130.767,08)
Costos Fijos		\$ (29.755,15)	\$ 29.755,15	\$ 29.755,15	\$ 29.755,15	\$ 29.755,15
Depreciación		\$ (2.552,50)	\$ 2.552,50	\$ 2.552,50	\$ 2.552,50	\$ 2.552,50
Utilidad		\$ 119.027,90	\$ 189.757,16	\$ 196.118,12	\$ 202.736,06	\$ 209.621,37
Tasa impuesto 36.25% IR		\$ (43.147,62)	\$ (68.786,97)	\$ (71.092,82)	\$ (73.491,82)	\$ (75.987,75)
Utilidad después impuesto		\$ 75.880,29	\$ 120.970,19	\$ 125.025,30	\$ 129.244,24	\$ 133.633,62
Depreciación		\$ 2.552,50	\$ (2.552,50)	\$ (2.552,50)	\$ (2.552,50)	\$ (2.552,50)
Flujo efectivo		\$ 78.432,78	\$ 118.417,69	\$ 122.472,80	\$ 126.691,74	\$ 131.081,13
Inversión						
Activos	\$ (27.223,56)					
Capital de Trabajo	\$ (81.982,09)	-61823,05	-40849,58478	-19028,79157	3673,561683	
Flujo Neto	\$ (109.205,65)	\$ 16.609,73	\$ 77.568,11	\$ 103.444,01	\$ 130.365,30	\$ 131.081,13
VAN	\$ 218.151,32					
TIR	54%					

(Elaboración propia)

APÉNDICE M-I

Costo de equipos

Maquinarias	Costo (SIN IVA)	Cantidad	Costo Total	Tiempo vida útil	Depreciación anual
Balanza	\$ 425,10	1	\$ 425,10	10	\$ 38,26
Mesas de Trabajo	\$ 1.137,50	2	\$ 2.275,00	10	\$ 204,75
Cocina industrial	\$ 845,00	1	\$ 845,00	10	\$ 76,05
Lavadero industrial	\$ 1.079,00	1	\$ 1.079,00	10	\$ 97,11
Mezcladora	\$ 1.496,30	1	\$ 1.496,30	10	\$ 134,67
Laminadora*	\$ 11.440,00	1	\$ 11.440,00	10	\$ 1.029,60
Estantería y bandejas	\$ 1.018,16	1	\$ 1.018,16	10	\$ 91,63
Carrito y Bandejas	\$ 357,50	1	\$ 357,50	10	\$ 32,18
Envasadora*	\$ 15.860,00	1	\$ 15.860,00	10	\$ 1.427,40
Total	\$ 33.658,56	10	\$ 34.796,06	10	\$ 3.131,65

*Equipos propuestos para su cambio

APÉNDICE M-II

Costo de energía eléctrica propuesto

Equipos	Potencia	Costo (\$) / Kw-h	Tiempo de operación batch (min)	kw-h por batch	Costo por batch
Balanza	25,300 kw	\$ 0,09	5 min	2,1083 kw-h	\$ 0,1898
Mezcladora	12,100 kw	\$ 0,09	3 min	0,6050 kw-h	\$ 0,0545
Laminadora*	5,500 kw	\$ 0,09	80 min	7,3333 kw-h	\$ 0,6600
Envasadora*	2,600 kw	\$ 0,09	60 min	2,6000 kw-h	\$ 0,2340
Total	45,500 kw		148 min	12,6467 kw-h	\$ 1,14

*Equipos propuestos para su cambio

APÉNDICE M-III

Consumo de gas

Cálculo de consumo de gas	Calor sensible 1	Calor latente	Calor sensible 2	Calor total	Calor Real	Consumo de gas por batch	Costo por batch
	3972,77 kJ	0,00 kJ	-538,16 kJ	3434,61 kJ	8586,53 kJ	0,186 kg	\$ 0,74

(Elaboración propia)

APÉNDICE M-IV

Costos producción de alternativa

	Ingredientes	Cantidad	*UMB	Costo UMB	Costo Batch	Costo Mes	Costo Paquete
Materia Prima	Avena	105.60	kg	\$ 0,99	\$ 32,20	\$ 644,00	\$ 0,009
	Arroz crocante			\$ 4,68	\$ 54,00	\$ 1.080,00	\$ 0,015
	Quinua			\$ 2,21	\$ 15,94	\$ 318,80	\$ 0,005
	Panela			\$ 0,88	\$ 4,74	\$ 94,80	\$ 0,001
	Agua			\$ 0,01	\$ 0,02	\$ 0,32	\$ 0,000005
	Ácido cítrico			\$ 2,93	\$ 0,50	\$ 10,00	\$ 0,000142
	Cacao			\$ 11,57	\$ 144,36	\$ 2.887,20	\$ 0,041
	Glucosa			\$1,11	\$ 20,02	\$ 400,40	\$ 0,006
	Costo total			\$ 24,37	\$ 135,89	\$ 5.435,52	\$ 0,077
Material Empaque	Empaque	3520	und	\$ 0,026	\$ 91,52	\$ 1.830,40	\$ 0,026
	Silicona	2	und	\$ 0,455	\$ 0,91	\$ 18,20	\$ 0,0003
	Caja cartón	29	und	\$ 0,767	\$ 22,50	\$ 449,97	\$ 0,006
	Caja cartulina	352	und	\$ 0,33	\$ 114,40	\$ 2.288,00	\$ 0,033
	Costo total	3902	und	\$ 1,57	\$ 229,33	\$ 4.588,57	\$ 0,065
Mano Obra	*MOD	2	Operarios	\$ 318,00	\$ 15,90	\$ 636,00	\$ 0,0090
Costo Indirecto	Agua	1,34	m3	\$ 0,50	\$ 0,67	\$ 26,80	\$ 0,00045
	*EE	27,66	Kw/h	\$ 0,09	\$ 2,49	\$ 99,58	\$ 0,00166
	Gas	0,19	kg	\$ 0,20	\$ 0,04	\$ 1,49	\$ 0,00002
	Cofias	2	und	\$ 0,10	\$ 0,20	\$ 8,00	\$ 0,00006
	Mascarillas	2	und	\$ 0,12	\$ 0,24	\$ 9,60	\$ 0,00007
	Guantes	4	und	\$ 0,12	\$ 0,48	\$ 19,20	\$ 0,00014
	(Depreciación de activos fijos)	1	und	\$ 392,95	\$ 19,65	\$ 392,95	\$ 0,00558
	(ARRIENDO)	1	und	\$ 877,50	\$ 43,88	\$ 877,50	\$ 0,01246
	(INTERNET)	1	und	\$ 40,80	\$ 2,04	\$ 40,80	\$ 0,00058
Total Costos directos					\$ 586,68	\$ 12.134,01	\$ 0,17
Total Costos indirectos					\$ 69,68	\$ 1.475,92	\$ 0,021
IMPUESTOS (36,25%)					\$ 25,26	\$ 535,02	\$ 0,008
Costo producción					\$ 681,62	\$ 14.144,94	\$ 0,20
						Costo por paquete	\$ 0,20
						Margen	\$ 0,40
						*PVP	\$ 0,600

(Elaboración propia)

APÉNDICE M-V

Valores para cálculo de costo variable unitario

	Resultado
%	3.16
Costo variable	\$ 63,5453
Costo variable unitario	\$ 0.143

(Elaboración propia)

APÉNDICE M-VI

Costo fijos y variables propuesto

Costos Fijos anual	
Rubro	Cantidad
Salario	\$ 10.612,19
Alquiler	\$ 10.530,00
Impuestos	\$ 6.420,23
Depreciación	\$ 3.131,65
Total CF	\$ 30.694,07
Costos Variable por paquete	
Rubro	Cantidad
Materia Prima	\$ 0,14
MOD	\$ 0,009
Costos indirectos	\$ 0,01
Energía	\$ 0,002
Total CV	\$ 0,16

(Elaboración propia)

APÉNDICE M-VII

VAN y TIR de la alternativa propuesta

	0	1	2	3	4	5
Ventas Anuales		\$ 525.888,00	\$ 547.133,88	\$ 569.238,08	\$ 592.235,30	\$ 616.161,61
Costos Variables		\$ (176.215,23)	\$ (183.334,33)	\$ (190.741,03)	\$ (198.446,97)	\$ (206.464,23)
Costos Fijos		\$ (30.694,07)	\$ 30.694,07	\$ 30.694,07	\$ 30.694,07	\$ 30.694,07
Depreciación		\$ (3.131,65)	\$ 3.131,65	\$ 3.131,65	\$ 3.131,65	\$ 3.131,65
Utilidad		\$ 315.847,05	\$ 397.625,26	\$ 412.322,76	\$ 427.614,04	\$ 443.523,09
Tasa impuesto 36,25% IR		\$ (114.494,56)	\$ (144.139,16)	\$ (149.467,00)	\$ (155.010,09)	\$ (160.777,12)
Utilidad después impuesto		\$ 201.352,50	\$ 253.486,10	\$ 262.855,76	\$ 272.603,95	\$ 282.745,97
Depreciación		\$ 3.131,65	\$ (3.131,65)	\$ (3.131,65)	\$ (3.131,65)	\$ (3.131,65)
Flujo efectivo		\$ 204.484,14	\$ 250.354,46	\$ 259.724,12	\$ 269.472,31	\$ 279.614,33
Inversión						
Activos	\$ (33.658,56)					
Capital de Trabajo	\$ (148.688,81)	-93908,81	-36915,698	22379,93572	84071,11305	
Flujo Neto	\$ (182.347,37)	\$ 110.575,33	\$ 213.438,76	\$ 282.104,05	\$ 353.543,42	\$ 279.614,33
VAN	\$ 721.613,69					
TIR	96%					

(Elaboración propia)

APÉNDICE N

Matriz de comparación de las alternativas

	Alternativa 1	Alternativa 2
Alternativa 1	1	5
Alternativa 2	7	1

(Elaboración propia)

APÉNDICE Ñ

Matriz normalizada de la comparación de las alternativas

	Alternativa 1	Alternativa 2	Vector prioridad
Alternativa 1	1/8	5/6	23/48
Alternativa 2	7/8	1/6	25/48

(Elaboración propia)

APÉNDICE O

Matriz de comparación de los criterios

	Calidad	Productividad	Capacidad	Factor humano	Mínimo costo
Calidad	1	1/2	5	4	3
Productividad	2	1	4	3	4
Capacidad	1/5	1/4	1	1/2	1/3
Factor humano	1/4	1/3	2	1	1/2
Mínimo costo	1/3	1/4	3	2	1

(Elaboración propia)

APÉNDICE P

Matriz de comparación de criterios normalizada y su vector prioridad

	Calidad	Productividad	Capacidad	Factor humano	Mínimo costo	Vector Prioridad
Calidad	60/227	3/14	1/3	8/21	18/53	99/323
Productividad	120/227	3/7	4/15	2/7	24/53	188/479
Capacidad	12/227	3/28	1/15	1/21	2/53	41/657
Factor humano	15/227	1/7	2/15	2/21	3/53	42/425
Mínimo costo	20/227	3/28	1/5	4/21	6/53	13/93

(Elaboración propia)

APÉNDICE Q

Vector prioridad de las alternativas

	Alternativa	Prioridades
Alternativa 1	1	47,92%
Alternativa 2	2	52,08%
		100,00%

(Elaboración propia)

APÉNDICE R

Coefficientes de consistencia

Criterio	Coefficiente de consistencia
Maximizar la calidad del proceso	0,0790
Maximizar la productividad	0,0945
Maximizar la capacidad del proceso	0,0233
Maximizar los factores humanos	0,0174
Minimizar el costo-impacto	0,0465

(Elaboración propia)