



MEXIALOE LABORATORIOS S.A DE C.V

**“ANÁLISIS Y REDISEÑO DE MAQUINA FILETEADORA PARA MINIMIZAR
DESPERDICIOS Y AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD”**

TESIS PARA TITULACIÓN INTEGRAL

INGENIERÍA INDUSTRIAL

**EGRESADO:
FRANCISCA ABIGAIL CAHUICH AGUILAR**

**DIRECTOR Y CO-DIRECTOR:
M.C. OMAR ORTEGA COBOS
M.C. ISABEL DEL SOCORRO QUINTAL HEREDIA**

Calkiní, Campeche, México 2025



Instituto Tecnológico Superior de Calkiní
Subdirección de Planeación y Desarrollo

Instituto Tecnológico Superior de Calkiní
Departamento de Administración y
Apoyo al Estudiante

Calkiní, Campeche 07/03/2025
P/03/25/630
INGENIERÍA INDUSTRIAL

CONSTANCIA DE NO INCONVENIENCIA

MODALIDAD: TESIS

C. FRANCISCA ABIGAIL CAHUICH AGUILAR 7132
PASANTE DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL.
PRESENTE

Con relación a lo establecido en el Reglamento de Estudios de Licenciatura, capítulo VII, fracción I, vigente en este Instituto, y una vez emitido el fallo favorable por el director OMAR ORTEGA COBOS, y el co-director ISABEL DEL SOCORRO QUINTAL HEREDIA, respectivamente, este Instituto consta de no tener inconveniencia para la realización del acto protocolario de titulación integral de su trabajo profesional titulado: **"ANÁLISIS Y REDISEÑO DE MAQUINA FILETEADORA PARA MINIMIZAR DESPERDICIOS Y AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD."**

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Sabiduría, Fortaleza de Nuestra Cultura®

Dr. Jorge Alfonso Hau Puc.
Departamento de Administración y
Apoyo al Estudiante.

C.c.p. Archivo



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE CALKINI

"DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR Y APOYO A
ESTUDIANTES"

CLAVE: 04MSU0013P
CALKINI, CAMPECHE, MEXICO.



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Ah Canul S/N por Carretera Federal, Calkiní, Campeche,
C.P. 24900 Tel. 996-8134870,
e-mail: se_dcalkini@tecnm.mx | itescam.edu.mx



Dedicatoria.

Dedicó este trabajo a toda mi familia, principalmente a mis padres que fueron la pieza más sólida en la construcción de lo que ahora soy.

A mi madre por estar en todo momento junto a mí y por guiarme siempre en el camino de la humildad y sabiduría. Era mi motivo más grande para culminar esta carrera y llenarla de orgullo.

También a mi padre por nunca rendirse y enseñarme el significado de responsabilidad y perseverancia.

Al igual que a mis hermanos, por entender días de estrés y alivianar las situaciones más difíciles.

Para Erik, por estar a mi lado en los días buenos y malos, por su gran paciencia y amor.

A mis amigos, quienes hicieron más llevaderos los retos de esta etapa con su compañía y alegría.

Finalmente, a todas las personas que, con sus palabras de aliento y apoyo, contribuyeron de alguna manera a este proyecto. Este logro es tan mío como de ustedes, y siempre les estaré agradecida por ello.

Agradecimientos.

Agradezco grandemente a Dios por todas las bendiciones que tuvo conmigo en el camino de esta carrera, por brindarme sabiduría y salud. Por ser el significado de Genesis 28:15.

A mis padres por estar en todo momento para mí, por su apoyo, paciencia y amor. Gracias infinitas.

Al igual a aquellos compañeros de residencia, por enseñarme con gran paciencia un poco de sus saberes, hicieron más ameno mi estancia en la empresa.

También a mis maestros, al Ing. Omar e Isabel por su orientación para realizar este proyecto, gracias.

Agradezco al ITESCAM por brindarme la oportunidad de estar en el plantel y culminar mi profesión.

Gracias a todos.

Índice

Dedicatoria.	ii
Agradecimientos.	iii
CAPÍTULO I	9
1.1 INTRODUCCIÓN	9
1.2 ANTECEDENTES	11
1.2.1 Diseño de un sistema semiautomático para la extracción de gel de aloe vera; análisis integral del costo del ciclo de vida del equipo.	11
1.2.2 Diseño de máquina para ensayos mecánicos para hoja de aloe vera	14
1.2.3 Métodos de extracción y purificación del mucilago de aloe vera.	16
1.2.4 Opiniones	19
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.4 JUSTIFICACIÓN	22
1.5 OBJETIVOS	23
1.5.1 Objetivo general	23
1.5.2 Objetivos específicos	23
1.6 RESUMEN.	23
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	25
2.1 LA SÁBILA CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES.	25
2.1.1 Características botánicas del Aloe vera.	25
2.1.2 Beneficios del Aloe vera	25
2.1.3 Estructura y composición química de la planta de Aloe vera	26
2.1.4 Propiedades del aloe vera	27
2.2 DEMANDA EN PRODUCTOS DE ALE VERA	28
2.2.1 Demanda global	28
2.2.2 Tendencias del mercado mundial de aloe vera	29
2.2.3 Segmentación global de la industria del aloe vera	30
2.3 PROCESOS DE FILETEADO Y EXTRACCIÓN DE SÁBILA	31
2.3.1 Métodos tradicionales:	31
2.3.2 Métodos mecanizados:	32
2.4 PROCESAMIENTO A NIVEL INDUSTRIAL	34
2.4.1 Descripción general de procesamiento	34

2.4.2 Pasos del proceso	35
2.5 OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES	36
2.5.1 Concepto de optimización	36
2.5.2 Eficiencia en la optimización industrial	37
2.5.3 Factores claves para la optimización industrial	38
2.6 IMPACTO ECONÓMICO Y AMBIENTAL DEL PROYECTO	41
2.6.1 Beneficios de reducir desperdicios	41
2.6.2 Ahorro económico	42
2.6.2 Responsabilidad ambiental	43
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	45
3.1 MATERIALES	45
3.2 METODOLOGÍA PARA EL PROYECTO	45
3.3 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LAS ETAPAS DEL PROYECTO.	47
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	48
4.1 RESULTADOS	48
4.2 DISCUSIÓN.	64
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
5.1 CONCLUSIONES	66
5.2 RECOMENDACIONES.	68
Referencias Bibliográficas.	70
Anexos.	74

Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1.2.1 Ciclo de vida de un equipo (1)</i>	12
<i>Ilustración 2.1.3.1 Estructura aloe vera (2)</i>	26
<i>Ilustración 2.2.3 Formulario y aplicación (3)</i>	30
<i>Ilustración 2.4.2 Proceso de Aloe Vera (4)</i>	35
<i>Ilustración 3.3.1 Diagrama de bloques (5)</i>	47
<i>Ilustración 4.1.1 Maquina fileteadora (7)</i>	48
<i>Ilustración 4.1.2 Jugo procesado en la maquina (8)</i>	51
<i>Ilustración 4.1.3 Jugo recolectado (9)</i>	51
<i>Ilustración 4.1.4 Jugo desperdiciado (10)</i>	51
<i>Ilustración 4.1.5 Desperdicio espinas (11)</i>	53
<i>Ilustración 4.1.6 Desperdicio espinas 2 (12)</i>	53
<i>Ilustración 4.1.7 Comparación de espinas (13)</i>	54
<i>Ilustración 4.1.8 Desperdicio de fondo (14)</i>	55
<i>Ilustración 4.1.9 Desperdicio puntas y colas (15)</i>	56
<i>Ilustración 4.1.10 Maquina con criba 1 (16)</i>	62
<i>Ilustración 4.1.11 Maquina con criba 2 (17)</i>	62
<i>Ilustración 4.1.12 Maquina con criba 3 (18)</i>	62
<i>Ilustración 4.1.13 Canales de recolección (18)</i>	63
<i>Ilustración 4.1.14 Canales de recolección 2 (19)</i>	63
<i>Ilustración Anexo 1 Recolección de desperdicios (20)</i>	74
<i>Ilustración Anexo 2 Medición de desperdicios (21)</i>	74
<i>Ilustración Anexo 3 Medición de punta y cola (22)</i>	74
<i>Ilustración Anexo 4 Maquina fileteadora (23)</i>	74
<i>Ilustración Anexo 5 Trozos de sábila (24)</i>	75
<i>Ilustración Anexo 6 Desperdicio de maquina (25)</i>	75
<i>Ilustración Anexo 7 Medición de cajas (26)</i>	75
<i>Ilustración Anexo 8 Línea de fileteado (27)</i>	75

Índice de tablas

<i>Tabla 1.2.1 Prototipos de alternativas (1)</i>	13
<i>Tabla 1.2.2 Especificaciones de diseño (2)</i>	15
<i>Tabla 4.1.1 Cajas por semana (3)</i>	49
<i>Tabla 4.1.2 Total de cajas en la maquina (4)</i>	49
<i>Tabla 4.1.3 Total de cajas en la semana (5)</i>	50
<i>Tabla 4.1.4 Desperdicio en jugo (6)</i>	52
<i>Tabla 4.1.5 Desperdicio espinas (7)</i>	53
<i>Tabla 4.1.6 Desperdicio en fondo (8)</i>	55
<i>Tabla 4.1.7 Desperdicio punta y cola (9)</i>	57
<i>Tabla 4.1.8 Comparación de desperdicios (10)</i>	57
<i>Tabla 4.1.9 Resultados de jugo obtenido (11)</i>	59
<i>Tabla Anexo 1 Peso de cajas (12)</i>	76
<i>Tabla Anexo 2 Tiempos día 1 (13)</i>	77
<i>Tabla Anexo 3 Tiempos día 2 (14)</i>	79
<i>Tabla Anexo 4 Tiempos día 3 (15)</i>	80
<i>Tabla Anexo 5 Tiempos día 4 (17)</i>	81
<i>Tabla Anexo 6 Tiempos día 5 (18)</i>	82
<i>Tabla Anexo 7 Datos de jugo día 1 (19)</i>	83
<i>Tabla Anexo 8 Datos de jugo día 2 (20)</i>	83
<i>Tabla Anexo 9 Datos de jugo día 3 (21)</i>	84
<i>Tabla Anexo 10 Datos de jugo día 4 (22)</i>	84
<i>Tabla Anexo 11 Datos de jugo día 5 (23)</i>	85
<i>Tabla Anexo 12 Datos de espina día 1 (24)</i>	85
<i>Tabla Anexo 13 Datos espina día 2 (25)</i>	86
<i>Tabla Anexo 14 Datos de espina día 3 (26)</i>	86
<i>Tabla Anexo 15 Datos de espina día 4 (27)</i>	87
<i>Tabla Anexo 16 Datos de espina día 5 (28)</i>	87
<i>Tabla Anexo 17 Datos de fondo día 1 (29)</i>	88
<i>Tabla Anexo 18 Datos de fondo día 2 (30)</i>	88
<i>Tabla Anexo 19 Datos de fondo día 3 (31)</i>	89
<i>Tabla Anexo 20 Datos de fondo día 4 (32)</i>	89
<i>Tabla Anexo 21 Datos de fondo día 5 (33)</i>	90
<i>Tabla Anexo 22 Datos de punta y cola día 1 (34)</i>	90
<i>Tabla Anexo 23 Datos de punta y cola día 2 (35)</i>	91
<i>Tabla Anexo 24 Datos de punta y cola día 3 (36)</i>	91
<i>Tabla Anexo 25 Datos de punta y cola día 4 (37)</i>	92
<i>Tabla Anexo 26 Datos de punta y cola día 5 (38)</i>	92

Índice de gráficos

Gráfico 4.1.1 Total de cajas en semana (1).....	50
Gráfico 4.1.2 Desperdicio de jugo (2).....	53
Gráfico 4.1.3 Desperdicio de espinas (3)	54
Gráfico 4.1.3 Desperdicio en fondo (4).....	56
Gráfico 4.1.5 Desperdicio punta y cola (5)	57
Gráfico 4.1.6 Porcentajes de desperdicio (6)	59
Gráfico 4.1.7 Comparación desperdicio y jugo (7).....	60
Gráfico 4.1.8 Porcentaje de rendimiento (8).....	61

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

La máquina fileteadora de sábila desempeña una función importante del para extraer la pulpa de la sábila, el aloe vera ha ganado una importancia notable en diversas aplicaciones, desde la cosmética, la alimentación hasta la medicina natural. La sábila, conocida por sus propiedades beneficiosas para la salud y la piel, se ha convertido en un componente valioso en el mercado global. Sin embargo, el proceso de extracción de su pulpa y jugo enfrenta desafíos significativos que impactan tanto en la eficiencia operativa como en la sostenibilidad del proceso.

Una de las principales limitaciones de la máquina fileteadora semiautomática es el alto volumen de desperdicio de producto que se genera durante la extracción. Este desperdicio ocurre principalmente en dos etapas: al retirar las espinas, donde el margen de corte es excesivo, y durante el pelado de la cáscara, donde el jugo se pierde debido a la falta de un sistema adecuado de recolección. Esta problemática no solo repercute negativamente en la rentabilidad de las operaciones, sino que también plantea un desafío considerable para la gestión sostenible de los recursos naturales.

Este estudio se propone abordar estas deficiencias de manera integral, con el objetivo de optimizar el rendimiento de la máquina fileteadora. La finalidad es reducir el desperdicio de producto y mejorar la eficiencia operativa, lo que a su vez contribuirá a una mayor rentabilidad en la producción de sábila. La importancia de este proyecto radica no solo en su impacto económico, sino también en su capacidad para promover prácticas más sostenibles dentro de la industria del procesamiento de este producto natural. En un contexto donde la sostenibilidad es cada vez más valorada por los consumidores y reguladores, la mejora de procesos que minimizan el desperdicio es fundamental para la competitividad del sector.

A lo largo del desarrollo del proyecto, se realizarán mediciones precisas de los parámetros actuales de producción y desperdicio, lo que permitirá establecer una línea base que servirá para evaluar la efectividad de las mejoras implementadas. Se llevará a cabo un análisis de posibles soluciones, basándose en la investigación de tecnologías y metodologías existentes en el campo. Posteriormente, se elaborará un

nuevo diseño que contemple ajustes en el sistema actual, así como la incorporación de un sistema de mejora que minimice las pérdidas durante el proceso de extracción.

La implementación de estas mejoras se acompañará de pruebas en condiciones operativas, con el fin de validar la efectividad de las soluciones propuestas. Los resultados obtenidos no solo permitirán cuantificar el impacto de las mejoras en la reducción de desperdicios y en el aumento de la productividad, sino que también ofrecerán recomendaciones concretas para futuras optimizaciones.

A través de un enfoque metódico y fundamentado, se busca contribuir al conocimiento existente en la materia y proporcionar un modelo replicable que beneficie a otros actores del sector. La investigación no solo tendrá implicaciones prácticas para el diseño y la operación de la máquina fileteadora, sino que también podrá servir como base para futuros estudios en el área, con el objetivo de seguir mejorando la eficiencia y sostenibilidad del procesamiento de sábila.

1.2 ANTECEDENTES

1.2.1 Diseño de un sistema semiautomático para la extracción de gel de aloe vera; análisis integral del costo del ciclo de vida del equipo.

En el presente artículo de (Díaz, 2019) aborda el proceso de selección de un diseño para la extracción de gel de aloe vera. Se propuso una metodología de diseño basada en pesos ponderados, en la que se implementó un diseño conceptual, donde se identificaron las especificaciones, requerimientos y métricas, acordes a las necesidades del sector. Se definieron los elementos funcionales y físicos del sistema. A través del software CAD SolidWorks se modelaron las alternativas. Se utilizaron catálogos para la selección de los accesorios y motores y con los parámetros de operación de estos se determinaron las capacidades de producción de cada máquina. Como resultado de la metodología se seleccionaron los dos diseños que cumplen en mayor grado con las funciones y requerimientos de productividad. A las alternativas seleccionadas se les realizó el análisis del costo de ciclo de vida para escoger la alternativa definitiva, a la cual se le calculó el retorno de la inversión, con el fin de validar su viabilidad económica.

Metodología

La creciente demanda de productos a base de aloe vera en el mundo ha permitido que las empresas procesadoras de sus derivados mejoren sus procesos y tecnologías asociadas a la transformación industrial de la sábila. En Campeche existe un excelente potencial para producir grandes volúmenes de aloe vera, con el fin de cubrir el déficit en la oferta de sus derivados, donde solo el 35% de estos son procesados, ya que las pocas empresas que existen utilizan métodos convencionales y poco tecnificados, que no alcanzan a cubrir la demanda de esta materia prima. De ahí que se necesitan plantas procesadoras con la tecnología necesaria, que le agreguen valor para ingresar al mercado nacional y mundial. Por estas razones, las industrias buscan nuevos métodos de extracción de gel de aloe con el fin de mejorar la eficiencia de sus procesos.

En la figura se muestra la consecución del objetivo general, que es el diseño de un dispositivo semiautomático para la extracción de gel de aloe vera, basado en la integración de las metodologías de diseño conceptual para la obtención de alternativas

posibles, y la metodología de análisis del costo del ciclo de vida , que permita seleccionar la opción más viable concerniente a costos asociados para su debido diseño de detalle.

DISENO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATICO PARA LA EXTRACCION DE GEL DE ALOE VERA; ANALISIS INTEGRAL DEL COSTO DEL CICLO DE VIDA DEL EQUIPO

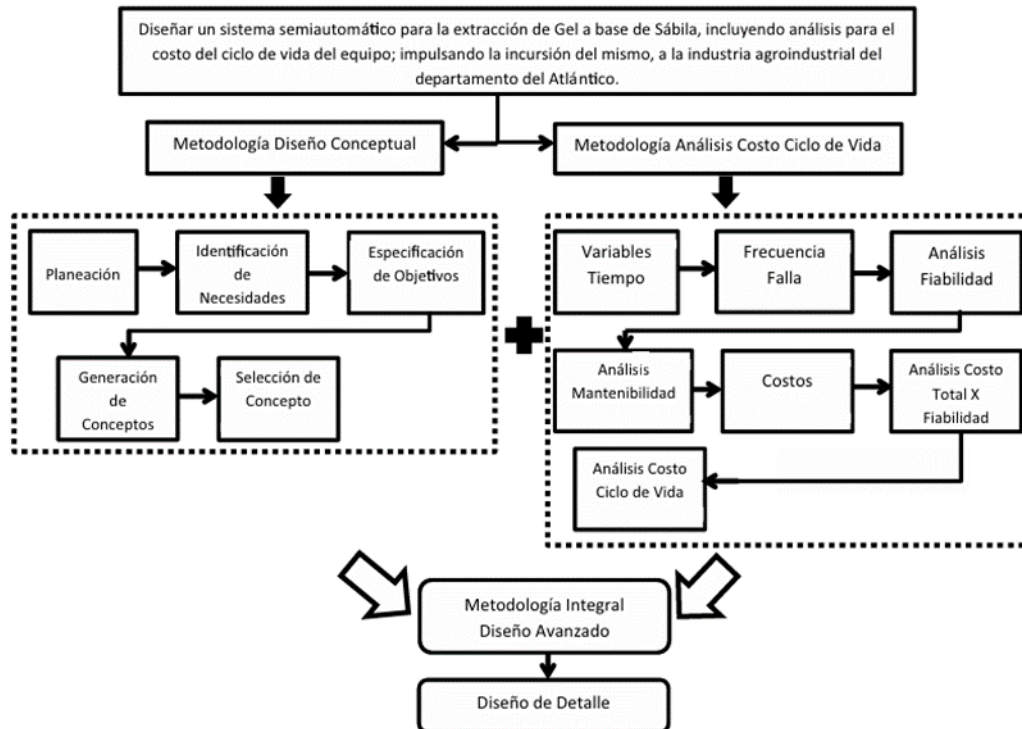
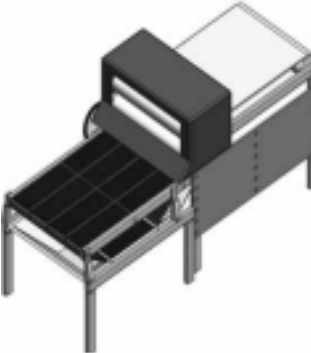


Ilustración 1.2.1 Ciclo de vida de un equipo (1)

Alternativas propuestas

Tabla 1.2.1

Prototipos de alternativas (1)

Prototipos	Imagen	Especificaciones técnicas
Alternativa 1		Ventajas: - Compacto y modular - Operación sencilla. - Reducción de la manipulación de productos en la línea de producción. - Operada por una persona. Dimensiones: 0.98 m x 2.48 m x 1.55 m (A x L x H). Requerimientos de instalación: Suministro de electricidad; 220V - 60Hz -Trifásico + tierra. Datos de producción: Número de hojas procesadas por hora: 234 pencas/h Velocidad de operación por segundo: 0.065 pencas/seg Cantidad de gel extraíble (eficiencia 43%): 80 kg/h
Alternativa 2		Ventajas: - Operación sencilla. - Reducción de la manipulación de productos en la línea de producción. - Operada por una persona. - Reducción de residuos sólidos en el producto final. - Mayor volumen de hojas procesadas. Dimensiones: 1.20 m x 3.32 m x 1.58 m (A x L x H). Requerimientos de instalación: Suministro de electricidad; 220V - 60Hz -Trifásico + tierra. Datos de producción: Número de hojas procesadas por hora: 220 pencas/h Velocidad de operación por segundo: 0.061 pencas/seg Cantidad de gel extraíble (eficiencia 43%): 75 kg/h

Alternativa 3



Ventajas:

- Operación sencilla.
- Reducción de la manipulación de productos en la línea de producción.
- Operada por una persona.
- Reducción de residuos sólidos en el producto final.
- Mayor volumen de hojas procesadas.
- Compacta y modular.

Dimensiones:

0.89 m x 0.715 m x 1.20 m (A x L x H).

Requerimientos de instalación:

Suministro de electricidad; 220V - 60Hz -Trifásico + tierra.

Datos de producción:

Número de hojas procesadas por hora: 720 pencas/h

Velocidad de operación por segundo: 0.2 pencas/seg

Cantidad de gel extraíble (eficiencia 43%): 245 kg/h

1.2.2 Diseño de máquina para ensayos mecánicos para hoja de aloe vera

La metodología utilizada para el desarrollo de la máquina incluyó un análisis teórico de las variables relevantes en el proceso de extracción de gel de Aloe Vera por métodos compresivos, una vez identificados estos parámetros se aplicó una metodología de diseño estructurada que condujo al prototipo virtual y a la documentación del diseño; finalmente se construyó la máquina y se efectuó su validación.

Prototipo virtual y comunicación del diseño

De los conceptos seleccionados se pasó al prototipo virtual de la máquina, para esto se utilizó el software SolidWorks 2010. La importancia del uso de software tipo CAD radica en la posibilidad de revisar y hacer los cambios al diseño de detalle de manera ágil, de igual manera es importante la actualización automática de los planos cuando estos cambios se efectúa

Desarrollo de las especificaciones

El gel de Aloe Vera se puede considerar como un material viscoelástico, es decir que bajo ciertas condiciones de carga exhibe simultáneamente las propiedades viscosas

propias de un líquido y las elásticas, características de un sólido. Con las necesidades establecidas y categorizadas, se realizó una búsqueda exhaustiva de información referente a sistemas que realizan procesos similares de compresión y penetración en materiales viscoelásticos; se encontraron varios trabajos científicos en los que se reportaban pruebas mecánicas a diferentes tipos de frutas, verdura y hortalizas. Se exploraron también los catálogos de información técnica que proveen los fabricantes de analizadores de texturas y penetrómetros para frutas, donde se explican las características de funcionamiento, los rangos de fuerza y velocidad aplicadas en las pruebas que realizan dichas máquinas. Con la información obtenida y mediante un trabajo de discusión al interior del equipo de diseño se establecieron las especificaciones para el diseño, algunas de estas se muestran en la tabla

Tabla 1.2.2

Especificaciones de diseño (2)

Medida	Unidad	Valor deseado	Valor marginal
Número de pasos para la sujeción de penca	entero	3	5
Número de pasos requeridos para la ejecución del ensayo	entero	8	15
Fuerza requerida para el ajuste de los parámetros	N	2	10
Número de pasos requeridos para el ajuste de los parámetros	entero	2	5
tiempo requerido para la parada del ensayo	s	0,01	0,1
Fuerza requerida para la parada del ensayo	N	2	10
Numero de pasos requeridos para detener el ensayo	entero	1	3
tiempo de funcionamiento sin conexión a una fuente de energía	min	30	5
periodo máximo de uso sin realizar mantenimiento	horas	900	500
porcentaje de elementos estandarizados que posee la máquina	%	80	60
fuerza de accionamiento de la máquina	N	2	10
volumen que ocupa la máquina	cm x cm x cm	60 x 50 x 40	70 x 50 x 50
Peso de la máquina	N	200	400
tiempo requerido para el desensamble parcial	min	30	90
Número de herramientas requeridas para el desensamble parcial	entero	2	6

Existen varios métodos para extraer el gel de la penca de Aloe vera, en nuestro medio el más utilizado es el que se hace por medios manuales. Industrialmente parece

ser que el que más simplicidad práctica presenta es el que se hace utilizando elementos compresores. La determinación de la penetrabilidad y la compresibilidad debe hacerse con máquinas que permitan controlar y medir los parámetros de la prueba de manera adecuada en cada una de corridas; la máquina AMTM ha sido diseñada con este propósito y se espera que su uso permita determinar estas dos propiedades críticas en el desarrollo de herramientas y mecanismos para la transformación primaria de las hojas de aloe vera. Lo más importante en el proceso de diseño es la determinación de las necesidades de los clientes, este es el punto de partida que se vuelve central en las fases posteriores del proceso. (Giovanni, 2022)

1.2.3 Métodos de extracción y purificación del mucilago de aloe vera.

Para (Cruz, 2021) extraer el mucílago del aloe vera existen métodos manuales y mecánicos, en donde los métodos manuales son ineficientes y costosos. En cambio, dentro de los métodos mecánicos existe la extracción por compresión o aplastamiento de la penca, el cual no es muy recomendable por la cantidad de desperdicio que genera, y por la posibilidad de contaminar el mucílago con las impurezas que pudiera tener la superficie externa de la cáscara , sin considerar que son grandes maquinas que requieren instalaciones especiales. Y existen otras máquinas que comúnmente se les llama fileteadoras, porque cortan la cáscara de la penca.

En el mercado existen diferentes tipos de máquinas fileteadoras, algunas solo retiran la parte superior e inferior de la penca pero no las espinas de los lados y la mayoría descarga la cáscara en la misma tolva donde descarga el mucílago, y con esto se vuelve al problema inicial(contaminar el mucílago con las impurezas externas de la cáscara).En la actualidad el proceso de extracción de la pulpa de las hojas de la planta de aloe vera sin que se contamine por manchas o suciedad de la corteza solo era posible lograrlo naturalmente requiriendo una gran cantidad de personal para hacerlo lo que da mención en párrafos anteriores, es muy ineficiente y costoso. Por lo tanto, una de las principales dificultades que se tienen actualmente para diseñar localmente máquinas y herramientas para la extracción de mucílago de la planta de aloe vera, es el desconocimiento de las propiedades mecánicas de sus hojas.

Justificación

La Sábila que es clasificada de segunda calidad por su peso y algunos defectos se debe comercializar a muy bajo precio, lo que disminuye notablemente la rentabilidad del sistema productivo. En cuanto a los productos naturales podemos decir que la tendencia en los mercados a nivel global es el consumo de productos completamente naturales, es por esta razón que se escogió como materia prima el Aloe Vera ya que es uno de los ingredientes que se le han adjudicado con más propiedades nutricionales, terapéuticas y medicinales.

Debido a la gran competencia del mercado y las altas innovaciones de productos alimenticios que se vienen dando con el uso de distintas materias primas, nos hemos visto en la necesidad de investigar acerca de un insumo que no es común en el mercado de ventas, asimismo tampoco en la producción y distribución a gran escala, más aún en nuestro país. Se trata del aloe vera, llamado comúnmente sábila, que, tras analizar sus componentes y propiedades químicas, resulta muy beneficioso crear un producto que tenga simpatía y aceptación con la población. Por ello se tiene la necesidad de implementar una estrategia que enfoque en esta materia prima, así como también sus distintos métodos de extracción y purificación que se puedan llevar a cabo para procesos industriales y proporcionar un producto de buena calidad que aporte requerimientos nutricionales adecuados.

Los factores que inciden en esta investigación que se tiene acerca de los métodos de extracción depende mucho de la determinación y pérdida que se genere en calidad y el porcentaje de este mucílago de aloe que son factores decisivos, no solo se trata de posicionarse en el mercado como un producto más, sino establecer normas de calidad y manuales de proceso en la producción y comercialización, el estudio de factibilidad promoverá la inversión.

Al igual podemos obtener un buen resultado económico del negocio, siempre y cuando se tenga un enfoque de acuerdo a la competencia monopolística del mercado.

Hipótesis

Hipótesis general: Será posible que los métodos de extracción en forma significativa para la optimización del mucilago del aloe vera

V. Dependiente: Calidad del producto en relación con el mucilago del aloe vera.

V. Independiente: Extracción y purificación del mucilago de aloe vera

Hipótesis Especifica: El método de extracción influye significativamente en el desarrollo de una producción optima al beneficio económico

Dimensiones

La variabilidad comercial influye significativamente por medio del método más eficaz que se usara al momento de la producción teniendo como base únicamente el mucilago del aloe vera. La concentración obtenida por medio de una purificación adecuada dará lugar a la materia prima en este caso del aloe vera, atener condiciones altas para una producción de calidad. La implementación de proyectos sociales para a conocer la realidad del aloe vera que tiene propiedades beneficiosas para el consumo humano sea superficial o interna. Con esto damos a entender a la sociedad que puede familiarizarse con los productos naturales y que puedan estar a buen alcance.

Diseño metodológico

Una vez establecida la hipótesis, llevaremos a cabo las operaciones correspondientes para darle solución al problema:

Después del sangrado y del proceso de preparación, uno de los siguientes tres métodos se utiliza para separar el gel de la hoja.

1. Prensado: En el prensado, las hojas pre-procesadas se colocan sobre una cinta transportadora y se introducen en una prensa. El gel final contiene residuos de aloína remanentes y partes de la hoja, razón por cual que este método no es recomendable.
2. Fileteado manual: En el proceso de fileteado manual, los bordes duros y la parte superior de las hojas se cortan. Posteriormente, la hoja se corta longitudinalmente. Cada mitad de hoja está compuesta por la piel y filete que contiene el gel. El filete se corta o

se raspa de la hoja. Esto se puede hacer con un cuchillo afilado, pero a menudo se hace con un cuchillo de diseño propio o bien con una máquina simple. El núcleo de la hoja sigue siendo: un filete de aloe gel húmedo. Posteriormente, el filete debe que ser moldeado para licuar el gel. Este método tiene sin embargo algunas desventajas importantes:

1. El método conlleva una mano de obra intensiva y tiene una velocidad de procesamiento baja;
2. El rendimiento por hoja es bajo a causa de la gran cantidad de restos de gel en la piel;
3. La calidad del producto final es baja, ya que, con esta metodología, es difícil conseguir gel cercano a la piel y lamentablemente este es el gel de más altacalidad;
4. El riesgo de contaminación del gel aloe por factores externos es alto, porque implica muchas operaciones manuales.

4. Fileteado a máquina - Máquina de AGS

En el método de mecanizado AGS, se cortan tanto los bordes duros como la parte superior de las hojas . Seguidamente se puede depositar las hojas completas en la máquina y se separa la piel en ambos lados de la hoja y así se gana y se recolecta la máxima concentración de aloe gel

Las principales ventajas de la máquina:

1. Un mayor rendimiento por hoja de Aloe
 - Hasta el 67% más de gel en comparación con los métodos de fileteado manual
 - Hasta un 43% más de gel en comparación al método de fileteado a máquina normal
2. Un procesamiento de Aloe muy eficiente y rápido (2 hojas por segundo);
3. Sólo 1 operador por la máquina y una gran reducción del trabajo manual;

1.2.4 Opiniones

→ Según un artículo de AGRO 2.0, las máquinas fileteadoras son preferibles a los métodos manuales, ya que estos últimos son ineficientes y costosos. Sin embargo, se destaca que algunas máquinas solo retiran partes de la penca sin eliminar las espinas, lo que puede llevar a la contaminación del gel extraído. Por

ello, se recomienda optar por modelos que eliminen completamente la cáscara y las impurezas.

- Un estudio técnico de (OZAETA, 2019) señala que la velocidad y fuerza requeridas para operar estas máquinas son cruciales para evitar daños en las hojas y asegurar una extracción eficiente del gel. La relación entre la velocidad de corte y el tipo de efecto (impacto o penetración) es fundamental para prolongar la vida útil de los elementos cortantes.

Velocidad de Corte: Una velocidad adecuada es esencial para evitar daños en las hojas de sábila. Si la máquina corta demasiado rápido, puede provocar que las hojas se desgasten o se rompan, lo que resulta en una menor cantidad de gel extraído. Por otro lado, una velocidad demasiado baja puede hacer que el proceso sea ineficiente.

Tipo de Corte: Existen diferentes métodos de corte, como el impacto y la penetración. El corte por impacto es más agresivo y puede dañar la estructura interna de la hoja, mientras que el corte por penetración es más suave y preserva la calidad del gel. Los expertos sugieren que las máquinas deben ser diseñadas para permitir ajustes en la velocidad y el tipo de corte, dependiendo del tipo y tamaño de la hoja.

- El autor (Osorio, 2021) ha enfatizado la necesidad de desarrollar máquinas adaptadas a las características específicas de las hojas de sábila en diferentes regiones. Esto implica un enfoque en la investigación y el diseño local para mejorar la eficiencia y reducir costos operativos.

La durabilidad de los componentes cortantes es otro aspecto crítico. Las cuchillas deben estar hechas de materiales resistentes a la corrosión, dado que el gel de sábila puede ser altamente corrosivo. Un mantenimiento regular es necesario para asegurar que las cuchillas mantengan su afilado y funcionalidad:

Se recomienda el uso de acero inoxidable o aleaciones especiales que ofrezcan resistencia a la corrosión y al desgaste.

Los expertos sugieren establecer un programa de mantenimiento preventivo que incluya el reemplazo regular de cuchillas y otros componentes críticos para maximizar la vida útil del equipo.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la industria del procesamiento de sábila, la eficiencia en el aprovechamiento del producto es un aspecto fundamental para garantizar la rentabilidad y sostenibilidad del proceso. Actualmente, la máquina fileteadora utilizada en la producción presenta diversas deficiencias que afectan su desempeño, generando un alto nivel de desperdicio. Entre los principales inconvenientes detectados se encuentran el amplio margen de corte de las cuchillas, lo que ocasiona una eliminación innecesaria de material, y la ausencia de un sistema adecuado para la recolección del jugo, lo que provoca una pérdida considerable de este subproducto valioso.

Los residuos generados durante el proceso se componen de espinas, fondo, puntas y colas, además del jugo que se pierde debido a la presión ejercida por los rodillos de la máquina. Estas pérdidas representan un desaprovechamiento significativo de la materia prima y afectan directamente la eficiencia del proceso. En particular, la pérdida de jugo es un aspecto crítico, ya que este subproducto podría aprovecharse en otras aplicaciones industriales.

Asimismo, la supervisión del equipo ha revelado la acumulación de restos de sábila en los laterales y debajo de los rodillos, lo que no solo incrementa el desperdicio, sino que también puede afectar el funcionamiento continuo de la máquina. Aunque el uso de la fileteadora permite agilizar el procesamiento en comparación con el método manual, el volumen de residuos generados plantea dudas sobre su efectividad en términos de optimización del recurso.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La mejora de la máquina fileteadora de sábila resulta indispensable debido a los problemas observados en el equipo semiautomático, que comprometen tanto la eficiencia del proceso como la rentabilidad de la producción. La máquina presenta márgenes de corte excesivos que generan una significativa pérdida de producto, además de la falta de un sistema adecuado para recolectar el jugo de sábila, el cual se desperdicia durante el descortezado. Resolver esta problemática permitirá optimizar la productividad.

Los aportes del proyecto no solo radican en la reducción de desperdicios de sábila, sino también en el incremento de la productividad de la máquina y reducción del desperdicio de jugo. A través de un análisis detallado de la máquina, se propone una mejora técnica en el diseño, con ajustes que optimicen los filos de corte, incorporen un sistema eficiente para la recolección del jugo y minimicen el desperdicio. Estas acciones serán validadas mediante pruebas prácticas que aseguren su efectividad, lo que permitirá aumentar la capacidad productiva.

Los principales beneficiarios de este proyecto serán los operadores de la máquina y la empresa productora. Los operadores se beneficiarán de un equipo más eficiente, lo que reducirá el esfuerzo requerido para su operación y minimizará la pérdida de producto. La empresa, por su parte, incrementará la rentabilidad al reducir el desperdicio de sábila y al aprovechar mejor el jugo extraído.

Los resultados de este proyecto tendrán importantes implicaciones, pues una vez implementados, contribuirán al desarrollo de nuevas estrategias de mejora continua, no solo para esta máquina en particular. La optimización en el corte y recolección de subproductos podría ser replicada en otras áreas de producción.

Al abordar y resolver problemas como el desperdicio de producto y la falta de un sistema de recolección del jugo, este proyecto no solo se enfoca en solucionar desafíos inmediatos, sino que también establece las bases para el desarrollo de nuevas propuestas de mejora en el futuro.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

Identificar y analizar las deficiencias técnicas en el funcionamiento de la máquina fileteadora de sábila y rediseñar mejoras estructurales que permitan aumentar su rendimiento y disminuir la pérdida de materia prima.

1.5.2 Objetivos específicos

- Identificar los componentes clave que afectan la calidad de la producción y contribuyen a la pérdida de materia prima.
- Evaluar el desempeño actual de la máquina fileteadora mediante el análisis de su eficiencia, tiempos de operación y cantidad de desperdicio generado.
- Proponer mejoras en el diseño de la máquina, incorporando soluciones técnicas para optimizar la productividad.
- Diseñar un sistema eficiente que reduzca las pérdidas y maximice el aprovechamiento del filete de sábila.

1.6 RESUMEN.

Este proyecto tiene como objetivo mejorar la eficiencia de una máquina fileteadora utilizada en la industria del procesamiento de sábila, a fin de reducir los desperdicios y optimizar el aprovechamiento del producto. A través del análisis del proceso, se identificaron diversas áreas de oportunidad que impactan negativamente en la productividad y rentabilidad del proceso de fileteado.

La máquina fileteadora de sábila, diseñada para operar con un rendimiento entre el 46% y el 50% del producto procesado, actualmente presenta un rendimiento inferior. Los datos obtenidos muestran que los desperdicios generados durante el proceso superan en un 10% los valores esperados, lo que disminuye significativamente la eficiencia de la máquina. El jugo, un subproducto valioso, se pierde debido a la presión ejercida por los rodillos, lo que representa una gran oportunidad de mejora en el proceso.

Durante el análisis, se observó que el desperdicio total alcanzó un 63%, lo que excede considerablemente el 50% esperado. Aunque la máquina fileteadora tiene una mayor velocidad que el trabajo manual, la cantidad de desperdicios generados afecta negativamente su competitividad. El jugo desperdiciado, las espinas y el fondo fueron los principales componentes que contribuyeron al desperdicio general. El rendimiento de la máquina, que en teoría debería ser más alto, se ve comprometido por estos factores.

Recomendaciones:

- Mejorar el Sistema de Recolección de Jugo
- Optimización de Componentes de Corte
- Capacitación de Operarios
- Monitoreo y Mantenimiento Continuo

Con la implementación de las recomendaciones, se espera una mejora significativa en la eficiencia de la máquina fileteadora, lo que permitirá reducir los desperdicios y mejorar el aprovechamiento del producto procesado. Esto tendrá un impacto directo en la rentabilidad y competitividad del proceso frente a métodos manuales.

Aunque la máquina fileteadora es más rápida que los operarios manuales, su eficiencia se ve comprometida por los altos niveles de desperdicio. Se recomienda rediseñar el sistema de recolección de jugo, ajustar los componentes de corte y aplicar mejoras en el mantenimiento y capacitación de los operarios. Estas acciones permitirían mejorar la eficiencia de la máquina y reducir significativamente los desperdicios, lo que redundaría en un proceso de fileteado más rentable y sostenible.

Este proyecto demuestra la necesidad de realizar ajustes técnicos y operativos en la máquina fileteadora de sábila para mejorar su rendimiento y reducir los desperdicios. Las recomendaciones propuestas, que incluyen la mejora del sistema de recolección de jugo, la optimización de los componentes de corte, la capacitación de los operarios y el monitoreo constante del proceso, son fundamentales para alcanzar los objetivos de eficiencia y rentabilidad en la producción de sábila.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 LA SÁBILA CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES.

2.1.1 Características botánicas del Aloe vera.

(Sarahí Rubio Tinajero, 2020) indica que el *Aloe vera* pertenece a la división *Magnoliophyta*, clase *Liliopsida*, orden *Asparagales*, familia *Xanthorrhoeaceae*, subfamilia *Asphodeloideae*, género *Aloe* y especie *Aloe vera*, siendo conocido comúnmente como sábila. Esta planta se clasifica entre las suculentas de tipo CAM (crasuláceas) debido a su alto contenido de agua, que representa aproximadamente el 95% de su composición, lo que le confiere hojas carnosas y alargadas (Hamman, 2008). Estas hojas pueden crecer hasta alcanzar los 70 cm de altura y están compuestas por un exocarpio (corteza), un parénquima interno conocido como gel y conductos de aloína situados entre ambas capas. Además, la sábila desarrolla un escapo floral que mide entre 30 y 40 cm, con una inflorescencia racimosa compuesta por flores tubulares colgantes de color amarillo (Jiménez, 2015).

2.1.2 Beneficios del Aloe vera

- **Ayuda digestiva:** El látex del *Aloe vera* contiene aloína, una antraquinona con propiedades laxantes que puede ser útil en el tratamiento del estreñimiento.
- **Afecciones de la piel:** La sábila ha mostrado eficacia en el tratamiento de problemas cutáneos como la psoriasis y el acné, gracias a su efecto calmante, que ayuda a reducir la inflamación y la picazón.
- **Cicatrización de heridas:** El gel de *Aloe vera* favorece la curación de heridas y acelera el proceso de recuperación en casos de quemaduras o cortes.
- **Alivio de la acidez estomacal:** Investigaciones indican que el *Aloe vera* puede disminuir síntomas del reflujo gastroesofágico, como la acidez, los eructos y los vómitos.
- **Reducción del azúcar en sangre:** Un estudio encontró que consumir dos cucharadas de jugo de *Aloe vera* diariamente durante dos semanas contribuye a

disminuir los niveles de azúcar en la sangre, además de mejorar los niveles de triglicéridos.

2.1.3 Estructura y composición química de la planta de Aloe vera

De acuerdo a (González, 2012), la planta de Aloe vera se compone de raíz, tallo, hojas y flores, las cuales aparecen durante la floración. Las hojas crecen en forma de roseta alrededor del tallo a nivel del suelo, mientras que este último se extiende hacia arriba y produce racimos densos de flores tubulares de tonalidades amarillas o rojas. Las hojas presentan una forma lanceolada y poseen bordes dentados con espinas que funcionan como mecanismo de protección. Su estructura está formada por un exocarpio o corteza, recubierto por una delgada cutícula. La corteza representa entre el 20 y el 30% del peso total de la planta y su color varía entre verde y verde azulado, dependiendo de factores como el lugar de crecimiento, el clima y la nutrición.

El parénquima, conocido como gel o pulpa, se encuentra en el centro de la hoja y constituye entre el 65 y el 80% del peso total de la planta.

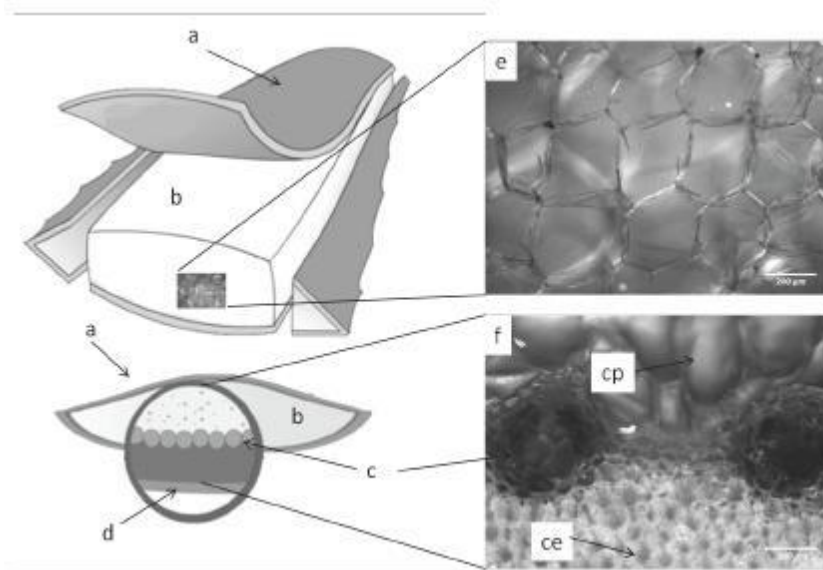


Ilustración 2.1.3.1 Estructura aloe vera (2)

- a) Estructura y microestructura de la hoja de Aloe vera: Exocarpio
- b) Pulpa o tejido parenquimático
- c) Conductos de aloína
- d) Cutícula

- e) Corte seccional de la hoja de aloe vera
- f) Células parénquima
- g) Conductos aloína

Entre la corteza y el gel se localizan los conductos de aloína, una red de canales longitudinales de pequeño diámetro que recubren la superficie interna de la hoja. Estos conductos transportan la savia, conocida como acíbar, la cual puede extraerse dejando que el líquido fluya libremente. El acíbar tiene aplicaciones farmacéuticas, especialmente como laxante, gracias a su elevado contenido de aloína, una antraquinona derivada de la aloe-emodina y la glucosa (Reynolds, 2004).

2.1.4 Propiedades del aloe vera

Las propiedades antiinflamatorias y cicatrizantes del Aloe vera abren posibilidades de uso en diversas áreas de la medicina. Por ejemplo, en dermatología, podría ser eficaz para tratar patologías como la dermatitis, el herpes zóster e incluso la psoriasis, ofreciendo una alternativa viable para estas afecciones (Gutierrez, 2012). En odontología, su aplicación es prometedora para el manejo de problemas gingivales y en el cuidado postoperatorio. Asimismo, en el ámbito de la proctología, su uso ha sido considerado debido al alivio que proporciona durante las crisis hemorroidales.

Adicionalmente, se han explorado otros beneficios como su capacidad para potenciar la absorción intestinal y su efecto inmunomodulador y antioxidante. Recientemente, se ha identificado su potencial como excipiente en medicamentos de liberación controlada, utilizando el gel de Aloe vera en polvo como base para estas formulaciones (González, 2012):

Industria cosmética

- Lápices labiales
- Geles, espumas modeladoras y fijadores para cabello
- Cremas para peinar
- Tratamientos faciales
- Cremas hidratantes
- Maquillajes

Industria del cuidado personal

- Shampoo y acondicionadores de cabello
- Protectores solares y lociones bronceadoras
- Cremas y lociones astringentes
- Jabones de tocador y de ducha
- Desodorantes y lociones corporales
- Pastas dentales y enjuagues bucales
- Cremas y lociones para después de afeitarse

Industria alimenticia

- Suplementos alimenticios
- Jugos saborizados
- Bebidas deportivas, dietéticas, energizantes y neutraceúticas
- Galletas
- Salchichas
- Sopas
- Yogurt
- Gelatinas

Industria farmacéutica

- Cremas dermatológicas
- Productos anti-acné
- Laxantes
- Analgésicos tópicos

2.2 DEMANDA EN PRODUCTOS DE ALE VERA

2.2.1 Demanda global

Según un análisis de (Mordor, 2024), el mercado global de productos derivados del Aloe vera muestra un crecimiento notable, con una estimación de 1.98 mil millones de dólares en 2024, y se prevé que alcance los 2.77 mil millones de dólares para 2029, con una tasa compuesta anual del 6.92% durante ese período. El Aloe vera es un ingrediente popular en cosméticos y productos para el cuidado de la piel, conocido por

sus propiedades hidratantes, calmantes y antiinflamatorias, lo que ha incrementado su demanda en el tratamiento de quemaduras solares y acné. Este aumento en la demanda también está impulsado por el creciente interés en productos naturales y orgánicos, ya que los consumidores buscan evitar los efectos secundarios de los productos sintéticos.

El uso del Aloe vera también está ganando terreno en áreas como la salud digestiva, el fortalecimiento del sistema inmunológico y el cuidado personal. En consecuencia, la demanda de gel de Aloe vera ha aumentado significativamente, especialmente en jugos de frutas, productos farmacéuticos y de cuidado de la piel. Mordor (2024) también señala que el aumento en el gasto sanitario, que alcanzó los 12,555.3 dólares per cápita en EE. UU. en 2022 según la OCDE, ha impulsado la creciente demanda de estos productos.

La industria de la belleza y el cuidado personal ha jugado un papel clave en este crecimiento, con marcas como Himalaya, The Nature's Co., Avon y Patanjali ofreciendo productos a base de Aloe vera. Además, organismos como el Consejo Científico Internacional del Aloe han sido fundamentales en la certificación de productores, lo que fomenta la producción de estos productos a nivel global.

2.2.2 Tendencias del mercado mundial de aloe vera

El gel de *Aloe vera* está experimentando un aumento significativo en su uso como ingrediente en productos para el cuidado de la piel. (Mordor, 2024) publica que este crecimiento se debe a varios factores, como la preferencia de los consumidores por productos naturales y el auge del movimiento de belleza limpia. Además, sus propiedades calmantes, junto con sus efectos antiinflamatorios, antivirales, antimicrobianos y antioxidantes, hacen del *Aloe vera* una opción ideal para aliviar la picazón, irritación y otras afecciones de la piel.

La creciente sensibilidad de la piel, causada por factores como el estrés, la contaminación y cambios en el estilo de vida, ha incrementado la demanda de productos que contengan gel de *Aloe vera*, ya que este ingrediente es eficaz para calmar, hidratar y proteger la piel. (Mordor, 2024) destaca que el aumento de enfermedades cutáneas, como psoriasis, eccema y quemaduras solares, está impulsando aún más su popularidad. En España, por ejemplo, el número de casos de psoriasis pasó de 990.8 en

2021 a 1,034.2 en 2022, lo que resalta la necesidad de productos que ayuden a reducir el enrojecimiento y la descamación, funciones para las cuales el *Aloe vera* es especialmente útil.

Gracias a su capacidad para hidratar la piel y su alto contenido de vitaminas A, C y E, el *Aloe vera* se ha consolidado como un excelente hidratante, promoviendo una piel más sana y luminosa (Mordor, 2024).

2.2.3 Segmentación global de la industria del aloe vera

Como señala (Mordor, 2024) el *Aloe vera* es una planta suculenta ampliamente conocida por sus hojas gruesas y carnosas que contienen un gel con propiedades medicinales, las cuales incluyen efectos antioxidantes y antibacterianos. Este gel ha sido utilizado durante siglos en diversas aplicaciones terapéuticas debido a sus beneficios para la salud. En cuanto a su comercialización, el mercado global de *Aloe vera* se clasifica según tres criterios principales: forma, aplicación y geografía.

Por forma, el mercado se divide en gel, líquido y polvo, siendo el gel el más utilizado debido a su versatilidad y propiedades curativas. En términos de aplicación, los productos de *Aloe vera* se distribuyen principalmente en tres áreas: alimentos y bebidas, cosméticos y cuidado personal, y productos farmacéuticos. Esta segmentación permite un enfoque más específico para cada tipo de consumidor. Geográficamente, el mercado está segmentado en varias regiones clave: América del Norte, Europa, Asia-Pacífico, América del Sur, Oriente Medio y África. Cada una de estas áreas tiene un tamaño de mercado y pronósticos de crecimiento que se calculan en función de su valor en dólares estadounidenses (USD), lo que refleja el crecimiento y la demanda en esas regiones (Mordor, 2024).

Formulario	Gel
	Líquido
	Polvos
Aplicación	Alimentos y Bebidas
	Cosmética y Cuidado Personal
	Farmacéuticos

Ilustración 2.2.3 Formulario y aplicación (3)

2.3 PROCESOS DE FILETEADO Y EXTRACCIÓN DE SÁBILA

2.3.1 Métodos tradicionales:

El fileteado manual de la sábila es un proceso artesanal que se utiliza para extraer el gel de las hojas de Aloe vera. Este método es apreciado por su capacidad para obtener un producto de alta calidad, aunque presenta ciertas desventajas en términos de eficiencia y costos.

Proceso de fileteado manual

Como afirma (Rosero, 2017) el proceso de fileteado manual implica varias etapas clave:

1. **Selección de las hojas:** Se eligen hojas maduras y sanas, generalmente aquellas que tienen al menos 2-3 años de edad, ya que contienen una mayor concentración de gel.
2. **Lavado:** Las hojas seleccionadas se lavan cuidadosamente con agua corriente para eliminar cualquier suciedad o contaminante. A veces, se utilizan soluciones bactericidas para asegurar la higiene y la calidad del producto.
3. **Corte:** Se realizan cortes en las hojas utilizando un cuchillo afilado. Este paso es crucial; se comienza aproximadamente a 2.5 cm desde la base de la hoja y se corta a lo largo de los bordes laterales

Se debe tener cuidado para no dañar el gel interno durante este proceso.

4. **Extracción del gel:** Con el cuchillo, se separa la parte externa (la corteza) del gel interno. Este gel es transparente y tiene una consistencia viscosa. Es importante realizar este paso con precisión para maximizar la cantidad de gel extraído y minimizar la contaminación con la aloína, una sustancia amarilla que puede ser irritante

Ventajas del fileteado manual

(Urqueta, 2017) plantea las siguientes ventajas:

- **Mayor precisión:** La extracción manual permite un control detallado sobre cada hoja, lo que resulta en un producto final más puro y con una mayor concentración de compuestos beneficiosos

Al evitar el daño a las células del gel, se preservan mejor sus propiedades nutritivas y medicinales.

- **Mejor rendimiento:** Este método tiende a maximizar el rendimiento del gel extraído, asegurando que se conserve la mayor parte de los componentes bioactivos presentes en la sábila

Los productores pueden seleccionar cuidadosamente las hojas más adecuadas, lo que contribuye a una mejor calidad general del producto.

Desventajas del fileteado manual

(Aguirre, 2016) considera las siguientes desventajas:

- **Lentitud:** El fileteado manual es un proceso laborioso que requiere tiempo y atención al detalle. Esto puede resultar en tiempos de producción más largos en comparación con métodos automatizados

La velocidad del proceso puede ser un factor limitante en operaciones que requieren grandes volúmenes de producción.

- **Costo de mano de obra:** Dado que este método requiere personal capacitado para realizar el fileteado, los costos laborales pueden ser significativamente más altos

En mercados competitivos, esto puede afectar la viabilidad económica del producto final, especialmente si no se puede justificar con un precio premium debido a su calidad superior.

2.3.2 Métodos mecanizados:

El uso de **máquinas fileteadoras** para la extracción del gel de sábila (Aloe vera) se ha convertido en una alternativa eficiente para aumentar la **velocidad y reducir costos** en la producción. Estas máquinas automatizan el proceso, lo que no solo mejora la eficiencia, sino que también reduce el desperdicio y asegura una mayor calidad del producto final. (Alvarez, 2013)

Ventajas de las Máquinas Fileteadoras

1. **Aumento de la Productividad:** Las máquinas fileteadoras están diseñadas para procesar hojas de sábila rápidamente, logrando tasas de producción que superan las capacidades manuales. Por ejemplo, algunas máquinas pueden procesar hasta **40 pencas por minuto**, lo que representa un aumento significativo en comparación con el método manual
2. **Reducción de Costos:** La implementación de sistemas semiautomáticos permite disminuir los costos operativos al reducir la necesidad de mano de obra intensiva y optimizar el uso de recursos. Un análisis del ciclo de vida ha demostrado que estas máquinas pueden ofrecer un retorno significativo sobre la inversión, haciendo que su adopción sea económicamente viable
3. **Mejora en la Calidad del Producto:** Al utilizar tecnología avanzada, se minimizan los riesgos de contaminación del gel por aloína, un compuesto perjudicial si se mezcla con el gel. Las máquinas están diseñadas para asegurar un corte limpio y eficiente, lo que resulta en un producto final más puro y libre de impurezas.

Diseño y Funcionamiento

(TORRES CHARRY & OZAETA, 2015) describen que las máquinas fileteadoras funcionan mediante un sistema que combina varios componentes mecánicos:

- **Rodillos Compresores:** Estos elementos aplican presión a las hojas para extraer el gel sin dañar su estructura
- **Cuchillas Cortadoras:** Diseñadas para realizar cortes precisos en las hojas, facilitando la separación del gel
- **Sistemas de Filtración:** Permiten separar el gel extraído de los residuos sólidos generados durante el proceso

El diseño modular y compacto es clave, ya que permite una fácil integración en diferentes entornos productivos y facilita el mantenimiento.

Consideraciones Económicas

La inversión inicial en maquinaria puede ser significativa; sin embargo, (Treviño, 2012) considera que los beneficios a largo plazo incluyen:

- **Ahorro en Mano de Obra:** La automatización reduce la dependencia del trabajo manual, lo cual es crítico en áreas donde la mano de obra puede ser escasa o costosa
- **Eficiencia Energética:** Las máquinas modernas están diseñadas para operar con bajo consumo energético, contribuyendo a una reducción adicional en los costos operativos
- **Eficiencia esperada:** Explicación del rango de rendimiento ideal (46%-50%) y cómo los desperdicios afectan este parámetro

2.4 PROCESAMIENTO A NIVEL INDUSTRIAL

2.4.1 Descripción general de procesamiento

Según (María José Bonilla Bonilla, 2016), el mercado de productos derivados del Aloe vera ha experimentado un notable incremento en los últimos años, y se espera que esta tendencia continúe en el futuro. Actualmente, se estima que el mercado global de estos productos alcanza los 27 mil millones de dólares anuales, lo cual se debe, en gran medida, a la creciente demanda de cosméticos que contienen Aloe vera. Estos productos cosméticos representan una parte importante del valor del mercado global. A pesar de la alta demanda general de productos de Aloe vera en diversas formas, el comercio de materias primas de la planta está valorado en aproximadamente 180 millones de dólares.

Sin embargo, los datos aún son imprecisos debido a que el Aloe vera no cuenta con una clasificación arancelaria específica, sino que se incluye en categorías más generales que abarcan saborizantes y extractos de varias plantas, lo que dificulta la determinación exacta de su valor de transacción.

Por otro lado, el procesamiento de los productos derivados del Aloe vera, que suele incluir tratamientos como calefacción, deshidratación o molienda, puede alterar

irreversiblemente sus componentes bioactivos, como los polisacáridos y los compuestos antioxidantes, lo que podría modificar las propiedades bioquímicas de los productos finales.

2.4.2 Pasos del proceso

En el diagrama se muestra el proceso común que lleva la producción de gel de *Aloe* se da comúnmente de la siguiente manera:



Ilustración 2.4.2 Proceso de Aloe Vera (4)

1. **Lavado de las hojas:** El primer paso consiste en lavar las hojas recibidas en la planta con agua y soluciones bactericidas para eliminar impurezas y bacterias.
2. **Remoción del gel:** A continuación, se separa el gel de la corteza mediante el fileteado de las hojas. El método más utilizado es la separación manual, que consiste en hacer cortes a mano a lo largo de la hoja, comenzando a unos 2,5 cm de la base y abarcando todo el extremo superior y las partes laterales. El gel se licúa luego utilizando espas de acero. Aunque este método requiere más mano de obra, es el que proporciona los mejores resultados, por lo que es el más comúnmente utilizado.
3. **Molienda del gel:** Los filetes de gel se homogenizan en un triturador comercial de alta velocidad a temperatura ambiente (25 °C). Este proceso debe durar entre 10

a 20 minutos, ya que un tiempo prolongado de molienda puede causar el oscurecimiento del gel debido al pardeamiento enzimático.

4. **Estabilización con enzimas:** Para conservar los compuestos bioactivos, como los polisacáridos, se añade enzimas pectolíticas a 50 °C durante 20 minutos. Esto estabiliza el gel y preserva su actividad biológica.
5. **Filtración:** Después de la estabilización, se realiza la filtración para separar las partículas del gel, utilizando el proceso de sedimentación. Este paso también ayuda a mantener la estabilidad del gel.
6. **Adición de vitamina C y ajuste del pH:** Se incorpora vitamina C o ácido ascórbico para prevenir el pardeamiento y mejorar el sabor del gel. Además, se ajusta el pH a un valor de 3,0 a 3,5 mediante la adición de ácido cítrico.
7. **Desaeración:** Se realiza una desaeración en vacío del gel líquido para eliminar el oxígeno atrapado en forma de burbujas. Este proceso previene la oxidación del ácido ascórbico y mejora la vida útil del gel.
8. **Pasteurización:** El gel se pasteuriza utilizando el proceso HTST (High Temperature Short Time) a temperaturas entre 85-95 °C, lo que ayuda a evitar la pérdida de sabor y actividad biológica.
9. **Enfriamiento rápido:** Tras la pasteurización, el gel se enfría rápidamente a 5 °C en un periodo de 10 a 15 segundos, lo cual es crucial para preservar su actividad biológica.
10. **Envasado:** Finalmente, el gel estabilizado se envasa en recipientes de vidrio o plástico, asegurando su conservación y disponibilidad para su comercialización.

2.5 OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES

2.5.1 Concepto de optimización

(Rausch, 2024) afirma que el análisis de procesos es una herramienta clave para comprender el funcionamiento de los sistemas y es utilizado en diversos sectores. Este enfoque ha ganado popularidad porque permite a las empresas mejorar sus operaciones, aumentar la productividad y fomentar el crecimiento a través de la optimización de

procesos. El principal objetivo del análisis de procesos es identificar las ineficiencias y los cuellos de botella en un sistema, desarrollando estrategias para mejorar su eficiencia. A través de métodos como diagramas de flujo, mapeo de procesos, minería de procesos o simulación, el análisis proporciona una visión integral de los procesos empresariales y facilita su mejora continua.

En términos simples, el análisis de procesos implica un examen detallado y descomposición de un proceso para obtener una comprensión más profunda, identificar debilidades y buscar maneras de optimizarlo. Este enfoque contribuye a mejorar la eficiencia, reducir costos y optimizar el rendimiento general. En muchos casos, el análisis de procesos es el primer paso hacia la mejora operativa, y su implementación puede incluir nuevas tecnologías, como flujos de trabajo automatizados, sistemas ERP o RPA, para maximizar los beneficios de la optimización.

2.5.2 Eficiencia en la optimización industrial

De acuerdo con (Turovski, 2023), en cualquier proceso de fabricación, optimizar la eficiencia operativa es fundamental para mantener la competitividad de las empresas. Este aspecto es particularmente crítico en la industria alimentaria, donde los períodos de inactividad pueden generar riesgos significativos debido a la descomposición de las materias primas. Además, la degradación de las máquinas o las líneas de producción afecta tanto su disponibilidad como su rendimiento, lo que impacta directamente en la eficiencia de la compañía.

Para alcanzar la máxima eficiencia, es esencial asegurar un rendimiento óptimo de la planta de producción. Esto implica garantizar un mantenimiento adecuado para prolongar la vida útil de la maquinaria y desarrollar una estrategia efectiva de gestión de activos, que minimice los períodos de inactividad. En este sentido, uno de los factores clave para mantener la competitividad radica en la correcta selección y mantenimiento de los sistemas de accionamiento, como bombas y válvulas, que son cruciales para el funcionamiento de los equipos de proceso.

2.5.3 Factores claves para la optimización industrial

- Automatización de procesos

(Becerril, 2021) plantea que la optimización de procesos industriales abarca todos los esfuerzos que las empresas realizan para maximizar la productividad, mejorando la seguridad, eficiencia y rentabilidad de las operaciones. Es fundamental que los gerentes de proyectos consideren factores clave como la planificación estratégica, la cultura organizacional y la seguridad industrial al gestionar su estrategia.

El objetivo principal es mantener los niveles de eficiencia y productividad lo más altos posibles, a través de un control meticuloso de las diversas variables que se presentan durante el proceso productivo. Esta técnica es útil para resolver problemas relacionados con la sobrecarga laboral y las crecientes demandas del mercado. Además, el uso de software para la programación de actividades contribuye a optimizar el rendimiento al automatizar la programación de los lotes de producción.

Al contar con máquinas que operan de manera continua, sin la intervención directa del operador, se logra reducir el tiempo muerto entre tareas y minimizar los errores humanos, lo que resulta en un aumento significativo de la productividad.

- Control de variables críticas

(Cisneros, 2024) plantea que las variables críticas de calidad son aquellos elementos clave que afectan directamente la calidad del producto o servicio final. Estas variables incluyen una amplia gama de factores que van desde las especificaciones del diseño, pasando por los procesos de producción, hasta la entrega final al cliente. Cada una de estas áreas influye en la satisfacción del cliente y en la capacidad de la organización para cumplir con los estándares de calidad establecidos.

Identificar y controlar estas variables es esencial para las empresas, ya que permite evitar la aparición de defectos y variaciones no deseadas en los procesos, lo que mejora la consistencia y la calidad del producto. El monitoreo constante de estas variables facilita la toma de decisiones informadas y la implementación de mejoras continuas, lo que resulta en una mayor competitividad y cumplimiento de los requisitos del cliente.

Para gestionar de manera eficaz estas variables críticas, las organizaciones pueden implementar un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) basado en la norma ISO 9001. Esta norma, reconocida a nivel mundial, proporciona un marco estructurado y probado para identificar, gestionar y mejorar las variables críticas de calidad en cualquier tipo de organización. La ISO 9001 no está limitada a un sector específico, sino que es aplicable a diversas industrias, lo que permite a las empresas mejorar su desempeño y optimizar sus procesos.

El enfoque de la ISO 9001 ayuda a las organizaciones a documentar sus procesos, establecer indicadores de calidad, auditar regularmente su desempeño y asegurar que se sigan procedimientos estándar para mantener la calidad de sus productos o servicios. Esto no solo asegura la satisfacción del cliente, sino que también fortalece la eficiencia operativa y la capacidad de adaptación de la empresa en un entorno competitivo.

Al integrar estas prácticas de control de calidad, las empresas no solo garantizan productos de alta calidad, sino que también reducen costos asociados con retrabajos y pérdidas, lo que contribuye a una mejor rentabilidad y una gestión más eficiente de los recursos.

- *Innovación tecnológica*

(Martínez, 2020) describe la optimización de procesos industriales como un enfoque clave para mejorar continuamente las operaciones dentro de una empresa, con el objetivo de alcanzar un equilibrio entre los costos y los beneficios. Esta disciplina no solo se centra en la reducción de gastos, sino también en maximizar el rendimiento de los recursos disponibles. De esta forma, se busca que cada etapa del proceso se ejecute de manera eficiente, sin comprometer la calidad del producto o servicio final.

La optimización se logra mediante el uso de técnicas analíticas y herramientas de gestión, que permiten identificar áreas de mejora dentro de los procesos productivos y establecer métodos para incrementar la productividad. Este enfoque también permite a las industrias adaptarse mejor a las demandas cambiantes del mercado, mejorar su competitividad y garantizar un uso más sostenible de los recursos. En un entorno empresarial altamente competitivo, donde la innovación y la eficiencia son esenciales, las soluciones inteligentes juegan un papel crucial en la optimización. Estas tecnologías

avanzadas no solo mejoran los procesos, sino que también ayudan a reducir los costos y a mejorar la calidad del producto final.

Entre las herramientas utilizadas para la optimización, se incluyen automatización de líneas de producción y la inteligencia artificial para la toma de decisiones. Al integrar estas tecnologías, las empresas pueden mejorar su eficiencia operativa y adaptarse mejor a las exigencias del mercado global, contribuyendo a un entorno más sustentable y competitivo. De esta forma, la optimización no solo se ve como una herramienta de mejora interna, sino también como un motor de transformación industrial.

Este enfoque muestra cómo la optimización de procesos industriales no solo es clave para la eficiencia operativa, sino también para asegurar la competitividad y sostenibilidad en un mercado globalizado.

- *Mejora continua*

(Heflo, 2024) define la mejora continua como un proceso clave en la gestión de operaciones dentro de las empresas, que se basa en el principio de que siempre existen áreas de oportunidad para optimizar y mejorar el rendimiento de los procesos. A través de este enfoque, las organizaciones buscan identificar de manera constante oportunidades para aumentar la eficiencia, reducir costos y mejorar la calidad de los productos o servicios. La mejora continua no se limita a una sola acción o iniciativa, sino que se convierte en un ciclo perpetuo que se integra a la cultura organizacional.

El proceso comienza con la evaluación de los procesos existentes, utilizando diversas herramientas y técnicas de análisis. Entre estas herramientas se incluyen el análisis de causa raíz, los diagramas de flujo, y el uso de indicadores de desempeño. Estos métodos permiten identificar las debilidades o ineficiencias en las operaciones. Una vez identificados los puntos de mejora, se diseñan proyectos de optimización específicos que pueden involucrar cambios en los procesos, implementación de nuevas tecnologías, capacitación de personal, o ajustes en los métodos de trabajo.

Una de las metodologías más comunes utilizadas para implementar la mejora continua es el Ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), que establece un enfoque sistemático para la planificación de mejoras, su implementación, evaluación de los

resultados y la adopción de nuevas medidas si es necesario. Este ciclo se repite constantemente, lo que garantiza que las mejoras sean sostenibles y que la organización se adapte a las nuevas demandas del mercado.

La retroalimentación es un componente esencial en la mejora continua. Al obtener información sobre el desempeño de las iniciativas de mejora, las empresas pueden ajustar sus estrategias y procesos para asegurarse de que se están alcanzando los objetivos establecidos. La medición del rendimiento es crucial en este proceso, ya que permite a la organización saber si las mejoras están teniendo el impacto esperado.

El enfoque de mejora continua también fomenta la cultura de innovación dentro de la organización. Los empleados en todos los niveles se sienten motivados a identificar formas de mejorar sus propias tareas y procesos, lo que genera un ambiente de colaboración y proactividad. Esto no solo beneficia a la empresa en términos de eficiencia y productividad, sino que también mejora la satisfacción del cliente, ya que los productos o servicios se entregan con mayor calidad y en menor tiempo.

Finalmente, la mejora continua no es solo un proceso interno, sino que también se extiende hacia las relaciones con proveedores y clientes. Al integrar la mejora continua en toda la cadena de suministro, las empresas pueden garantizar una gestión eficiente de los recursos y una mejora constante de la calidad, lo que fortalece su competitividad en el mercado global.

2.6 IMPACTO ECONÓMICO Y AMBIENTAL DEL PROYECTO

2.6.1 Beneficios de reducir desperdicios

El tratamiento adecuado de residuos es un aspecto crucial que las empresas deben priorizar, no solo por su responsabilidad medioambiental, sino también por los beneficios económicos y operativos que puede generar. La gestión eficiente de residuos, además de cumplir con las regulaciones ambientales, puede contribuir a una reducción significativa de costos en el largo plazo.

Como menciona (Pickler, 2022), el control de residuos en el proceso productivo no solo busca reducir el impacto ambiental, sino también aprovechar oportunidades de ahorro. Estas oportunidades incluyen la reutilización de materiales, la venta de residuos

para su reciclaje o transformación, y el descubrimiento de nuevos componentes biodegradables que puedan sustituir materiales tradicionales. De este modo, las empresas no solo cumplen con las normativas, sino que también encuentran maneras de generar ingresos adicionales o reducir gastos.

Aunque la inversión inicial para implementar estrategias de reducción de residuos pueda ser alta, las ventajas económicas a largo plazo son claras. Las empresas que adoptan estas estrategias pueden minimizar los costos operativos, especialmente aquellos relacionados con la disposición y tratamiento de residuos. Además, la mejora de la imagen corporativa y la responsabilidad social empresarial también juegan un papel importante en la aceptación del público y los consumidores, quienes cada vez valoran más las prácticas empresariales sostenibles.

La clave está en integrar estas estrategias de manera efectiva en el proceso productivo, lo cual no solo contribuye a la salud humana y la preservación del medio ambiente, sino que también optimiza la eficiencia operativa de la empresa. La gestión adecuada de residuos, al ser implementada correctamente, puede resultar en un ciclo positivo donde los costos de producción se reducen, la empresa mejora su competitividad y contribuye a un futuro más sostenible.

2.6.2 Ahorro económico

En el contexto empresarial actual, donde la sostenibilidad se ha convertido en una prioridad, la reducción de residuos no solo representa un beneficio para el medio ambiente, sino que también ofrece ventajas económicas significativas. Como se señala en el estudio de (C., 2020), la adopción de prácticas de reducción de residuos puede generar ahorros sustanciales de costos, lo cual es fundamental para las empresas que buscan optimizar su rentabilidad.

Implementar estrategias como el reciclaje y la reutilización de materiales permite a las empresas disminuir los costos asociados con la compra de nuevos recursos. Por ejemplo, en una empresa manufacturera, un sistema de circuito cerrado, donde los materiales se reciclan y reutilizan dentro del mismo proceso de producción, puede reducir drásticamente los costos de adquisición de materias primas. Este tipo de prácticas no

solo reduce el impacto ambiental, sino que también contribuye a optimizar los recursos disponibles dentro de la empresa.

Además, la minimización de residuos puede generar una reducción en las tarifas de eliminación y vertedero, ya que el volumen de desechos que debe ser gestionado y procesado disminuye. Esto, a su vez, reduce los gastos operativos asociados con el tratamiento de desechos, lo que se traduce en una reducción de costos generales.

La adopción de prácticas sostenibles como la reducción de residuos no solo es beneficiosa para el medio ambiente, sino que también mejora la competitividad de las empresas al reducir costos operativos, mejorar la eficiencia y contribuir a una imagen empresarial más positiva en un mercado cada vez más enfocado en la sostenibilidad.

2.6.2 Responsabilidad ambiental

La responsabilidad ambiental empresarial (RAE) ha emergido como un aspecto fundamental que las empresas deben considerar dentro de sus responsabilidades sociales. Según (EAE, 2023), esta responsabilidad está directamente relacionada con la actividad productiva, comercial y de servicio de las organizaciones, ya que las acciones empresariales pueden tener un impacto significativo en el entorno natural.

Una de las principales directrices en este contexto es la Ley de Responsabilidad Medioambiental, que exige a las empresas adoptar medidas proactivas para prevenir impactos ambientales negativos. Esto incluye la implementación de tecnologías limpias y prácticas sostenibles, con el objetivo de mitigar los efectos adversos que sus actividades puedan causar al medio ambiente. En caso de que exista un riesgo ambiental, las empresas deben evitar realizar actividades que puedan causar daños significativos y, en caso de que los daños ocurran, asumir la responsabilidad de repararlos, ya sea a través de la restauración directa del entorno afectado o mediante la compensación de los daños.

Además, es esencial que las empresas informen de manera inmediata a las autoridades competentes sobre cualquier daño ambiental o amenaza de este tipo, y sobre las medidas de prevención que han adoptado para evitarlos. La responsabilidad ambiental no solo está basada en principios éticos y sociales, sino que también está

respaldada por regulaciones legales claras y objetivas que las empresas deben cumplir, tanto a nivel estatal como internacional.

Este marco legal, cada vez más detallado y estricto, resalta la importancia de que los gestores de operaciones conozcan y apliquen las normas y disposiciones pertinentes, para garantizar el cumplimiento de sus responsabilidades ambientales y evitar consecuencias legales.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 MATERIALES

MATERIALES

- Tablas de tiempos de movimientos (MTM)
- Cronómetro
- Hoja de cálculo o calculadora
- Básculas de precisión
- Computadora
- Mouse
- Programas CAD (Diseño Asistido por Computadora)

3.2 METODOLOGÍA PARA EL PROYECTO

1. **Medir los parámetros de desperdicio y producción:** En esta primera etapa, se realizará una medición de los parámetros que se asignaran a la máquina fileteadora, enfocándose en la cantidad de sábila desperdiciada al retirar las espinas y en la pérdida de jugo durante el proceso de pelado, tiempos, etc. Se registrará la productividad actual de la máquina en términos de hojas de sábila procesadas por hora. Esta información será fundamental para establecer una línea base que permitirá evaluar el impacto de las mejoras implementadas más adelante.
2. **Investigar y desarrollar posibles soluciones:** Se procederá a investigar toda información que pueda ser útil para proponer soluciones, diseños y procesos que puedan ser adaptados o modificados para resolver los problemas identificados. Este proceso incluirá la revisión de literatura técnica, estudios de caso y la consulta con operarios. Se generarán ideas y propuestas de soluciones, que serán evaluadas en términos de viabilidad técnica, económica y su capacidad para reducir el desperdicio y mejorar la eficiencia de la máquina.

3. **Analizar las posibles soluciones:** Las soluciones identificadas serán analizadas en detalle. Este análisis incluirá la evaluación, el impacto esperado en la reducción de desperdicios y la mejora en la productividad. Esta etapa es crucial para identificar las soluciones más prometedoras y evitar inversiones en mejoras que no proporcionen un beneficio claro.
4. **Crear un nuevo diseño:** Con base en el análisis previo, se procederá a diseñar las modificaciones que resuelvan los problemas de desperdicio y pérdida de jugo. Se utilizarán herramientas de diseño asistido por computadora para crear modelos detallados de las modificaciones. Este diseño incluirá especificaciones técnicas, materiales recomendados, y se asegurará de que sea compatible con la estructura y funcionamiento de la máquina fileteadora.
5. **Evaluar y autorizar diseño actual:** El diseño propuesto será sometido a una evaluación para asegurar su viabilidad. Esto incluirá una revisión técnica por parte de la supervisión. Una vez aprobado el diseño, se procederá a realizar el informe.
6. **Informe y recomendaciones:** Finalmente, se elaborará un informe detallado que resumirá todo el proceso, desde la identificación del problema hasta la evaluación final de las mejoras implementadas en el rediseño. Este informe incluirá una descripción de las soluciones adoptadas, los resultados de diseño. El informe será presentado al supervisor para validar los logros alcanzados.

3.3 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LAS ETAPAS DEL PROYECTO.

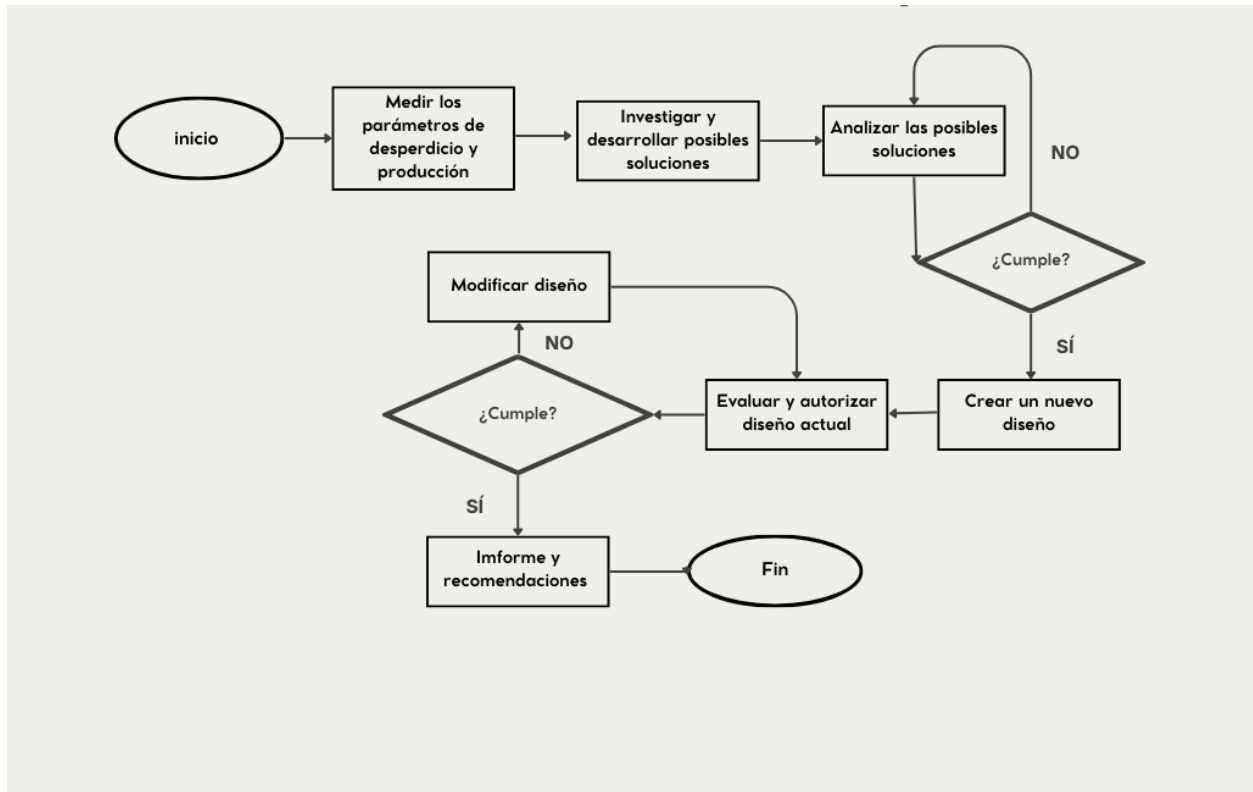


Ilustración 3.3.1 Diagrama de bloques (5)

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 RESULTADOS

Para la extracción de filete de sábila se obtiene por medio de una línea de fileteado manual donde los obreros por medio de cuchillos retiran el filete. Al igual ocupan una máquina fileteadora que consiste en retirarle las puntas y colas de las pencas para posteriormente el operario pueda insertarlo en la maquina y obtener un filete.



Ilustración 4.1.1 Maquina fileteadora (6)

Durante un período de cinco días, se recopilaron datos referentes al funcionamiento de la máquina fileteadora en jornadas laborales de 8 horas, comprendidas entre las 7:00 y las 15:00 horas. Antes de iniciar el proceso de fileteado, se dedica aproximadamente una hora al enjuague y saneado de la máquina, asegurando así que cumpla con los estándares de higiene necesarios. Una vez completada esta limpieza inicial, el equipo del departamento de calidad inspecciona y libera la máquina para iniciar el proceso productivo.

Del mismo modo, el fileteado finaliza una hora antes del término de la jornada laboral, alrededor de las 14:00 horas, para proceder con la limpieza y desinfección exhaustiva del equipo. Este procedimiento es fundamental para garantizar el cumplimiento de las normativas de seguridad alimentaria y mantener la calidad del producto procesado. Por

lo tanto, el tiempo efectivo de operación de la máquina durante cada jornada es de aproximadamente 6 horas.

Cajas por semana

Tabla 4.1.1

Cajas por semana (3)

Kg de cajas por día

<i>Día 1</i>	6384.55
<i>Día 2</i>	6523.83
<i>Día 3</i>	6806.91
<i>Día 4</i>	6659.02
<i>Día 5</i>	6824.77
Total	33199.08

Se procesan aproximadamente un total de 33 toneladas durante los 5 días de trabajo, con una entrada de 6 toneladas por día a la línea y máquina de fileteado.

Este es el desglose de las cajas que se hicieron por día a lo largo de la semana y la cantidad en kg que se obtuvo diario por el total de cajas procesadas, se observa que cada día de la semana la producción va aumentando significativamente.

Las cajas pueden variar en peso de acuerdo al proveedor del día ya que el peso de las pencas puede variar dependiendo su tamaño o sus propiedades.

Tabla 4.1.2

Total de cajas en la maquina (4)

	Cajas por día	Total (kg)
<i>Día 1</i>	85	3617.911667
<i>Día 2</i>	86	3740.3292
<i>Día 3</i>	89	4038.7666
<i>Día 4</i>	90	3995.412
<i>Día 5</i>	92	4185.858933
	Total	19578.2784

Los resultados de que se obtuvieron son un total de 750 cajas a granel de pencas que se procesaron durante una semana de producción, 442 cajas se procesaron en la maquina fileteadora y 308 cajas se realizaron por medio de la línea de fileteado manual.

Tabla 4.1.3

Total de cajas en la semana (5)

Total de cajas en la semana

Maquina	Obreros	Total
442	308	750

El porcentaje de cajas que se tiene en la semana es de 41 % por medio de los operarios en la línea manual y el 59% se produce en la maquina fileteadora, se puede observar que la maquina tiene mayor producción que los operarios.

Se obtuvo un promedio en el cual los operarios se tardaban aproximadamente 08:16.84 min para filetear una caja mientras que la maquina procesaba una caja en 03:23.93 min.



Gráfico 4.1.1 Total de cajas en semana (1)

Desperdicio de jugo

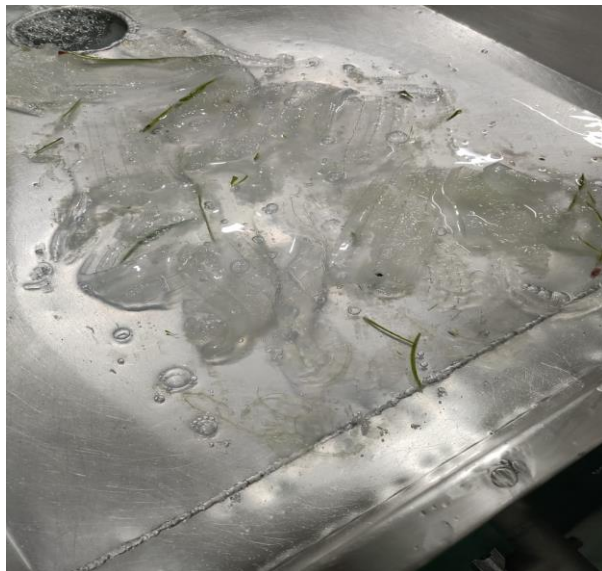


Ilustración 4.1.2 Jugo procesado en la maquina (7)



Ilustración 4.1.3 Jugo recolectado (8)



Ilustración 4.1.4 Jugo desperdiciado (9)

Los datos que se recabaron muestran el resultado de jugo que se desperdicia al momento de ingresar la penca a la máquina, ya que la maquina tiene rodillos que aplastan el filete y hace que un chorro de jugo se desperdicie por la parte de debajo de

la máquina donde caen el fondo y las espinas de la penca, estas se recolectan en una caja de plástico que tiene orificios la cual termina cayendo al suelo todo el producto.

Se tiene el resultado de 5 días con un total de 1476.896667 kg de jugo desperdiciado por la máquina.

Tabla 4.1.4

Desperdicio en jugo (6)

Total de desperdicio en jugo (Kg)

<i>Día 1</i>	273.7166667
<i>Día 2</i>	278.47
<i>Día 3</i>	295.85
<i>Día 4</i>	305.43
<i>Día 5</i>	323.43
Total	1476.896667

La grafica muestra el desperdicio significativo que se tiene durante la semana, se observa que mientras más producción tenga la maquina el jugo desperdiciado aumenta en gran cantidad, ya que el día 1 se procesaron 85 cajas, el día 2 un total de 86 cajas, día 3 un total de 89 cajas, día 4 un total de 90 cajas y el día 4 un total de 92 cajas.

Este desperdicio es jugo y trozos de filete limpios, sin residuos de fondo y espinas.



Gráfico 4.1.2 Desperdicio de jugo (2)

Desperdicio de espinas



Ilustración 4.1.5 Desperdicio espinas (10)



Ilustración 4.1.6 Desperdicio espinas 2 (11)

Las espinas tienen un desperdicio alto para la producción, se considera que tiene un porcentaje de 26.71 % de la cantidad total que se produce la maquina a la semana con un total de 5229.81 kg.

Tabla 4.1.5

Desperdicio espinas (7)

Total de desperdicio en espinas

<i>Día 1</i>	1028.72
<i>Día 2</i>	1013.21
<i>Día 3</i>	1072.62
<i>Día 4</i>	1042.09
<i>Día 5</i>	1073.17
Total	5229.81

El desperdicio en espinas varía de acuerdo la penca como se había mencionado anteriormente, las pencas grandes tienen un menor desperdicio y se observa en la gráfica que mayormente las pencas son pequeñas y el desperdicio aumenta.



Ilustración 4.1.7 Comparación de espinas (12)

En comparación de las espinas retiradas manualmente pesan aproximadamente 7.78 kg mientras que las de la maquina fileteadora tiene un peso de 13.35.

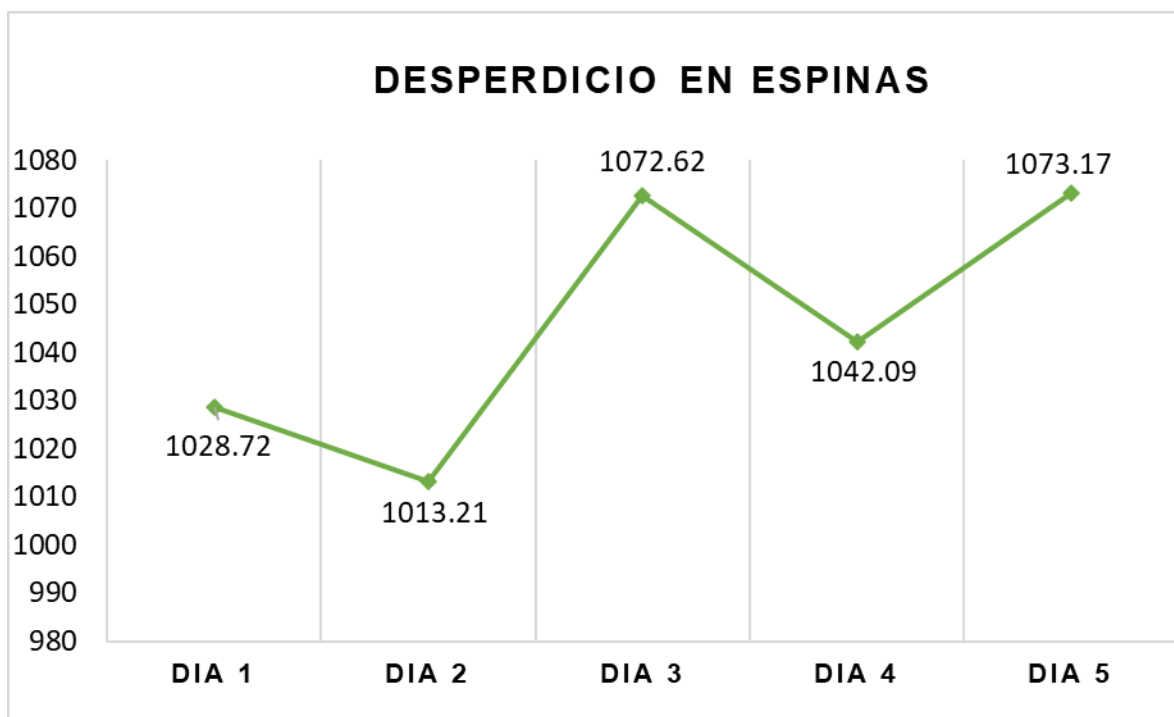


Gráfico 4.1.3 Desperdicio de espinas (3)

Desperdicio en fondo



Ilustración 4.1.8 Desperdicio de fondo (13)

El fondo que se retira de la penca es un número considerable en este proceso en desperdicio es menor y comparado con el fondo retirado manualmente es similar al resultado que se muestra.

Tabla 4.1.6

Desperdicio en fondo (8)

Total de desperdicio en fondo

<i>Día 1</i>	810.37
<i>Día 2</i>	832.69
<i>Día 3</i>	880.04
<i>Día 4</i>	884.87
<i>Día 5</i>	912.41
Total	4320.38

Tiene un total de 4320.38 en desperdicio de fondo con un rango de 810 a 912 kilogramos por día .

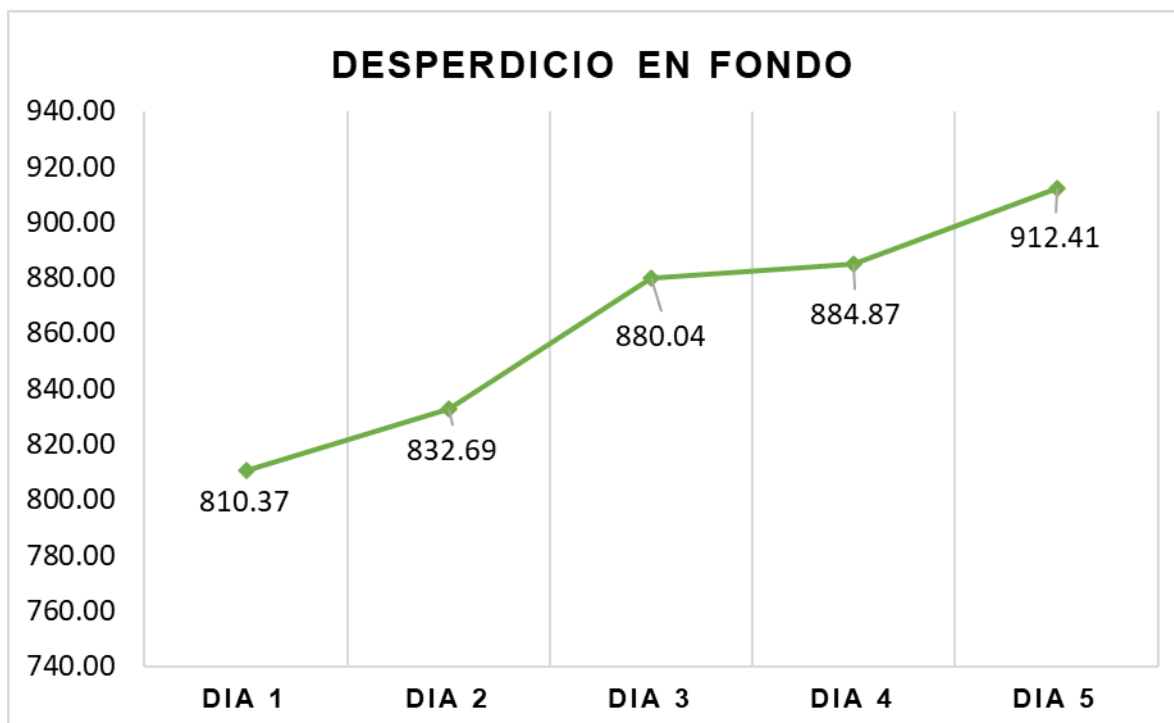


Gráfico 4.1.3 Desperdicio en fondo (4)

Desperdicio de punta y cola



Ilustración 4.1.9 Desperdicio puntas y colas (14)

Este proceso es de manera manual y los operarios trozan la punta y cola lo menor posible con cuchillos, la cantidad que se retira es mínima en comparación de los otros desperdicios de igual esta aumenta moderadamente conforme a las cajas procesadas por día.

Tabla 4.1.7

Desperdicio punta y cola (9)

Total de desperdicio en punta y cola

<i>Día 1</i>	259.18
<i>Día 2</i>	265.31
<i>Día 3</i>	275.14
<i>Día 4</i>	279.86
<i>Día 5</i>	292.66
Total	1372.15



Gráfico 4.1.5 Desperdicio punta y cola (5)

Comparación de los resultados

Tabla 4.1.8

Comparación de desperdicios (10)

Desperdicio	Total (kg)
<i>Jugo</i>	1476.896667
<i>Espinas</i>	5229.81

<i>Fondo</i>	4320.38
<i>Punta y cola</i>	1372.15
<i>Total</i>	12399.23667

Desperdicios durante el proceso de fileteado

En el proceso de fileteado de sábila, se generan varios tipos de desperdicios: jugo, espinas, fondo, puntas y colas. Según los datos obtenidos, los desperdicios se distribuyen de la siguiente manera:

- **Espinas:** Representan el mayor porcentaje de desperdicio, con un 42% del total, equivalente a **5229.81 kg**.
- **Fondo:** Constituye el 35% del desperdicio, lo que equivale a **4320.38 kg**.
- **Jugo:** Se desperdician **1476.90 kg**, lo que representa un 12%.
- **Puntas y colas:** Generan el menor desperdicio, con un 11%, equivalente a **1372.15 kg**.

En total, los desperdicios suman **12399.24 kg**. Es importante destacar que los desperdicios relacionados con el fondo, puntas y colas se encuentran dentro de los parámetros establecidos para la producción. Sin embargo, la pérdida de jugo resulta significativa, ya que representa una cantidad considerable de producto puro y limpio, lo cual afecta negativamente la eficiencia de la máquina y reduce la producción total.



Gráfico 4.1.6 Porcentajes de desperdicio (6)

Relación entre desperdicio y jugo obtenido

Tabla 4.1.9

Resultados de jugo obtenido (11)

	Total	%
<i>Kg de penca a granel</i>	19578.28	100%
<i>Kg de desperdicio</i>	12399.24	63.33
<i>Kg de jugo obtenido</i>	7179.042	36.67

El análisis total del proceso de fileteado en los cinco días de trabajo revela que se procesaron **750 cajas**, equivalentes a **19578.28 kg** de penca de sábila a granel. De esta cantidad:

- **Jugo obtenido:** Se produjeron **7179.04 kg**, lo que representa el **36.67%** del total procesado.
- **Desperdicio total:** Se generaron **12399.24 kg**, lo que equivale al **63.33%** del total procesado.



Gráfico 4.1.7 Comparación desperdicio y jugo (7)

Eficiencia de la máquina fileteadora

La máquina fileteadora está diseñada para rendir entre un **46% y 50%** en términos de aprovechamiento del producto procesado. Sin embargo, los datos obtenidos revelan un **10%** adicional en los desperdicios, lo que reduce significativamente los resultados esperados en términos de producción.

Durante la semana de análisis, el rendimiento se dividió en:

- **Jugo obtenido:** 37% del total procesado, evidenciando un rendimiento cercano al mínimo establecido.
- **Desperdicio total:** 63%, superando los parámetros esperados y afectando la productividad global.



Gráfico 4.1.8 Porcentaje de rendimiento (8)

DISEÑO DE LA MAQUINA FILETEADORA.

El rediseño de la máquina fileteadora se centró en abordar las áreas que generan un alto volumen de desperdicio, las cuales impactan negativamente la eficiencia y el aprovechamiento del subproducto de la sábila. A través de un análisis, se identificaron las principales fuentes de pérdida y se desarrollaron soluciones técnicas específicas para mejorar el rendimiento de la máquina.

Sistema de recolección de jugo

Uno de los principales problemas en el proceso de fileteado es la considerable pérdida de jugo, un subproducto de gran valor comercial. Para reducir este desperdicio, se diseñó una rampa equipada con una placa cribada que permite recolectar el jugo eficientemente. Este sistema fue diseñado específicamente para adaptarse a las cajas empleadas en la planta.

Mecanismo de recolección: Bajo la rampa se propone colocar una caja cerrada que capture el jugo que fluye a través de la placa cribada, permitiendo una recuperación significativa de este recurso valioso.

Gestión de otros residuos: La rampa también está diseñada para separar los desperdicios sólidos, como fondos y espinas, los cuales serán canalizados hacia otra caja ubicada en el extremo más bajo de la rampa, optimizando así el manejo de los residuos.

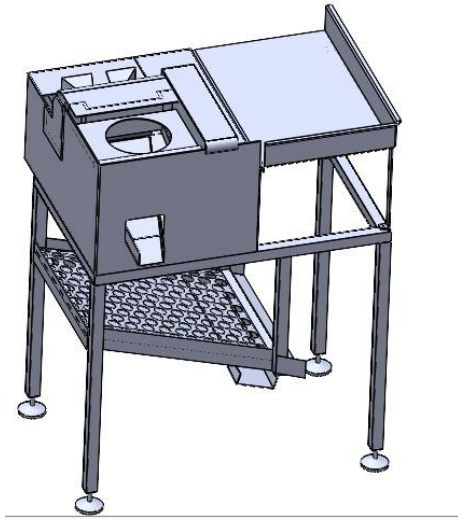


Ilustración 4.1.10 Máquina con criba 1 (15)

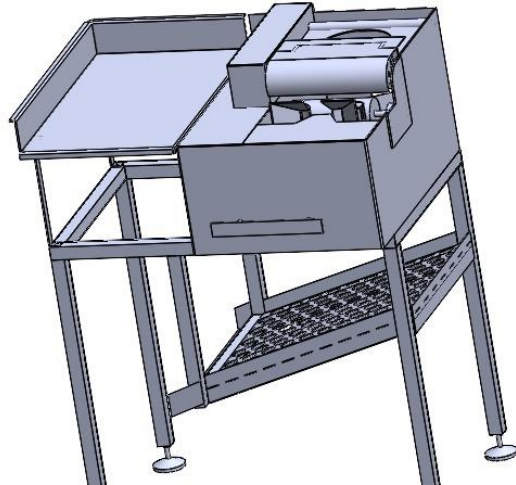


Ilustración 4.1.11 Máquina con criba 2 (16)

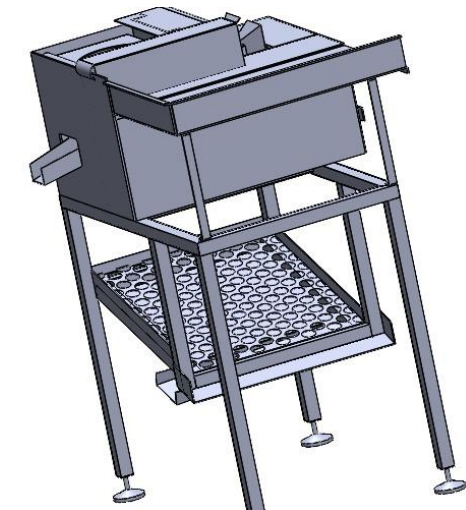


Ilustración 4.1.12 Máquina con criba 3 (17)

Diseño enfocado en minimizar el desperdicio de espinas

Durante el análisis y supervisión de la máquina fileteadora, se observó que ciertos trozos de sábila se acumulaban en áreas específicas, como los laterales de la máquina,

debajo de las cuchillas y en los rodillos. Esta acumulación no solo aumenta el desperdicio de materia prima, sino que también dificulta el flujo eficiente del proceso.

Implementación de canales de recolección: Para solucionar este problema, se incorporaron canales en puntos estratégicos del diseño. Estos canales están diseñados para conducir los trozos acumulados hacia el mismo conducto que expulsa los filetes procesados, garantizando que los trozos aprovechables sean reincorporados al flujo productivo en lugar de ser descartados. Es por eso que se implementó unos canales que al caer los trozos lo conduzcan al mismo canal que expulsa los filetes que procesa la máquina.

Beneficios del rediseño: Esta mejora no solo incrementa el aprovechamiento de la materia prima procesada, sino que también facilita la limpieza y el mantenimiento de la máquina, contribuyendo a una operación más eficiente y con menor impacto ambiental.

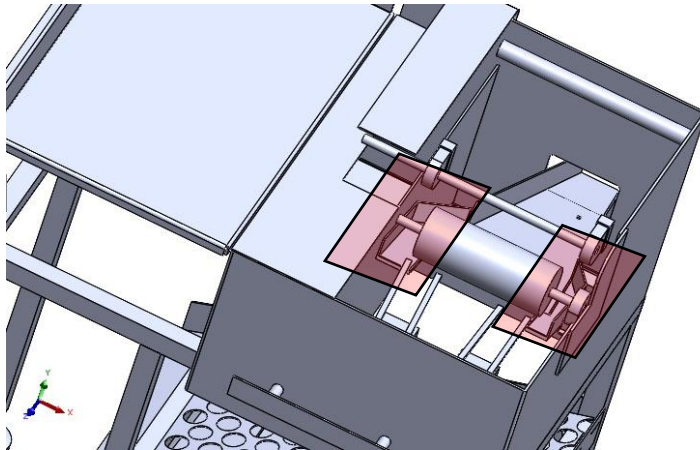


Ilustración 4.1.13 Canales de recolección (18)

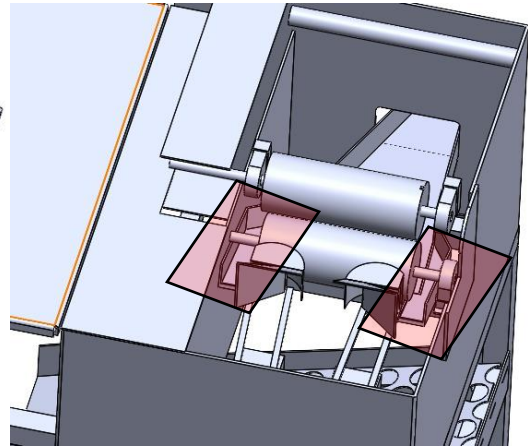


Ilustración 4.1.14 Canales de recolección 2 (18)

Las modificaciones introducidas en el diseño de la máquina fileteadora están orientadas a reducir significativamente el desperdicio, mejorar la recolección del jugo y maximizar el aprovechamiento de la sábila procesada. Estas innovaciones no solo aumentan la productividad y rentabilidad del proceso, sino que también promueven un modelo más eficiente, sostenible y alineado con las necesidades de la industria.

4.2 DISCUSIÓN.

La máquina fileteadora está diseñada para operar con un rendimiento esperado entre el 46% y el 50% del producto procesado, lo que en teoría debería garantizar un aprovechamiento óptimo de la materia prima. Sin embargo, los datos obtenidos durante el periodo de análisis reflejan un panorama distinto. El porcentaje de desperdicio supera en un 10% los valores esperados, lo que no solo compromete la eficacia del equipo, sino que también genera una pérdida considerable de materia prima que afecta directamente la productividad total del proceso. Este nivel de desperdicio se traduce en una menor rentabilidad, haciendo evidente la necesidad de una intervención técnica y operativa para optimizar el desempeño de la máquina.

En el balance semanal, se registró que el jugo obtenido representó el 37% del total procesado, situándose en el límite inferior del rendimiento previsto. Por otro lado, el desperdicio total alcanzó un 63%, lo que indica un aprovechamiento insuficiente de los recursos. Estos resultados evidencian que la máquina no está cumpliendo con los estándares de eficiencia establecidos, lo que representa un desafío significativo para la industria. El desequilibrio entre el volumen de jugo extraído y el nivel de desperdicio pone de manifiesto problemas estructurales en el diseño y funcionamiento de la máquina fileteadora.

Si bien la máquina fileteadora supera en velocidad al trabajo manual, su eficiencia se ve comprometida por el elevado volumen de desperdicios generados. Aunque los métodos manuales son más lentos, estos suelen permitir un mayor control sobre el proceso y, por ende, una reducción en el desperdicio de jugo y material. Esta disparidad entre velocidad y aprovechamiento disminuye la competitividad de la máquina frente a las alternativas manuales. Para lograr un equilibrio entre velocidad y eficiencia, resulta imperativo realizar ajustes técnicos en los componentes del equipo.

Uno de los principales problemas identificados es la pérdida significativa de jugo durante el proceso. Este subproducto valioso, se desperdicia debido a deficiencias en el diseño de las cuchillas y de la falta del sistema de recolección de la máquina. En lugar de capturarlo de manera eficiente, el jugo se pierde por las rendijas inferiores, lo que

representa una oportunidad desaprovechada para maximizar la rentabilidad. Además, el desperdicio asociado al fondo, puntas y colas contribuye a disminuir las pérdidas totales, aunque en comparación del jugo y espinas que tienden a aumentar el desperdicio y las pérdidas.

Para abordar estos desafíos, es fundamental implementar una serie de soluciones técnicas y operativas. Mejorar el diseño de los componentes de la máquina, particularmente el sistema de recolección, es una prioridad. Esto podría incluir la incorporación de bandejas o conductos adicionales que permitan capturar el jugo de manera más eficiente. Asimismo, ajustar las cuchillas para reducir la cantidad de material eliminado innecesariamente podría contribuir a disminuir el volumen de desperdicio en general.

Además de las mejoras técnicas, es crucial reforzar las prácticas de mantenimiento preventivo. Un equipo en óptimas condiciones no solo opera con mayor eficiencia, sino que también contribuye a reducir el riesgo de errores que puedan generar pérdidas adicionales.

Aunque la máquina fileteadora representa una solución moderna y rápida para el proceso de fileteado, sus limitaciones actuales en términos de desperdicio la colocan en una posición desventajosa. Sin embargo, estas deficiencias también ofrecen una oportunidad para rediseñar y optimizar el equipo, asegurando un equilibrio entre velocidad, eficiencia y rentabilidad. Con los ajustes adecuados, tanto en el diseño técnico como en las prácticas operativas, es posible transformar este equipo en una herramienta más competitiva y sostenible para la industria del fileteado de sábila.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El análisis del proceso de fileteado de sábila permitió identificar fortalezas y áreas de oportunidad en el uso de la máquina fileteadora. Aunque esta presenta ventajas significativas en términos de rapidez frente al trabajo manual, su rendimiento no cumple con las expectativas teóricas, generando un alto volumen de desperdicio.

Durante el análisis, se registraron diferentes tipos de desperdicios, los cuales fueron clasificados en jugo, espinas, fondo, y puntas y colas. La cantidad total de desperdicio durante la semana fue de **12,399.24 kg**, de los cuales el **42%** corresponde a las espinas (**5,229.81 kg**), el **35%** a fondo (**4,320.38 kg**), el **12%** a jugo (**1,476.90 kg**) y el **11%** a puntas y colas (**1,372.15 kg**). Estos porcentajes reflejan que, si bien el fondo, puntas y colas son descartes dentro de los parámetros esperados para la producción, el jugo desperdiciado representa una pérdida considerable, lo que afecta de manera significativa la rentabilidad del proceso al igual que la espinas que se retiran de las pencas .

El jugo desperdiciado, que representa el **12%** del total procesado, es especialmente problemático porque es un subproducto valioso. El proceso de fileteado genera una gran cantidad de jugo que, debido a la presión ejercida por los rodillos de la máquina, se pierde en la parte inferior del equipo. Este desperdicio es notablemente alto, lo que sugiere que el sistema de recolección del jugo no es lo suficientemente eficiente y que este subproducto podría aprovecharse mejor si se implementan mejoras tecnológicas o de diseño en la máquina.

Por otro lado, las espinas, que constituyen el mayor porcentaje de desperdicio, representan un problema menor en comparación con el jugo, pero siguen siendo un aspecto importante en términos de aprovechamiento.

En cuanto a las puntas y colas, aunque el desperdicio generado por este componente es el menor, sigue siendo relevante en términos de optimización del proceso. Este tipo de desperdicio es generalmente el resultado de un corte manual, por lo que la intervención de los operarios sigue siendo crucial para minimizar la cantidad eliminada.

Por último, el rendimiento de la máquina fileteadora, que en teoría debería estar en un rango de 46% a 50% en términos de aprovechamiento del producto procesado, se vio afectado negativamente por el alto volumen de desperdicios, particularmente el jugo. El análisis muestra que solo el 37% del producto procesado se convierte en jugo, mientras que el 63% se desperdicia en diversas formas. Este desequilibrio en los resultados pone en evidencia una clara oportunidad de mejora en el proceso.

5.2 RECOMENDACIONES.

La máquina fileteadora presenta ciertos problemas que se podrían dar solución en el diseño de la máquina para que la producción sea eficiente y pueda obtener el rendimiento asignado y en este caso disminuir el desperdicio que se genera en la producción.

Mejorar el sistema de recolección de jugo: Se recomienda rediseñar el sistema de recolección de jugo para maximizar su captura durante el proceso de fileteado. Una posible solución podría ser la instalación de bandejas o canales adicionales debajo de la máquina que aseguren que el jugo no se pierda al caer por debajo de los rodillos.

A fin de reducir el desperdicio, especialmente el de jugo y espinas, se pueden implementar ajustes en las cuchillas de corte para asegurar una mayor precisión y menos pérdida de material. Además, la incorporación de una tecnología más avanzada que minimice la presión ejercida sobre la penca podría ser una opción viable para disminuir el desperdicio de jugo.

Capacitación adicional a los operarios: Aunque la máquina fileteadora muestra una mayor eficiencia en términos de tiempo, los operarios manuales siguen desempeñando un papel clave en el proceso. Es fundamental proporcionar capacitación continua a los operarios en técnicas de fileteado más eficientes, lo que podría reducir los tiempos de operación y aumentar la calidad del filete obtenido, con el objetivo de disminuir el desperdicio de puntas y colas hasta llegar al porcentaje establecido para estas.

Se recomienda implementar un sistema de monitoreo en tiempo real que permita realizar un análisis continuo de los desperdicios generados durante el proceso. Esto permitiría detectar irregularidades o fallas en el proceso de manera temprana y hacer ajustes rápidos para mejorar la eficiencia.

Evaluar la posibilidad de integrar tecnologías más avanzadas, como sensores automatizados y sistemas de inteligencia artificial, para mejorar la precisión y eficiencia

del proceso. Estas tecnologías podrían ayudar a minimizar errores humanos y optimizar el aprovechamiento del producto.

Finalmente, sería beneficioso realizar investigaciones adicionales para estudiar otros factores que podrían afectar la eficiencia de la máquina, como el tipo de penca, las condiciones de operación y el mantenimiento preventivo. Estos estudios permitirán desarrollar estrategias específicas para mejorar el rendimiento de la máquina y minimizar el desperdicio en futuras producciones.

Estas recomendaciones buscan abordar las principales deficiencias identificadas en el proceso de fileteado de sábila, fomentando un uso más eficiente de los recursos y aumentando la rentabilidad del sistema. Implementarlas no solo permitirá reducir el desperdicio, sino también establecer un modelo de producción más sostenible y competitivo

Referencias Bibliográficas.

- Aguirre, D. B. (12 de 2016). *bibliotecadigita*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16935/1/CD-7517.pdf>
- Alvarez, D. M. (06 de 06 de 2013). *Dialet*. Obtenido de <https://bibliotecadigital.fia.cl/server/api/core/bitstreams/703b97a2-d221-458a-967e-41ae7911dbe8/content>
- B., C. S. (09 de 06 de 17). *Biblioteca digita*. Obtenido de <https://bibliotecadigital.fia.cl/server/api/core/bitstreams/703b97a2-d221-458a-967e-41ae7911dbe8/content>
- Becerril, J. (10 de 02 de 2021). *GENERAC*. Obtenido de <https://blog.generaclatam.com/optimizacion-de-procesos-industriales>
- C., A. (2020). *FasterCapital*. Obtenido de <https://fastercapital.com/es/tema/la-importancia-de-reducir-el-desperdicio-en-las-empresas.html>
- Cisneros, L. R. (22 de 02 de 2024). *Consultores* . Obtenido de <https://cr-consultores.com/entrada/58>
- Cruz, C. (2021). *Redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.com/document/416405155/Proyecto-de-Sabila-1>
- Díaz, W. V. (2019). *Dialnet*. Obtenido de Dialnet-
[DisenoDeUnSistemaSemiautomaticoParaLaExtraccionDeG-4868995%20\(5\).pdf](https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4868995&formato=pdf)
- EAE. (18 de 09 de 2023). *Bussines School*. Obtenido de <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/la-responsabilidad-ambiental-empresarial-un-aspecto-clave-de-la-rse/>

Ecoembes. (2023). *Ecoembes Reduce Reutiliza y Recicla*. Obtenido de <https://reducereutilizarecicla.org/produccion-sostenible/>

Flores, M. V. (29 de 03 de 2020). *Escuela de Organizacion industrial* . Obtenido de <https://www.eoi.es/blogs/mariavictoriaflores/>

G., A. V. (2019). *Scielo*. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182005000300005

Genemco. (2023). Obtenido de <https://genemco.com/es/pages/aloe-vera-whole-leaf-gel-processing>

Giovanni, T. C. (2022). *Redalyc* . Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84922622006.pdf>

González, J. S. (2012). *SCielo*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382012000100003

Gutierrez, O. S. (2012). *SCielo* . Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03192006000300004

Heflo. (2024). *HEFLO*. Obtenido de <https://www.heflo.com/es/definiciones/mejora-continua/>

María José Bonilla Bonilla, L. G. (2016). *Revista cubana de farmacia*. Obtenido de <https://revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/view/13/14>

Martínez, F. F. (2020). *Delkadistribuciones*. Obtenido de <https://delkadistribuciones.es/innovacion-tecnologica-en-la-optimizacion-de-procesos-industriales/>

Mordor. (2024). *mordorintelligence*. Obtenido de <https://www.mordorintelligence.ar/industry-reports/global-aloe-vera-market>

Naranjo, P. B. (08 de 06 de 2023). *OBS Business School*. Obtenido de <https://www.obsbusiness.school/blog/que-es-la-eficiencia-operativa>

Osorio, L. A. (2021). *Dialnet*. Obtenido de Dialnet-
[DisenoDeUnSistemaSemiautomaticoParaLaExtraccionDeG-4868995%20\(5\).pdf](https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4868995)

OZAETA, A. (2019). *REDALYC*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84922622006.pdf>

Pickler, N. (19 de 09 de 2022). *AMBFlex*. Obtenido de <https://ambflex.com.br/es/blog/conoce-las-ventajas-de-reducir-la-generacion-de-residuos-en-tu-empresa/#:~:text=Reducir%20los%20residuos%20tiene%20algunas,costos%20de%20tratamiento%20y%20disposici%C3%B3n>

R. (16 de 10 de 2020). Obtenido de Exact: <https://www.exact.com/es/blog/fabricacion/5-formas-de-reducir-el-desperdicio-en-procesos-de-produccion-exact>

R. (2024). *Runa*. Obtenido de <https://runahr.com/mx/recursos/hr-management/rendimiento/#:~:text=rendimiento%3A%20La%20productividad%20mide%20la,relaci%C3%B3n%20con%20los%20objetivos%20establecidos>

Raisin. (2024). *Raisin*. Obtenido de <https://www.exact.com/es/blog/fabricacion/5-formas-de-reducir-el-desperdicio-en-procesos-de-produccion-exact>

Rausch, T. (2024). *Boc-group*. Obtenido de <https://www.boc-group.com/es/blog/bpm/el-papel-del-analisis-y-la-optimizacion-de-procesos-en-el-exito-empresarial>

Rosero, L. A. (2017). *Academia* . Obtenido de https://www.academia.edu/39319308/ALOE_VERA

Sarahí Rubio Tinajero, C. A. (20 de 01 de 2020). *cienciauanl*. Obtenido de <https://cienciauanl.uanl.mx/?p=9681>

TORRES CHARRY, G., & OZAETA, A. (2015). *Redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84922622006.pdf>

Treviño, J. A. (2012). *Agro 2.0*. Obtenido de <http://www.agro20.com/profiles/blogs/extracci-n-de-gel-de-aleo-vera-s-bila>

Turovski, M. (08 de 04 de 2023). *MRP*. Obtenido de <https://www.mrpeasy.com/blog/es/optimizacion-de-la-produccion/>

UNAM. (2024). *Alianza B@UNAM, CCH & ENP*. Obtenido de <https://alianza.bunam.unam.mx/cch/definicion-y-distribucion-de-recursos-naturales/>

Urqueta, R. (2017). *Biblioteca Digital* . Obtenido de <https://bibliotecadigital.fia.cl/server/api/core/bitstreams/703b97a2-d221-458a-967e-41ae7911dbe8/content>

Anexos.



Ilustración Anexo 1 Recolectión de desperdicios (19) *Ilustración Anexo 2 Medición de desperdicios (20)*



Ilustración Anexo 3 Medición de punta y cola (21)

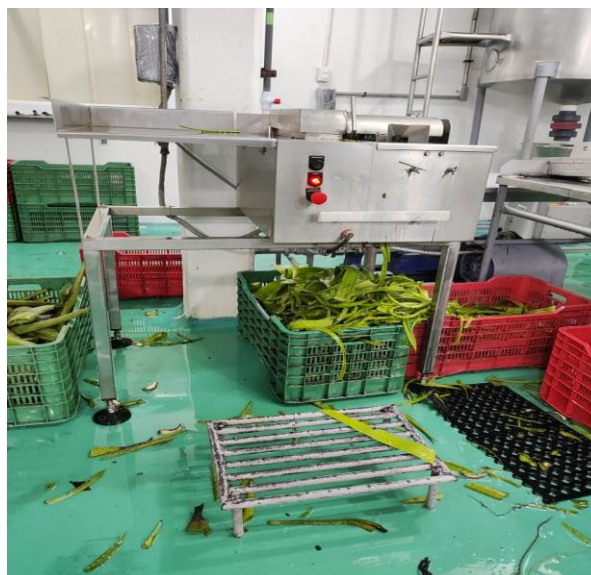


Ilustración Anexo 4 Maquina fileteadora (22)



Ilustración Anexo 5 Trozos de sábila (23)



Ilustración Anexo 6 Desperdicio de maquina (24)



Ilustración Anexo 7 Medición de cajas (25)



Ilustración Anexo 8 Línea de fileteado (26)

Contenido de 150 cajas de sábila a granel antes de ingresar a la línea de producción
(Kg)

Tabla Anexo 1

Peso de cajas (12)

					Total (Kg)	Promedio caja
43.75	41.40	35.60	45.60	41.05	207.4	41.48
40.15	41.20	41.45	41.25	42.4	206.45	41.29
42.53	45.15	48.24	42.56	45.39	223.87	44.774
43.00	41.76	41.83	45.07	40.22	211.88	42.376
41.50	45.53	43.15	41.73	41.52	213.43	42.686
45.64	43.73	44.64	43.72	43.01	220.74	44.148
41.37	41.84	42.00	41.62	41.48	208.31	41.662
38.92	40.72	39.21	39.95	43.71	202.51	40.502
45.31	45.67	45.00	44.83	45.12	225.93	45.186
45.81	43.92	45.04	45.51	46.03	226.31	45.262
41.62	44.41	41.29	42.30	42.93	212.55	42.51
40.74	40.98	41.31	40.15	42.12	205.3	41.06
45.34	44.39	41.10	44.92	44.00	219.75	43.95
41.94	47.8	40.89	42.69	45.88	219.2	43.84
35.91	43.12	35.11	38.37	41.25	193.76	38.752
42.88	38.44	39.33	44.05	46.62	211.32	42.264
39.85	40.76	43.55	37.73	41.99	203.88	40.776
36.82	45.08	41.77	41.41	43.36	208.44	41.688
45.00	43.82	45.81	44.14	41.71	220.48	44.096
44.02	42.63	42.17	43.81	41.81	214.44	42.888
41.53	41.91	41.36	42.53	44.68	212.01	42.402
42.53	42.64	41.74	44.88	42.16	213.95	42.79
41.08	44.18	45.02	41.36	41.28	212.92	42.584
44.59	42.91	41.23	41.81	41.94	212.48	42.496
41.32	44.81	43.91	42.82	44.93	217.79	43.558
42.98	43.13	43.62	43.71	43.17	216.61	43.322
43.82	45.22	40.12	45.19	44.03	218.38	43.676
38.23	49.65	40.28	45.13	44.17	217.46	43.492
45.23	40.87	39.99	41.09	41.30	208.48	41.696
43.64	36.66	38.21	40.77	39.24	198.52	39.704
	T (Kg)				6384.55	42.56366667

Día 1 Tiempos y total de cajas

Tabla Anexo 2

Tiempos día 1 (13)

Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total	Total de cajas
07:00:00 a. m.	En esta hora se hace el proceso de limpieza y saneado, posteriormente se libera																	
08:00:00 a. m.	03:20 .87	03:19 .88	03:56 .51	03:18 .70	03:49 .86	03:31 .02	04:16 .48	03:23 .06	04:40 .48	03:31 .12	03:49 .21	04:02 .63	04:16. 05				49:15. 87	13
09:00:00 a. m.	03:58 .99	05:37 .29	04:32 .67	03:56 .53	03:36 .77	03:39 .78	04:28 .38	03:39 .78	03:56 .53	03:49 .25	04:12 .02	04:28 .38					49:56. 37	12
10:00:00 a. m.	02:53 .75	03:39 .77	04:53 .32	04:16 .61	03:42 .54	03:08 .47											22:34. 46	6
11:00:00 a. m.	03:04 .24	03:07 .59	02:51 .96	03:07 .16	03:24 .65	03:02 .28	04:21 .11	03:06 .95	03:21 .01	02:52 .43	03:12 .79	03:01 .98	02:55. 28	02:44 .84	05:17 .25		46:36. 24	15
12:00:00 p. m.	02:00 .01	02:42 .55	02:55 .22	04:07 .53	03:04 .21	03:11 .28	03:04 .83	02:36 .92	03:15 .25	03:08 .91	02:49 .05	02:55 .18	03:21. 01	02:53 .26	03:11 .30		45:16. 51	15
01:00:00 p. m.	02:37 .81	03:00 .29	03:18 .11	02:49 .82	03:12 .74	03:00 .91	03:27 .16	02:51 .32	02:44 .93	03:04 .27	03:12 .74	02:27 .58	02:54. 01	02:58 .59	03:20 .08	02:48 .39	47:48. 75	16
02:00:00 p. m.	03:24 .93	03:12 .89	03:41 .29	04:28 .32	03:49 .02	02:48 .48	03:47 .91	04:36 .15									29:48. 99	8
03:00:00 p. m.	Se hace el proceso de limpieza y desinfección de la maquina																	
																	04:51 :17	85

Día 2 Tiempos y total de cajas

Tabla Anexo 3

Tiempos día 2 (14)

Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total	Total de cajas
07:00:00 a. m.	En esta hora se hace el proceso de limpieza y saneado, posteriormente se libera																	
08:00:00 a. m.	03:12 .84	03:48 .04	03:56 .51	03:19 .29	04:03 .09	03:16 .97	03:58 .28	04:35 .26	03:27 .74	03:15 .95	03:57 .02	03:26 .84	04:11 .27	03:20 .83			51:49 .93	14
09:00:00 a. m.	03:30 .94	04:27 .83	03:53 .16	03:37 .82	04:29 .02	03:26 .27	04:04 .84	03:49 .63	03:45 .81	04:48 .93	03:58 .07	04:30 .57	03:00 .18				51:23 .07	13
10:00:00 a. m.	03:21 .94	03:18 .94	03:38 .04	03:45 .73	04:18 .42	03:26 .08	02:56 .92	04:20 .83									25:44 .96	8
11:00:00 a. m.	04:11 .30	03:46 .35	03:54 .01	03:45 .60	03:51 .11	03:36 .82	03:25 .83	04:26 .60	03:21 .01	03:40 .93	03:26 .81	04:17 .99	03:45 .73	03:20 .82			52:50 .91	14
12:00:00 p. m.	03:29 .03	03:22 .21	03:56 .12	03:48 .94	04:48 .04	03:29 .48	03:44 .93	04:03 .74	03:27 .00	03:11 .09	03:00 .29	03:13 .10	03:21 .01	03:47 .16			50:42 .14	14
01:00:00 p. m.	04:00 .47	03:20 .93	03:53 .17	03:22 .27	04:30 .63	03:07 .47	03:41 .84	03:10 .63	03:14 .03	04:36 .08	03:30 .03	03:02 .71	03:56 .99	02:40 .21	03:00 .38		53:07 .84	15
02:00:00 p. m.	03:01 .56	03:13 .37	03:10 .92	03:29 .42	04:38 .24	03:21 .82	03:28 .07	02:28 .99									26:52 .39	8
03:00:00 p. m.	Se hace el proceso de limpieza y desinfección de la maquina																	
																	05:12 :31	86

Día 3 Tiempos y total de cajas

Tabla Anexo 4

Tiempos día 3 (15)

Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total	Total de cajas
07:00:00 a. m.	En esta hora se hace el proceso de limpieza y saneado, posteriormente se libera																	
08:00:00 a. m.	02:5 5.62	03:4 8.62	04:0 0.12	03:4 1.67	02:5 5.92	03:2 0.38	03:2 9.62	03:2 1.03	03:4 4.11	02:4 9.89	02:5 5.92	03:0 3.71	03:0 7.91	04:3 3.21	03:1 1.20		50:5 8.93	15
09:00:00 a. m.	03:2 1.38	04:1 4.81	04:1 1.74	04:5 9.68	02:3 0.72	03:0 4.28	03:4 8.17	03:1 0.39	03:3 4.18	03:4 5.71	04:1 2.02	03:4 9.09	04:5 1.60				49:3 3.77	13
10:00:00 a. m.	03:3 3.07	03:2 6.22	03:4 5.83	03:5 5.01	04:2 2.92	02:5 6.11	03:4 1.83	05:0 2.86									30:4 3.85	8
11:00:00 a. m.	03:2 1.95	03:1 1.83	04:5 5.29	03:4 5.08	03:5 9.18	03:2 7.30	03:1 0.42	03:4 4.19	03:3 8.05	03:1 8.47	04:1 8.21	03:5 3.26	04:3 2.59	02:3 3.02			51:4 8.84	14
12:00:00 p. m.	03:3 9.22	03:1 1.83	03:2 1.94	03:1 5.93	04:0 3.72	04:3 3.40	03:3 9.71	03:1 8.06	04:0 4.82	03:5 3.95	04:1 9.75	03:5 1.82	03:4 4.19	02:5 3.26	02:1 1.03		54:0 2.63	15
01:00:00 p. m.	03:0 2.10	03:5 3.99	03:2 7.82	03:4 9.22	03:4 1.47	03:0 0.39	03:3 9.51	03:0 5.17	03:2 2.01	02:2 0.49	02:5 5.91	02:3 0.61	03:0 0.23	02:1 2.52	02:3 8.92	02:4 1.89	49:2 2.25	16
02:00:00 p. m.	02:5 1.39	03:3 4.92	03:5 6.50	03:4 9.16	03:2 8.94	03:2 1.73	03:3 9.61	03:4 4.81									28:2 7.06	8
03:00:00 p. m.	Se hace el proceso de limpieza y desinfección de la maquina																	
																	05:1 4:57	89

Tabla Anexo 4 Tiempos día 4 16

Día 4 Tiempos y total de cajas

Tabla Anexo 5

Tiempos día 4 (17)

Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total	Total de cajas	
07:00:00 a. m.	En esta hora se hace el proceso de limpieza y saneado, posteriormente se libera																		
08:00:00 a. m.	03:2 1.37	02:5 4.02	03:4 5.88	03:1 8.93	03:2 9.08	03:2 1.84	03:5 9.19	03:4 2.11	04:3 1.10	04:0 0.73	03:5 5.14	04:5 8.38	03:4 4.28				49:0 2.05	13	
09:00:00 a. m.	04:0 0.48	03:3 8.12	03:1 1.93	03:5 6.53	03:2 9.06	03:2 7.81	03:3 8.37	03:4 8.84	03:2 8.47	03:1 9.08	03:1 0.73	03:1 3.83	03:3 8.05	03:2 0.99			49:2 2.29	14	
10:00:00 a. m.	03:1 8.39	03:0 2.73	03:3 9.02	03:2 7.94	03:2 9.10	03:4 4.18	03:0 2.72	03:1 9.30	02:4 5.13								29:4 8.51	9	
11:00:00 a. m.	03:0 0.28	03:1 2.82	03:1 9.83	03:1 9.89	03:0 0.73	04:0 0.28	03:2 8.84	03:1 5.91	03:1 1.59	03:0 3.48	02:4 9.81	03:5 9.46	02:5 5.25	03:0 0.21	04:3 8.85		50:1 7.23	15	
12:00:00 p. m.	04:2 3.18	03:0 5.48	03:2 8.32	03:4 1.80	03:4 9.20	03:4 5.39	03:0 6.85	03:1 1.60	03:3 1.83	02:4 8.11	03:5 0.29	02:5 5.95	02:3 0.88	02:4 1.82	02:5 1.48		49:4 2.18	15	
01:00:00 p. m.	03:2 1.10	03:1 6.48	03:5 9.28	03:1 1.75	03:3 9.81	02:4 8.71	02:5 6.82	03:2 8.13	02:3 9.62	03:1 1.39	02:3 0.82	02:5 6.98	03:1 2.43	03:2 9.40	03:3 1.73	03:0 4.61	51:1 9.06	16	
02:00:00 p. m.	03:4 8.21	02:4 2.01	03:2 8.86	03:5 2.85	02:4 5.83	03:0 0.75	02:4 9.93	02:2 8.45									24:5 6.89	8	
03:00:00 p. m.	Se hace el proceso de limpieza y desinfección de la maquina																		
																		05:0 4:28	90

Día 5 Tiempos y total de cajas

Tabla Anexo 6

Tiempos día 5 (18)

Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total	
07:00:00 a. m.	En esta hora se hace el proceso de limpieza y saneado, posteriormente se libera																	
08:00:00 a. m.	02:55 .83	03:11 .03	03:55 .28	02:48 .82	03:58 .74	05:37 .05	03:21 .03	03:58 .18	03:47 .21	03:29 .63	03:57 .11	03:29 .16	03:57 .18	02:51 .47			51:17 .72	1 4
09:00:00 a. m.	03:45 .11	03:55 .95	03:12 .47	03:57 .17	03:58 .29	03:19 .86	03:38 .85	02:48 .92	02:53 .14	03:49 .11	02:49 .81	02:53 .81	02:47 .82	02:56 .46	04:00 .41		50:47 .18	1 5
10:00:00 a. m.	03:09 .57	03:21 .84	03:48 .15	03:55 .82	03:21 .49	02:55 .27	03:44 .92	03:59 .39									28:16 .45	8
11:00:00 a. m.	03:04 .24	03:07 .59	02:51 .96	03:07 .16	03:24 .65	03:02 .28	04:21 .11	03:06 .95	03:21 .01	02:52 .43	03:12 .79	03:01 .98	02:55 .28	02:44 .84	05:17 .25		46:36 .24	1 5
12:00:00 p. m.	03:22 .19	03:39 .18	03:12 .71	03:58 .02	03:27 .51	03:21 .73	03:18 .39	02:59 .71	03:18 .42	03:29 .74	02:57 .05	02:38 .63	03:00 .71	03:20 .65	03:44 .11		49:48 .75	1 5
01:00:00 p. m.	02:50 .62	02:48 .18	02:58 .05	02:47 .81	02:59 .06	03:00 .91	03:58 .79	03:22 .31	03:59 .11	02:49 .96	03:22 .84	03:18 .84	03:40 .51	03:22 .84	03:21 .83	03:46 .32	52:27 .98	1 6
02:00:00 p. m.	02:53 .84	02:55 .92	02:59 .07	03:49 .82	03:29 .16	03:03 .57	03:11 .83	04:35 .20	03:22 .43								30:20 .84	9
03:00:00 p. m.	Se hace el proceso de limpieza y desinfección de la maquina																	
																	05:09 :35	9 2

Día 1 Desperdicio de jugo (Kg)

Tabla Anexo 7

Datos de jugo día 1 (19)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Sumatoria T	Promedio
08:00 a. m.	2.62	2.53	2.88	2.31	2.07	3.00	3.88	2.71	2.75	2.91	3.07	2.10	3.15				35.98	2.77
09:00 a. m.	3.21	2.29	3.83	2.12	3.18	3.29	3.13	3.28	3.03	3.17	3.28	3.16					36.97	3.08
10:00 a. m.	2.37	3.47	3.58	3.45	3.09	3.48											19.44	3.24
11:00 a. m.	2.47	3.33	3.06	3.59	3.45	3.12	3.23	4.01	3.21	4.11	3.32	3.01	3.47	2.19	3.93		49.51	3.30
12:00 p. m.	3.69	3.41	3.13	3.48	3.78	3.55	3.83	3.39	3.71	3.23	2.83	2.97	4.15	3.24	3.19		51.58	3.44
01:00 p. m.	3.15	3.81	3.03	3.33	4.03	3.92	3.45	3.24	4.11	3.39	3.34	3.21	4.28	3.12	3.02	3.28	55.71	3.48
02:00 p. m.	3.54	4.00	3.44	2.25	3.08	3.21	2.13	2.88									24.53	3.07
																	273.72	3.20

Día 2 Desperdicio de jugo (Kg)

Tabla Anexo 8

Datos de jugo día 2 (20)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total	Promedio
08:00 a. m.	2.08	2.21	2.39	2.21	2.83	3.38	2.99	3.01	2.20	3.19	3.49	3.32	3.18	2.94			39.42	2.82
09:00 a. m.	3.00	2.74	3.02	2.48	3.31	3.22	3.12	3.28	2.47	3.32	3.11	2.42	3.01				38.50	2.96
10:00 a. m.	3.43	3.09	3.21	3.97	2.34	3.32	4.11	2.93									26.40	3.30
11:00 a. m.	3.17	3.39	2.82	2.90	2.42	3.18	3.42	3.85	3.19	3.08	2.38	3.68	2.99	3.12			43.59	3.11
12:00 p. m.	3.59	3.68	3.69	3.49	3.56	3.51	3.28	2.71	3.40	4.1	4.21	3.14	3.83	3.00			49.19	3.51
01:00 p. m.	4.21	4.06	4.31	3.57	3.18	3.93	3.59	3.13	3.34	2.94	4.15	3.31	3.23	3.84	2.33		53.12	3.54
02:00 p. m.	3.83	3.72	2.49	3.58	3.84	4.20	3.41	3.18									28.25	3.53
																	278.47	3.25

Día 3 Desperdicio de jugo (Kg)

Tabla Anexo 9

Datos de jugo día 3 (21)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total	Promedio
08:00 a. m.	1.93	2.48	3.62	3.71	3.02	3.18	3.39	3.11	3.23	2.93	3.19	3.22	3.37	3.25	4.09		47.72	3.18
09:00 a. m.	3.18	2.94	3.17	3.49	3.27	3.46	3.52	3.93	2.19	2.87	2.54	3.07	2.92				40.55	3.12
10:00 a. m.	2.52	2.45	2.97	3.29	3.84	3.77	3.32	3.18									25.34	3.17
11:00 a. m.	2.47	2.84	3.25	3.39	3.09	3.43	3.81	3.25	3.64	3.76	4.31	4.1	3.31	3.08			47.73	3.41
12:00 p. m.	2.94	2.47	3.12	3.45	3.19	3.58	3.29	2.50	2.95	3.37	3.58	4.19	4.26	3.12	3.3		49.31	3.29
01:00 p. m.	4.29	3.48	3.45	3.87	3.73	4.04	4.34	3.39	3.75	3.48	3.12	3.41	3.22	3.73	3.54	4.02	58.86	3.68
02:00 p. m.	2.81	2.29	3.58	3.11	3.59	2.95	3.82	4.19									26.34	3.29
																	295.85	3.31

Día 4 Desperdicio de jugo (Kg)

Tabla Anexo 10

Datos de jugo día 4 (22)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total	Promedio
08:00 a. m.	2.12	2.64	2.37	2.45	2.09	2.67	2.88	2.99	3.41	3.23	3.65	3.71	3.12				37.33	2.87
09:00 a. m.	3.63	3.16	3.25	4.04	3.96	3.84	3.17	4.32	3.72	3.33	3.51	3.39	3.18	4.00			50.50	3.61
10:00 a. m.	2.55	2.19	2.94	2.99	4.13	3.48	3.36	3.12	3.27								28.03	3.11
11:00 a. m.	3.19	3.82	3.17	3.41	4.22	3.81	3.42	3.71	4.12	3.58	3.32	3.75	3.03	2.47	2.59		51.61	3.44
12:00 p. m.	3.05	2.69	3.39	3.45	3.27	3.64	3.93	3.41	3.96	4.29	3.47	3.85	3.98	3.46	3.22		53.06	3.54
01:00 p. m.	3.40	3.11	4.15	3.46	3.72	3.55	3.12	3.51	3.79	2.55	3.11	3.38	3.91	3.32	3.09	4.17	55.34	3.46
02:00 p. m.	3.21	4.18	3.28	3.11	4.56	4.03	3.97	3.22									29.56	3.70
																	305.43	3.39

Día 5 Desperdicio de jugo (Kg)

Tabla Anexo 11

Datos de jugo día 5 (23)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total	Promedio
08:00 a. m.	3.11	3.36	2.53	2.85	2.71	2.99	2.48	3.03	3.67	3.25	3.16	3.49	3.22	3.19			43.04	3.07
09:00 a. m.	2.75	2.63	2.17	2.84	3.33	3.29	3.67	4.18	3.9	3.45	3.83	3.37	4.42	3.92	3.12		50.87	3.39
10:00 a. m.	2.84	2.18	3.42	2.74	3.09	3.56	3.29	3.45									24.57	3.07
11:00 a. m.	3.03	3.83	3.28	3.72	3.57	3.19	3.84	3.92	3.61	3.74	3.66	4.07	3.94	3.80	3.48		54.68	3.65
12:00 p. m.	3.61	3.84	3.12	3.45	3.29	3.91	3.72	3.57	3.99	4.23	4.31	3.84	3.92	3.58	3.71		56.09	3.74
01:00 p. m.	4.13	3.77	3.42	3.51	4.38	4.19	3.97	3.73	4.07	4.19	4.22	4.45	3.12	3.29	3.44	4.89	62.77	3.92
02:00 p. m.	2.67	3.38	3.16	4.11	3.57	3.91	3.86	3.20	3.55								31.41	3.49
																	323.43	3.48

Día 1 Desperdicio de espinas (Kg)

Tabla Anexo 12

Datos de espina día 1 (24)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total	Promedio
08:00 a. m.	10.66	11.03	11.31	10.87	11.93	11.52	11.98	12.55	11.49	10.54	11.78	11.99	13.59				151.24	11.63
09:00 a. m.	12.83	10.95	12.88	13.29	12.44	13.61	12.99	14.17	14.02	13.99	14.61	14.48					160.26	13.36
10:00 a. m.	11.78	12.41	12.73	13.01	13.57	14.54											78.04	13.01
11:00 a. m.	12.02	12.63	12.88	11.37	11.83	11.46	12.11	12.62	13.24	13.08	12.75	12.88	13.03	11.42	11.33		184.65	12.31
12:00 p. m.	12.58	12.32	11.59	10.63	12.65	12.16	12.57	12.86	13.48	11.29	11.47	11.22	10.15	12.62	13.03		180.62	12.04
01:00 p. m.	11.95	10.03	11.44	12.50	14.37	10.81	11.17	10.53	11.37	10.91	11.72	11.28	11.31	10.29	12.25	10.47	182.40	11.40
02:00 p. m.	10.39	13.07	10.92	11.36	12.18	11.00	12.31	10.28									91.51	11.44
																	1028.72	12.17

Día 2 Desperdicio de espinas (Kg)

Tabla Anexo 13

Datos espina día 2 (25)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total	Promedio
08:00 a. m.	10.55	10.12	10.83	10.91	11.58	11.62	11.86	11.37	10.57	11.99	12.95	11.67	10.58	11.60			158.20	11.30
09:00 a. m.	11.81	12.67	10.95	13.61	12.42	11.82	12.11	14.07	12.49	10.98	11.75	11.41	12.22				158.31	12.18
10:00 a. m.	12.48	12.30	13.39	12.96	11.57	12.68	13.03	12.49									100.90	12.61
11:00 a. m.	12.27	11.97	12.45	13.04	12.18	13.53	11.28	11.19	10.47	11.69	12.29	11.41	10.98	11.67			166.42	11.89
12:00 p. m.	10.42	11.59	11.60	12.39	11.69	11.31	12.04	10.97	11.58	13.56	12.11	13.33	12.81	11.38			166.78	11.91
01:00 p. m.	11.28	11.12	11.51	11.4	11.92	11.04	12.79	12.04	12.18	11.83	11.37	11.78	11.39	10.48	11.03		173.16	11.54
02:00 p. m.	10.58	10.77	10.59	11.73	11.52	11.95	11.38	10.92									89.44	11.18
																	1013.21	11.80

Día 3 Desperdicio de espinas (Kg)

Tabla Anexo 14

Datos de espina día 3 (26)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total	Promedio
08:00 a. m.	12.37	12.78	12.40	13.74	13.44	13.23	13.87	13.57	14.12	12.68	12.95	12.58	13.83	12.48	13.20		197.24	13.15
09:00 a. m.	13.06	12.44	13.06	13.86	12.58	11.33	12.48	13.12	13.47	12.21	11.84	11.58	12.31				163.34	12.56
10:00 a. m.	12.77	13.11	13.52	12.38	14.03	12.51	12.48	11.57									102.37	12.80
11:00 a. m.	12.93	11.68	10.75	11.48	11.12	11.79	11.92	10.41	10.52	11.38	10.89	10.18	14.97	12.68			162.70	11.62
12:00 p. m.	10.64	11.57	11.29	10.95	11.59	12.47	11.58	10.78	11.40	12.92	10.49	11.23	12.28	12.4	11.22		172.81	11.52
01:00 p. m.	10.77	11.61	11.32	11.79	12.93	12.56	10.68	11.78	11.29	11.05	10.86	11.66	10.47	11.59	13.55	12.59	186.50	11.66
02:00 p. m.	11.05	11.38	10.45	10.83	10.64	11.59	10.21	11.51									87.66	10.96
																	1072.62	12.04

Día 4 Desperdicio de espinas (Kg)

Tabla Anexo 15

Datos de espina día 4 (27)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total	Promedio
08:00 a. m.	11.47	11.68	12.47	12.56	11.88	12.58	11.29	10.97	11.58	14.03	12.11	12.45	13.82				158.89	12.22
09:00 a. m.	12.33	12.58	11.43	10.57	11.72	10.42	12.37	10.51	11.91	10.48	12.59	10.27	11.55	12.38			161.11	11.51
10:00 a. m.	13.19	12.71	11.22	12.38	11.49	10.42	10.89	12.29	11.65								106.24	11.80
11:00 a. m.	11.31	11.68	10.47	10.87	11.28	10.57	11.82	10.41	10.87	11.97	10.56	11.58	12.08	12.33	10.98		168.78	11.25
12:00 p. m.	10.87	11.43	11.69	10.51	11.49	12.31	10.79	11.62	10.75	11.69	11.39	11.41	11.87	12.58	11.77		172.17	11.48
01:00 p. m.	11.28	11.03	10.47	10.99	10.56	11.42	12.64	12.14	11.46	11.34	11.25	10.45	10.81	11.57	10.48	11.38	179.27	11.20
02:00 p. m.	11.16	12.47	12.1	11.67	12.91	11.51	12.43	11.38									95.63	11.95
																	1042.09	11.63

Día 5 Desperdicio de espinas (Kg)

Tabla Anexo 16

Datos de espina día 5 (28)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total	Promedio
08:00 a. m.	10.58	10.11	12.41	10.99	11.45	12.57	12.17	13.30	12.45	11.68	12.32	11.71	11.59	12.87			166.20	11.87
09:00 a. m.	12.19	11.39	12.67	10.32	11.53	11.31	10.52	11.49	10.31	12.52	12.49	11.02	10.33	11.28	10.92		170.29	11.35
10:00 a. m.	12.85	12.67	11.93	11.65	12.61	13.05	11.87	10.68									97.31	12.16
11:00 a. m.	11.26	11.95	11.81	10.43	12.02	11.27	12.31	11.82	10.23	14.48	13.20	11.57	10.96	11.32	12.55		177.18	11.81
12:00 p. m.	11.39	10.66	11.21	12.29	13.15	10.88	12.72	10.39	11.48	10.67	11.79	12.04	13.48	14.65	13.22		180.02	12.00
01:00 p. m.	10.42	10.76	11.51	11.39	11.22	11.65	10.57	10.29	10.46	11.73	11.88	12.51	12.00	11.55	10.73	11.87	180.54	11.28
02:00 p. m.	11.39	11.28	11.62	12.04	10.64	10.58	11.74	11.82	10.52								101.63	11.29
																	1073.17	11.68

Día 1 Desperdicio de fondo (Kg)

Tabla Anexo 17

Datos de fondo día 1 (29)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total de fondo	Promedio
08:00 a. m.	10.41	9.45	9.19	9.33	10.21	10.94	9.58	10.33	9.99	8.39	9.44	10.02	9.12				126.40	9.72
09:00 a. m.	9.58	9.26	9.28	9.72	10.56	10.56	10.09	9.18	9.36	10.64	8.34	9.27					115.84	9.65
10:00 a. m.	8.75	10.27	10.03	9.22	9.46	8.74											56.47	9.41
11:00 a. m.	10.17	8.39	9.45	10.77	9.27	10.02	9.22	9.12	9.68	8.45	10.34	9.31	9.46	8.59	10.71		142.95	9.53
12:00 p. m.	8.34	9.8	10.87	10.75	9.95	10.55	8.67	10.22	9.19	8.67	9.43	10.04	10.38	9.22	8.82		144.90	9.66
01:00 p. m.	9.19	8.53	8.23	10.07	8.52	8.62	9.32	9.09	10.32	9.11	8.44	9.16	10.74	9.32	8.93	7.45	145.04	9.06
02:00 p. m.	10.03	9.36	10.17	11.49	10.12	8.04	9.45	10.11									78.77	9.85
																	810.37	9.56

Día 2 Desperdicio de fondo (Kg)

Tabla Anexo 18

Datos de fondo día 2 (30)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total de fondo	Promedio
08:00 a. m.	11.02	10.11	10.38	10.52	10.92	10.23	11.10	9.23	10.41	9.67	8.98	9.67	10.32	10.57			143.13	10.22
09:00 a. m.	9.28	10.17	9.72	10.23	10.84	11.31	9.57	10.32	11.09	9.48	9.23	9.55	8.97				129.76	9.98
10:00 a. m.	10.52	9.87	9.22	9.57	10.43	9.75	11.21	8.57	9.81								88.95	9.88
11:00 a. m.	10.39	10.54	10.13	9.32	9.69	10.04	9.44	10.32	11.75	9.82	9.29	10.33	9.71	10.55			141.32	10.09
12:00 p. m.	10.14	10.42	9.55	8.84	9.45	9.80	9.50	10.07	11.45	11.65	10.58	10.38	9.93	10.28			142.04	10.15
01:00 p. m.	9.48	11.07	14.85	15.26	15.48	16.03	14.26	14.11	14.58	13.82	10.33	9.92	8.51	9.10	10.69		187.49	12.50
02:00 p. m.	11.87	9.21	10.99	10.87	9.84	10.38	11.04	11.72									85.92	10.74
																	918.61	10.51

Día 3 Desperdicio de fondo (Kg)

Tabla Anexo 19

Datos de fondo día 3 (31)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total de fondo	Promedio
08:00 a. m.	9.78	10.37	9.45	10.19	9.73	10.16	9.83	10.19	10.45	11.34	9.52	10.21	9.81	9.45	10.67		151.15	10.08
09:00 a. m.	10.56	9.45	10.53	9.86	9.29	10.38	11.04	10.44	9.49	10.63	10.38	11.05	9.12				132.22	10.17
10:00 a. m.	10.28	11.18	9.26	8.49	9.33	10.19	10.37	8.13									77.23	9.65
11:00 a. m.	11.17	11.1	9.31	9.84	8.96	10.24	9.71	8.99	9.38	10.17	9.37	10.55	9.28	10.47			138.54	9.90
12:00 p. m.	9.83	8.97	10.12	9.87	9.49	10.15	8.59	10.13	11.07	8.93	10.58	9.44	8.39	10.21	9.95		145.72	9.71
01:00 p. m.	10.38	10.21	9.44	8.95	10.21	10.47	10.12	9.57	10.82	9.27	10.21	9.38	9.14	8.72	10.05	10.10	157.04	9.82
02:00 p. m.	10.50	9.98	9.56	9.05	9.64	10.36	9.77	9.28									78.14	9.77
																	880.04	9.87

Día 4 Desperdicio de fondo (Kg)

Tabla Anexo 20

Datos de fondo día 4 (32)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total de fondo	Promedio
08:00 a. m.	9.49	9.85	8.47	10.93	10.42	9.29	10.16	10.21	9.95	9.27	8.59	9.66	10.12				126.41	9.72
09:00 a. m.	10.56	10.31	9.67	10.29	10.37	9.38	9.82	8.62	10.27	9.35	8.38	9.46	10.28	10.03			136.79	9.77
10:00 a. m.	9.67	9.31	8.45	8.83	9.42	10.52	9.31	10.22	8.58								84.31	9.37
11:00 a. m.	10.75	9.38	9.67	10.48	9.59	10.33	9.55	10.16	10.45	9.48	10.32	9.27	10.15	9.82	10.44		149.84	9.99
12:00 p. m.	9.81	8.95	10.32	9.77	10.5	11.47	10.41	9.82	8.93	10.34	9.51	10.48	9.96	10.48	9.29		150.04	10.00
01:00 p. m.	9.59	10.33	9.45	10.03	9.83	10.12	9.63	9.74	10.68	9.55	10.23	9.61	10.22	9.39	9.83	9.92	158.15	9.88
02:00 p. m.	9.91	9.52	10.14	9.61	9.78	11.2	9.74	9.43									79.33	9.92
																	884.87	9.81

Día 5 Desperdicio de fondo (Kg)

Tabla Anexo 21

Datos de fondo día 5 (33)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total de fondo	Promedio
08:00 a. m.	9.82	10.58	9.27	9.49	9.34	10.58	9.74	10.59	8.84	9.33	9.92	10.39	9.38	10.03			137.30	9.81
09:00 a. m.	10.38	10.11	10.86	10.5	9.28	9.81	9.72	8.91	10.58	9.31	9.92	10.27	10.48	9.44	10.28		149.85	9.99
10:00 a. m.	11.39	10.25	9.28	9.16	10.12	9.49	10.38	8.42									78.49	9.81
11:00 a. m.	9.41	10.33	9.19	10.48	9.30	10.11	9.82	10.37	11.41	9.58	9.31	10.53	10.04	10.86	9.49		150.23	10.02
12:00 p. m.	10.33	8.58	9.72	10.39	9.61	10.83	9.47	10.58	9.33	10.49	9.12	8.59	10.92	11.11	10.25		149.32	9.95
01:00 p. m.	10.61	10.26	10.73	9.52	9.72	10.4	10.33	9.16	10.39	9.25	9.13	10.74	8.93	9.38	8.87	9.59	157.01	9.81
02:00 p. m.	10.5	9.47	10.22	10.03	9.76	10.48	10.74	9.65	9.36								90.21	10.02
																	912.41	9.92

Día 1 Desperdicio en punta y cola (Kg)

Tabla Anexo 22

Datos de punta y cola día 1 (34)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total de P y C	Promedio
08:00 a. m.	2.80	3.45	3.32	3.21	2.46	3.18	3.32	2.85	2.34	3.67	2.31	3.17	2.71				38.79	2.98
09:00 a. m.	3.12	2.76	2.98	3.14	2.65	4.11	3.04	2.62	3.19	2.86	4.51	4.28					39.26	3.27
10:00 a. m.	3.81	2.28	3.59	2.84	2.58	3.13					4						18.23	3.04
11:00 a. m.	3.12	2.37	3.24	2.63	2.56	3.65	2.47	3.18	2.59	2.18	3.24	2.95	2.72	3.11	3.63		43.64	2.91
12:00 p. m.	2.48	2.71	2.22	4.02	3.61	3.28	2.81	2.26	3.13	2.95	3.27	3.64	2.81	2.39	3.19		44.77	2.98
01:00 p. m.	3.16	2.38	4.11	3.23	2.74	4	3.65	2.22	2.75	2.96	3.91	2.84	3.29	4.19	2.17	2.01	49.61	3.10
02:00 p. m.	3.98	2.16	3.02	2.81	2.96	2.75	3.08	4.12									24.88	3.11
																	259.18	3.06

Día 2 Desperdicio en punta y cola (Kg)

Tabla Anexo 23

Datos de punta y cola día 2 (35)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total de P y C	Promedio
08:00 a. m.	2.74	3.38	2.18	2.84	2.76	3.81	3.2	2.88	3.92	2.39	2.71	3.03	2.49	2.81			41.14	2.94
09:00 a. m.	3.12	3.3	2.81	3.72	3.01	2.73	3.38	2.41	2.39	2.56	2.94	3.61	2.51				38.49	2.96
10:00 a. m.	2.74	3.91	3.44	2.63	2.81	2.19	3.62	3.19	2.97								27.50	3.06
11:00 a. m.	3.71	2.16	3.19	2.74	3.92	3.12	3.32	2.48	2.17	3.81	3.74	3.35	2.71	2.47			42.89	3.06
12:00 p. m.	2.36	3.18	2.42	3.14	4.16	3.83	3.74	3.61	3.25	3.59	2.84	2.61	3.91	2.56			45.20	3.23
01:00 p. m.	3.18	3.21	3.37	3.16	2.48	3.18	3.83	3.31	2.94	2.64	2.35	2.57	3.86	2.54	3.15		45.77	3.05
02:00 p. m.	3.71	2.57	2.43	2.59	3.57	3.36	3.51	2.58									24.32	3.04
																	265.31	3.05

Día 3 Desperdicio en punta y cola (Kg)

Tabla Anexo 24

Datos de punta y cola día 3 (36)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total de P y C	Promedio
08:00 a. m.	2.58	3.94	3.24	3.42	3.64	3.57	3.18	2.85	2.58	3.42	2.85	3.21	3.58	4.18	3.51		49.75	3.32
09:00 a. m.	3.75	2.31	3.19	2.47	2.75	2.89	3.58	3.46	2.92	2.85	3.75	3.18	2.85				39.95	3.07
10:00 a. m.	2.42	2.57	2.86	2.13	2.64	3.75	2.7	3.84									22.91	2.86
11:00 a. m.	2.66	2.37	2.58	2.86	3.32	3.61	2.49	3.18	3.39	2.48	3.18	2.75	3.28	2.74			40.89	2.92
12:00 p. m.	3.48	2.81	3.61	2.75	3.16	3.27	2.85	2.71	2.14	2.97	2.86	3.42	3.53	3.33	3.12		46.01	3.07
01:00 p. m.	3.11	3.54	2.21	2.82	3.54	4.12	3.61	2.83	3.12	2.45	3.77	2.89	3.57	2.65	2.98	3.64	50.85	3.18
02:00 p. m.	2.57	2.81	2.32	3.67	4.2	3.17	2.23	3.81									24.78	3.10
																	275.14	3.07

Día 4 Desperdicio en punta y cola (Kg)

Tabla Anexa 25

Datos de punta y cola día 4 (37)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total de P y C	Promedio
08:00 a. m.	2.54	3.77	3.41	3.17	3.73	2.86	2.65	3.15	3.86	3.64	3.21	3.44	2.78				42.21	3.25
09:00 a. m.	3.36	3.21	3.76	2.85	3.36	2.73	3.52	2.65	2.47	2.86	3.71	3.58	3.16	2.59			43.81	3.13
10:00 a. m.	2.71	4.05	3.25	3.33	2.14	2.91	3.87	3.11	2.92								28.29	3.14
11:00 a. m.	3.18	2.71	3.76	2.52	2.83	3.16	3.43	2.96	3.18	2.69	2.92	3.19	3.81	2.69	3.23		46.26	3.08
12:00 p. m.	2.13	2.86	3.48	2.48	2.75	2.68	2.49	3.18	2.83	2.92	3.85	3.32	3.91	2.95	2.86		44.69	2.98
01:00 p. m.	3.29	3.11	3.52	3.86	3.14	3.49	3.91	2.5	2.15	2.47	2.39	3.51	3.18	2.86	3.7	2.86	49.94	3.12
02:00 p. m.	2.51	2.85	2.56	3.18	3.96	3.28	2.83	3.49									24.66	3.08
																	279.86	3.11

Día 5 Desperdicio en punta y cola (Kg)

Tabla Anexo 26

Datos de punta y cola día 5 (38)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total de P y C	Promedio
08:00 a. m.	3.91	3.27	2.59	4.21	3.43	2.98	3.11	2.85	3.63	2.06	3.25	3.92	3.27	3.86			46.34	3.31
09:00 a. m.	3.28	3.81	2.82	3.1	2.74	3.69	2.84	3.2	3.17	4.12	3.75	2.86	3.96	2.19	3.64		49.17	3.28
10:00 a. m.	2.75	3.22	3.53	2.58	3.95	2.39	3.12	2.69									24.23	3.03
11:00 a. m.	2.43	2.58	2.96	3.21	3.39	2.67	3.86	3.32	3.19	3.82	2.74	2.89	2.76	2.32	2.73		44.87	2.99
12:00 p. m.	3.59	3.85	2.39	2.53	4.02	3.84	2.69	3.77	2.95	3.91	3.28	2.74	2.69	3.68	3.28		49.21	3.28
01:00 p. m.	2.39	2.23	3.96	2.72	3.95	2.27	3.47	3.86	2.74	3.28	2.7	2.44	3.97	2.73	2.81	3.83	49.35	3.08
02:00 p. m.	3.58	2.76	2.47	3.86	2.59	2.75	3.82	4.18	3.48								29.49	3.28
																	292.66	3.18